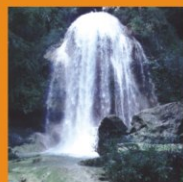
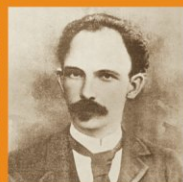


ENRICO TURRINI

El camino del Sol

UN DESAFÍO PARA LA HUMANIDAD
EN EL TERCER MILENIO.

UNA ESPERANZA PARA LOS PAÍSES DEL SUR



editorial 
cubasolar

El camino del Sol

ENRICO TURRINI

El camino del Sol

**UN DESAFÍO PARA LA HUMANIDAD
EN EL TERCER MILENIO.**

UNA ESPERANZA PARA LOS PAÍSES DEL SUR

EDICIÓN
CORREGIDA,
AUMENTADA
Y ACTUALIZADA

editorial 
cubasolar

TÍTULO DEL ORIGINAL: *La Via del Sole*
Edizioni Cultura della Pace
S. Domenico di Fiesoli (Firenze), 1990

TRADUCCIÓN AL ESPAÑOL: Paolo Voltolini

EDICIÓN: Alejandro Montecinos Larrosa
Lourdes Tagle Rodríguez

CORRECCIÓN: Jorge Santamarina Guerra

DISEÑO
Y REALIZACIÓN: Alexis Manuel Rodríguez Diezcabezas de Armada

REPRODUCCIÓN
DE LAS ILUSTRACIONES

ORIGINALES: Antonio Bérriz Pérez
Alexis Manuel Rodríguez Diezcabezas de Armada

Primera edición, 1999.

© Enrico Turrini, 2006
© Sobre la presente edición:
Editorial CUBASOLAR, 2006

ISBN 959-7113-17-1

EDITORIAL
CUBASOLAR CALLE 20 NO. 4113, ESQ. A 47, MIRAMAR, PLAYA,
CIUDAD DE LA HABANA, CUBA.
TEL.: (537) 2059949.
E-MAIL: amonte@cubaenergia.cu
HTTP://www.cubasolar.cu

A Gabriela,
compañera
de mi vida.

Juntos
tratamos de interpretar
y vivir coherentemente
con lo que el Sol sugiere.

AGRADECIMIENTOS

A los queridos amigos
Luis Bértiz y Emir Madruga

por la idea de editar este libro
en Cuba; además de que junto
con muchos otros revolucionarios
de esta Isla me han ayudado
a comprender el profundo
significado del camino del Sol
en sus aspectos científicos,
ecológicos y sociales,
los cuales están estrechamente
vinculados entre sí.

A Paolo Voltolini

por estar de acuerdo
con lo expresado en estas páginas,
además de contribuir a su difusión
en Cuba y en otros países
de América Latina
mediante la traducción
del original del italiano al español.

A Bruno Henríquez,
y Alexis Manuel Rodríguez

y a todos los amigos
que han colaborado
de una forma u otra
en la publicación de esta obra.

A Lourdes Tagle Rodríguez
y Alejandro Montecinos Larrosa

por el trabajo realizado
en la actualización de este libro.

A Jorge Santamarina Guerra

por su revisión y sugerencias.

Índice

Introducción	13
CAPÍTULO 1. La energía: problema fundamental de la humanidad	15
1.1. SIGNIFICADO DE ENERGÍA	15
1.2. ENERGÍA Y ECOSISTEMA	16
1.3. ENERGÍA Y PODER	17
CAPÍTULO 2. El camino energético duro	18
2.1. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES	18
2.2. CONSUMO DE ENERGÍA EN EL MUNDO	19
2.3. SUBDIVISIÓN DE LOS CONSUMOS POR TIPO DE FUENTE ENERGÉTICA	22
2.4. ¿CUÁNTO TIEMPO PUEDEN DURAR LAS FUENTES ACTUALES?	23
2.5. SÍNTESIS DE LAS AFECTACIONES ECOLÓGICAS	25
2.6. ENERGÍA NUCLEAR: UN CAMINO SIN SALIDA	25
2.6.1. TIPOS DE REACTORES NUCLEARES	27
2.6.2. EMISIONES DE RADIATIVIDAD	30
2.6.3. CHERNÓBIL: UNA ADVERTENCIA A LA HUMANIDAD	32
2.6.4. ¿CUÁL ES LA SEGURIDAD DE UN REACTOR NUCLEAR?	32
2.6.5. DE LAS CENTRALES NUCLEARES A LAS BOMBAS ATÓMICAS: UNA RELACIÓN PELIGROSA	35
2.6.6. DESECHOS RADIATIVOS: UNA AMENAZA PARA LAS GENERACIONES FUTURAS	41
2.6.7. LAS CENTRALES NUCLEARES Y EL DERECHO A LA PAZ	44
2.6.8. EL MUNDO ANTE EL PROBLEMA NUCLEAR	47
2.6.9. LA POSICIÓN DE LOS POLÍTICOS	50
2.7. FUSIÓN NUCLEAR: ¿UNA ESPERANZA PARA EL FUTURO?	54
2.7.1. FUSIÓN CALIENTE	54
2.7.2. FUSIÓN FRÍA	56
2.8. COMBUSTIBLES FÓSILES	58
2.8.1. LLUVIAS ÁCIDAS	60
2.8.2. EFECTO INVERNADERO	60
2.8.3. AGUJEROS EN LA CAPA DE OZONO	65
2.8.4. INTERDEPENDENCIA ENTRE LLUVIAS ÁCIDAS, EFECTO INVERNADERO Y LOS AGUJEROS EN LA CAPA DE OZONO	66
2.8.5. LOS COMBUSTIBLES FÓSILES PONEN EN PELIGRO LA INDEPENDENCIA Y LA PAZ	67
2.9. UN CAMBIO NECESARIO	68

CAPÍTULO 3. El camino energético suave o el camino del Sol	71
3.1. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES	71
3.2. UTILIZACIÓN RACIONAL DE LA ENERGÍA	72
3.2.1. RECUPERACIÓN DE LA ENERGÍA EN LA FUENTE	76
3.2.2. REDUCCIÓN DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS	77
3.2.3. FENÓMENO DEL DESACOPAMIENTO	85
3.3. FUENTES DE ENERGÍA	86
3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA SOLAR	86
3.3.2. TIPOS DE INSTALACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE LAS FUENTES RENOVABLES	87
3.4. ALMACENAMIENTO DE LA ENERGÍA	101
3.4.1. MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO	104
3.4.2. EL PAPEL DEL HIDRÓGENO EN LA ERA SOLAR	104
3.4.3. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO A GRAN ESCALA: ASPECTOS TÉCNICOS	112
3.5. FACTIBILIDAD DEL CAMINO DEL SOL	115
3.5.1. FACTOR ECONÓMICO	117
3.5.2. EXAMEN DE LA VIABILIDAD DEL CAMINO DEL SOL EN ALEMANIA	120
3.5.3. CONFERENCIA ENERGÉTICA NACIONAL ITALIANA: VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL CAMINO DEL SOL	121
3.5.4. ¿ES REALISTA PENSAR EN EL CAMINO DEL SOL EN EUROPA?	126
3.5.5. ¿EL CAMINO DEL SOL PODRÁ HACERSE REALIDAD PARA TODO EL PLANETA?	128
3.6. CONDICIONES SOCIOPOLÍTICAS PARA LA ENTRADA EN LA ERA SOLAR	128
3.7. VENTAJAS DEL CAMINO ENERGÉTICO SUAVE	129
3.8. MENTALIDAD DE PAZ VS. MENTALIDAD DE GUERRA	130
 CAPÍTULO 4. Asociaciones nacidas en el Norte para la promoción de las fuentes renovables	 132
4.1. A NIVEL MUNDIAL	132
4.2. A NIVEL EUROPEO	133
 CAPÍTULO 5. Reconversión de la industria bélica	 137
 CAPÍTULO 6. El camino del Sol en el Sur	 138
 CAPÍTULO 7. Cuba en el camino del Sol	 142
7.1. ¿CÓMO PODÍA LA REVOLUCIÓN CUBANA QUEDARSE INDIFERENTE A ESTA PROPUESTA?	143
7.2. CUBASOLAR	144
7.3. REALIZACIONES CONCRETAS DEL CAMINO DEL SOL EN CUBA	145
7.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN CUBA	145
7.3.2. BIOMASAS COMBUSTIBLE	145
7.3.3. ENERGÍA HIDRÁULICA	147
7.3.4. ENERGÍA EÓLICA	147
7.3.5. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y FOTOVOLTAICA	148
7.4. ESTRUCTURAS ACTUALES PARA EL DESARROLLO DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN CUBA	152
7.5. OTRAS ENTIDADES ESPECIALIZADAS	156
7.6. LAS ORGANIZACIONES NO GUBERNAMENTALES CUBANAS EN DEFENSA DEL MEDIO AMBIENTE Y EL USO DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA	157

7.7.	BASE DEL TRABAJO FUTURO	158
7.8.	CONCLUSIONES	158
CAPÍTULO 8.	¿Qué puede hacer el ciudadano?	161
8.1.	UN COMPROMISO DE CARÁCTER EDUCATIVO Y SOCIAL	161
	Consideraciones finales	162
	Objeciones y respuestas	163
ANEXOS		
I.	Los límites biofísicos de la Tierra y el derecho a la calidad de la vida	171
	ENZO TIEZZI	
II.	El sistema nuclear en crisis	186
	ASA MOEBERG	
III.	Sostenibilidad energética como una estrategia contra el desorden creciente	188
	PROFESOR HELMUT TRIBUTSCH	
IV.	Presentación del libro <i>I limiti dell'energia</i>	202
	ANTONIO CERDENA	
V.	Hacia un sistema de transporte en armonía con el Sol	211
	ENRICO TURRINI	
VI.	Memorándum de la Asociación Eurosolar para una convención internacional de protección de la atmósfera terrestre	223
VII.	Memorándum para el establecimiento de la Agencia Internacional de Energía Solar (ISEA) de las Naciones Unidas	236
VIII.	Tratado sobre la utilización de fuentes renovables de energía y el uso eficiente de la energía (Tratado de Proliferación Solar)	252
IX.	La energía solar y el Sur del mundo	266
	UWE HOLTZ	
X.	Cuba y las fuentes renovables de energía	270
	ENRICO TURRINI	

xi. Energía solar: El camino de la vida	276
VÍCTOR LAPAZ	
xii. Los cubanos se dedican a una nueva campaña de alfabetización bajo la bandera del Sol	285
ENRICO TURRINI	
xiii. La alternativa de la humanidad es el desarrollo sostenible	290
ENRICO TURRINI	
xiv. Fuentes renovables de energía y energización rural. Algunas experiencias y recomendaciones	299
EMIR MADRUGA	
xv. El camino del Sol y la Revolución Cubana en el siglo xxi	305
ENRICO TURRINI	
xvi. Solarización integral de Bartolomé Masó	316
ENRICO TURRINI	
xvii. Nuevo Sistema Electroenergético Nacional en Cuba, basado fundamentalmente en biomasa cañera	322
JULIO TORRES-MARTÍNEZ	
xviii. Hacia la cultura solar	336
ALEJANDRO MONTECINOS LARROSA	
xix. Decálogo de la sobriedad	341
ENRICO TURRINI	
Unidades de medida	344
Abreviaturas, siglas y acrónimos	347
Glosario	350
Cronología	355
Bibliografía	363

Introducción

El astrofísico Arthur Eddington en su libro *The Philosophy of Physical Science (La filosofía de la ciencia física)*, publicado en 1939, compara a un científico teórico –distante de la realidad– con un ictiólogo que quiere investigar la vida de los mares. Éste lanza y recoge la red muchas veces y analiza cuidadosamente los peces obtenidos. Sobre la base de sus observaciones formula las leyes siguientes:

1. Todos los peces miden más de cinco centímetros.
2. Todos los peces poseen branquias.

Él considera fundamentales estas leyes, ya que no pudo observar excepción alguna.

Otro observador, a su lado, comenta: «Tu segunda ley, la de que todos los peces poseen branquias, yo la acepto. Pero la primera, referente al tamaño de los peces, no es en absoluto una ley. Sin duda existen en el mar peces menores de cinco centímetros, pero tú no los puedes pescar porque la malla de tu red posee agujeros de cinco centímetros».

El hombre moderno, orgulloso de sus avances tecnológicos y embriagado por el triunfo de las ciencias, repite el mismo error que el ictiólogo: usa instrumentos rústicos y redes con mallas amplias, incapaces de verificar los daños provocados a la vida de nuestro planeta por el tipo de industrialización desarrollada y, principalmente, por la elección energética que la sustenta.

Tal opción energética tradicional es agresiva y produce un aumento de la entropía (índice del aumento estadístico de la cantidad de desorden que ocurre en un sistema), capaz de desorganizar el ritmo biológico del planeta y reducirlo, en pocos siglos, a ser un astro sin vida.

Actualmente, existen instrumentos de medición muy sofisticados, como el del científico teórico, y sabemos que si continuamos en esta dirección estaremos gestando un desierto para las generaciones futuras.

Por otra parte, también tenemos a nuestra disposición nuevas técnicas que nos permiten reestructurar el desarrollo de la industria sobre opciones energéticas nuevas. Entre ellas se encuentra el «camino suave», también llamado el «camino del Sol». Éste consiste en el empleo de fuentes renovables, como la energía solar directa e indirecta y otras fuentes no contaminantes, cuyo uso se encuentra diversificado y descentralizado.

Esta vía respeta los ciclos biológicos de la naturaleza, favorece el desarrollo democrático de los pueblos y la independencia de los países, en particular los situados al Sur del mundo. Es el camino de la paz.

Es preciso ser humilde para reconocer los errores cometidos, el fracaso de la mentalidad consumista de la era «de lo desechable», y encontrar el coraje para cambiar.

Una nueva era de liberación y reconciliación del hombre con la naturaleza, la era solar, está a la puerta. Basta con que la queramos dejar entrar.

CAPÍTULO 1

La energía: problema fundamental de la humanidad

1.1. SIGNIFICADO DE ENERGÍA

Al concepto de energía se le atribuyen, con frecuencia, significados incorrectos. Las personas hablan sin saber exactamente sobre lo que es la generación y el consumo de energía. En realidad la energía, en un sistema cerrado y aislado, se mantiene constante de acuerdo con el primer enunciado de la termodinámica. La energía también se define comúnmente como la capacidad de producir trabajo.

Existen varias formas de energía: la mecánica potencial, definida como la capacidad de producir trabajo en relación con la posición de un cuerpo; la mecánica cinética, vinculada a la velocidad de un cuerpo; la térmica; la eléctrica y muchas otras.

La energía sólo puede pasar de una forma a otra como sucede, por ejemplo, en un motor eléctrico, que transforma la energía eléctrica en movimiento; o en una hornilla de gas, que brinda energía térmica a partir de energía química. Sin embargo, no todas las formas de energía poseen la misma utilidad. Así, existen desde las energías más apreciadas por su capacidad de trabajo, hasta las que resultan completamente improductivas, como la térmica con distribución uniforme. La energía de un gas en un sistema que no presenta diferencias internas de temperatura no puede, en este caso, producir trabajo. Nicolás Léonard Sadi Carnot enuncia este fenómeno en el segundo principio de la termodinámica, según el cual sólo una fracción de la energía térmica suministrada puede transformarse en trabajo, y esta fracción depende de la diferencia de temperatura entre la fuente caliente y la fría.

El mismo principio, de acuerdo con la formulación de Rudolf Emanuel Clausius, se expresa diciendo que en todos los procesos –sin intervenciones externas– el calor pasa siempre desde el cuerpo con temperatura más elevada hacia el cuerpo con temperatura más baja.

En cada transformación energética ocurre una reducción de los saltos térmicos, es decir, se tiende a una homogeneización y simplificación del sistema y a una degradación de la energía con reducción de su capacidad para producir trabajo.

En términos físicos se dice que a cada transformación energética corresponde un aumento de la entropía, o sea, un aumento del desorden. Como se verá después más en detalle, según el tipo de fuente energética empleada y en dependencia de su utilización se pueden realizar transformaciones con iguales resultados finales y con mayores o menores aumentos de entropía.

1.2. ENERGÍA Y ECOSISTEMA

¿Por qué la elección energética es de gran importancia para el mantenimiento de los sistemas ecológicos? La vida en nuestro planeta es posible gracias a las continuas transformaciones energéticas que ocurren a escala biológica. Cada uno de los seres vivos es un sistema abierto que mantiene una relación de intercambio con el exterior. En esta relación existe también transformación de energía. Las actividades biológicas, como la respiración, la fotosíntesis y la nutrición, son ejemplos evidentes. Sin ellas la vida de los hombres, los animales y las plantas sería imposible.

Los cambios energéticos sólo son posibles cuando hay un cierto orden en el ambiente físico. Cuanto más nos acercamos a un aumento estadístico del desorden, es decir, cuanto más aumenta la entropía menor será la capacidad del sistema para realizar trabajo, lo que hace siempre más difíciles las transformaciones biológicas. El orden es una señal de vida; el desorden, de muerte.

El hombre tiene necesidades energéticas o, más exactamente, de transformaciones energéticas para poder realizar tareas, como moverse, cocinar alimentos, construir casas, calentarse, vestirse, etc. La humanidad necesita entonces una estructura industrial establecida sobre fuentes energéticas primarias para poder obtener los servicios necesarios.

Son exactamente estas elecciones energéticas a escala industrial las que pueden influir profundamente sobre el sistema ecológico de nuestro planeta, con el riesgo de que lo lleven a un estado de desorden y muerte. Por eso nuestra atención debe concentrarse sobre estas elecciones, para que sean lo más respetuosas posible del orden y ritmo de la naturaleza.

1.3. ENERGÍA Y PODER

Se nota la tendencia, incluso por parte de gobiernos formalmente democráticos, de mantener un riguroso control centralizado de los sistemas energéticos, al dejarlos en las manos de pequeños grupos de poder. Esto se debe, probablemente, al estrecho vínculo existente entre la energía y la vida.

El control de la energía significa el control de los ciudadanos. Cuando ocurren golpes de Estado, los centros del poder militar y los de producción y distribución de la energía generalmente son ocupados, lo que evidencia un aspecto importante y delicado del vínculo entre la energía y la democracia. Por eso merece particular consideración la definición de la política energética de un país.

CAPÍTULO 2

El camino energético duro

«La humanidad está desarrollando un experimento que afecta a la atmósfera terrestre, sólo comparable con una guerra nuclear». Estas palabras pueden leerse en las conclusiones del Congreso de Toronto *The Changing Atmosphere* (La atmósfera cambiante), celebrado a finales de junio de 1988, con la participación de los más afamados científicos del mundo. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPPC), en su informe del 2001, confirmó que el calentamiento global está ocurriendo más rápido de lo que pensaban: en el siglo xx la temperatura no aumentó en 0,45 °C, sino mucho más, es decir, 0,60 °C. El informe *White Paper* del 2003 de la International Solar Energy Society (ISES) expresa que, según un estudio de Innovest Strategic Value Advisors de octubre de 2002, propiciado por la Organización de las Naciones Unidas, «los daños debidos a catástrofes naturales suben y se duplican cada diez años (...), y los gastos del cambio del clima se pueden evaluar de 150 mil millones de USD/año en los próximos diez años». (Es probable que los daños ocasionados por el huracán Katrina, en el 2005, alcancen por sí solos dicho monto). Estas son claras denuncias sobre los riesgos de la vía energética dura desarrollada en los últimos decenios.

Existe una toma de conciencia oficial que fundamenta un nuevo modo de pensar, que aunque con dificultad conquistó espacios en los últimos años, según el cual el enemigo no debe buscarse fuera de los propios territorios o fuera de las mismas alianzas, sino en el hombre mismo con su capacidad de autodestruirse. Hiroshima y Chernóbil son dos ejemplos elocuentes.

2.1. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES

La vía energética dura, actualmente en vigor, con formas más o menos acentuadas en la casi totalidad de los países industrializados, nace de una concepción que tiene una correlación

directa entre el consumo de energía y el desarrollo. Un país es considerado tanto más desarrollado cuanto más elevado es su consumo de energía per cápita. Este tipo de elección prioriza la oferta de energía, lo que favorece el aumento de la demanda energética.

El término «vía energética dura» se explica por sí mismo, considerando que implica poner a disposición de los consumidores grandes cantidades de energía. Además, utiliza casi exclusivamente fuentes energéticas no renovables, es decir, agotables, muy contaminantes y concentradas en algunos lugares del planeta (casi exclusivamente en las manos de transnacionales del Norte), como los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y los combustibles nucleares.

Además, estas fuentes se utilizan de manera fuertemente centralizada. Emblemática es, en este sentido, la exagerada atención dada a la energía eléctrica, que corresponde en un país industrializado a una cuota de fuentes primarias igual a 30 % del total, y su sistema de producción a través de megacentrales alimentados la mayoría de las veces por combustibles fósiles o nucleares.

En conclusión, se puede afirmar que esta política centra su atención en la cuestión cuantitativa del problema, es decir, cuánta energía hay disponible, y no en la cualitativa, o sea, cómo y con cuánta eficiencia será utilizada.

2.2. CONSUMO DE ENERGÍA EN EL MUNDO

Con la política energética «dura» se llegó a un consumo de energía a escala mundial que superó ligeramente los 10 TW/año en 1980, como se muestra en la parte izquierda de la figura 2.1.

La parte superior (casi dos tercios del total) corresponde al consumo energético de los países industrializados, al llamado Norte del mundo. La parte punteada (casi un tercio del total) corresponde al consumo energético de los países en vías de desarrollo, nombrados como el Sur del mundo.

Como refiere el *Annual Energy Review 1997*, de la Comisión Europea, entre 1980 y 1990 hubo un aumento de 20 % del consumo de energía en el mundo, lo que significó un incremento medio anual de 20 %. Entre 1990 y 1995 el aumento fue de solamente 4,5 % (incremento medio anual de 0,9 %). Esta reducción se debió al cambio de estructuras económicas en los países que componían la antigua Unión Soviética. Sin embargo, a partir de 1995 la tendencia es a continuar en aumento. En 1996 creció 3 %, aproximadamente.

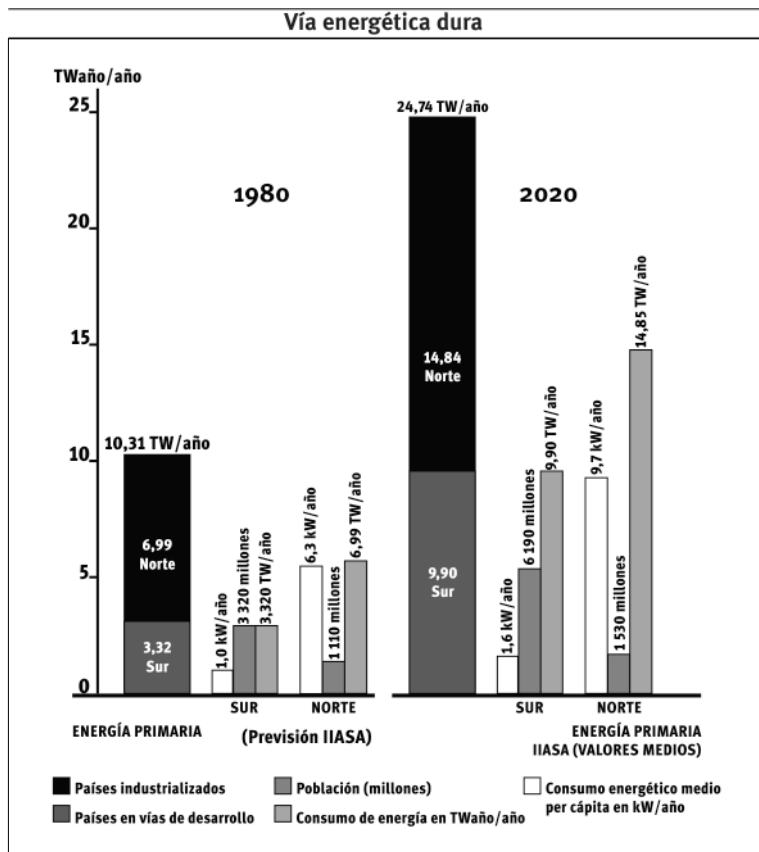


Fig. 2.1. Consumo de energía primaria a nivel mundial en terawatt/año.
(Fuente: *Annual Review of Energy*, vol. 10, USA, 1985).

El consumo de energía a escala mundial en el 2005 llegó a alrededor de 14 TW/año. Con respecto a la población, como se puede ver en la parte izquierda de la figura 2.2, ocurre la situación inversa: el Sur del mundo posee una población tres veces mayor que el Norte (en 1988 la diferencia era aún mayor: de cinco mil millones de habitantes en la Tierra, cuatro mil millones son del Sur), de modo que la diferencia de consumo per cápita entre Norte y Sur es muy elevada.

Si se considera la eficiencia energética, la diferencia es aún mayor, pues aunque los países industrializados utilicen muy mal la energía, en los países en vías de desarrollo la eficiencia energética es todavía menor.

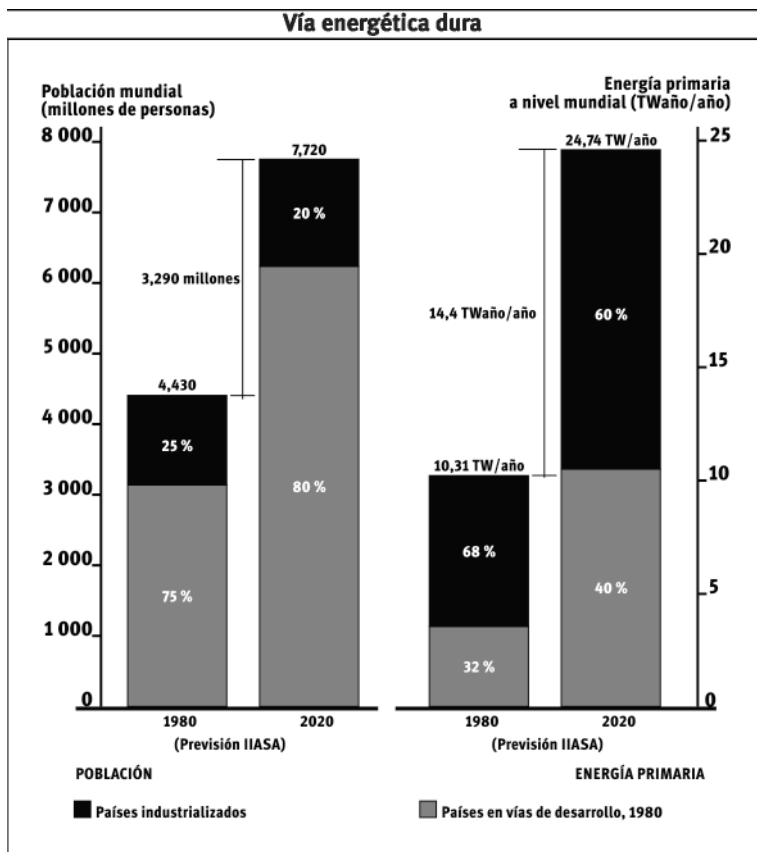


Fig. 2.2. Aumento estimado de la población y del consumo energético de 1980 al 2020. (Fuente: *Annual Review of Energy*, vol. 10, USA, 1985).

Con este nivel de consumo energético ya estamos en el límite de lo que puede soportar la ecología de nuestro planeta y, al mismo tiempo, llegamos a una situación de fuerte desequilibrio Norte-Sur.

Un aumento ulterior del consumo global de energía según el modelo propuesto por el International Institute for Applied System Analysis (IIASA), a favor de la política energética «dura», aceleraría mucho más el colapso energético previsto por los científicos. Según las previsiones del IIASA, en el 2020 existirá un consumo mayor que el doble de aquel de 1980. Como se puede apreciar en la parte derecha de las figuras 2.1 y 2.2, la diferencia del consumo per cápita entre los países ricos y pobres también aumentaría.

2.3. SUBDIVISIÓN DE LOS CONSUMOS POR TIPO DE FUENTE ENERGÉTICA

Un aspecto interesante lo constituye la relación entre el consumo energético primario y el tipo de fuente energética.

Con respecto a las fuentes de energía, se puede afirmar que aproximadamente 80 % de las que se utilizan actualmente (2005) a escala mundial corresponden a combustibles fósiles, 6 % a la energía nuclear y el resto a las fuentes renovables, fundamentalmente biomasa y después energía hidráulica, etcétera.

A modo de ejemplo, la parte izquierda de la figura 2.3 muestra los datos exactos, relativos al 1987. Análogamente, en la parte derecha se indican los datos, en relación con 1987, referentes a los países de la Comunidad Económica Europea, incluidos España y Portugal. En este caso la participación de la energía nuclear crece alrededor de 13 %.

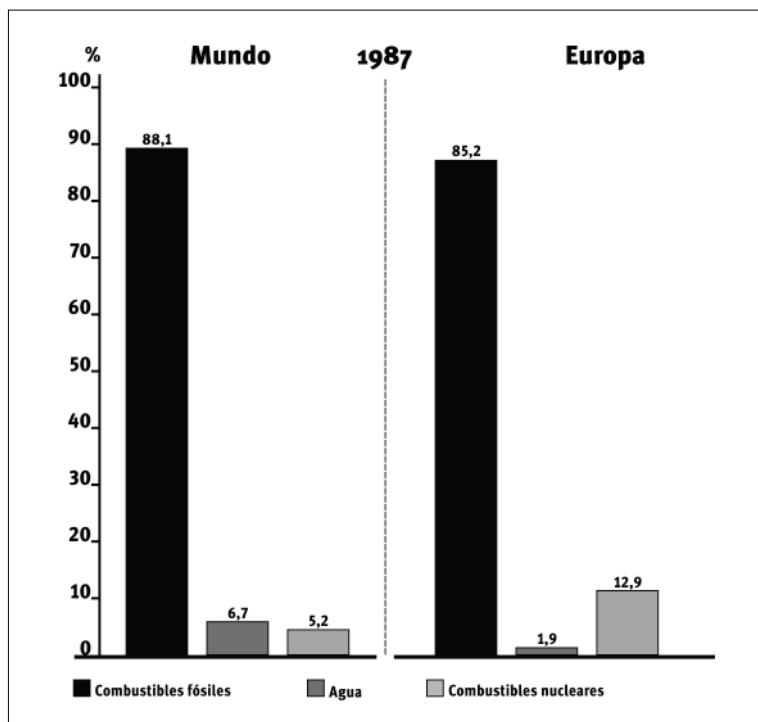


Fig. 2.3. Consumo porcentual de las fuentes primarias de energía de tipo comercial. (Fuente: *Schutz der Erdatmosphäre. Bonn: Parlamento de Alemania Federal, 1988*).

Estos datos dejan bien claro lo siguiente: la participación de la energía nuclear, no obstante los esfuerzos emprendidos y las ingentes inversiones asignadas por muchos gobiernos, permanece marginal. El eslogan difundido en los medios de comunicación por los responsables de la política energética de diversos países: «o nuclear o regreso a la edad de piedra», no se basa en ningún dato objetivo y revela un interés únicamente propagandístico.

Otro aspecto importante, deducible de los gráficos de la figura 2.3, es que los combustibles fósiles soportan, prácticamente solos, la responsabilidad de proporcionar energía a la humanidad. Para ser más precisos, es necesario añadir que la leña no se considera entre las fuentes comerciales y, sin embargo, es responsable de aproximadamente 10 % del consumo mundial de energía. La combustión de la leña, muy común en los países pobres, es una de las causas de la deforestación de los bosques tropicales.

En fin, una consideración política: la exigua diversificación de las fuentes energéticas permite a un puñado de multinacionales asegurar férreamente en sus manos el control de la energía.

2.4. ¿CUÁNTO TIEMPO PUEDEN DURAR LAS FUENTES ACTUALES?

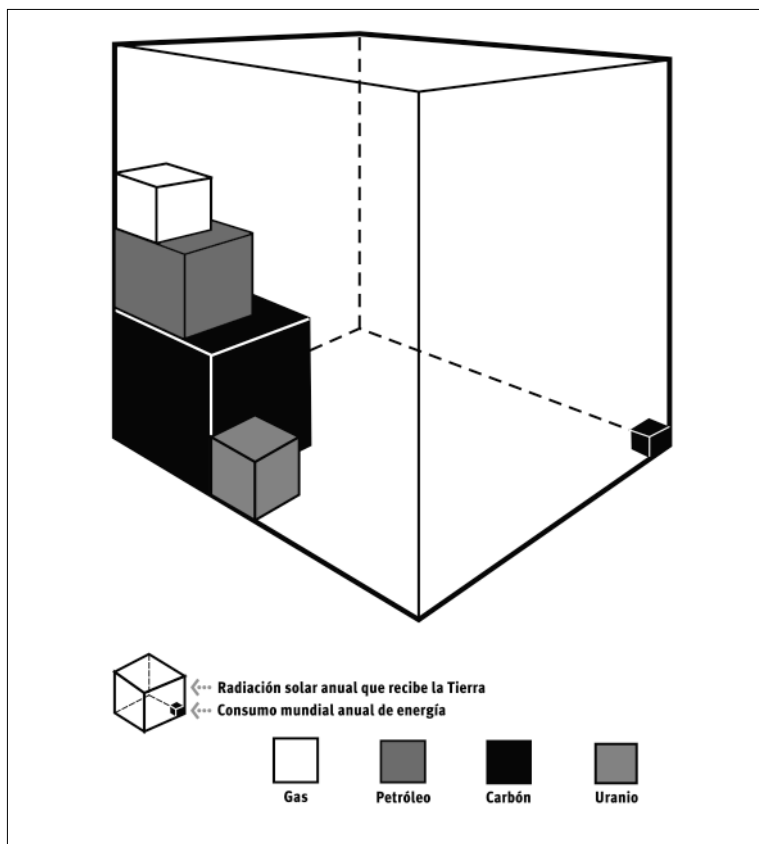
Con respecto a las fuentes fósiles, debemos hacer una clara distinción entre yacimientos y recursos. Una parte de los yacimientos no podrá ser utilizada por la gran profundidad a que se encuentran y por las dificultades de acceso a ellas. En estos casos el gasto de energía para la extracción sería mayor que la energía obtenida por la combustión del fósil. Sólo los recursos definidos como económicamente explotables pueden ser tomados en consideración.

Las reservas de fósiles se estiman en alrededor de 2 200 Gtep. El consumo actual de energía fósil (2005) es de aproximadamente 10 Gtep/año. Tendríamos, pues, energía fósil disponible para poco más de doscientos años.

Estos cálculos son optimistas. En primer lugar, porque las reservas y los consumos de los tres tipos de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) están en relaciones diferentes entre sí. Las reservas de petróleo, por ejemplo, son muy inferiores a las de carbón, mientras que el consumo de petróleo (37 % de las fuentes primarias en 1987) supera el consumo de carbón (30 %).

En segundo lugar, el consumo aumentará anualmente si se continúa con la política de la vía energética dura. Un incremento de los

consumos anuales del orden de 2 % disminuiría el tiempo medio de energía fósil disponible a solamente cien años (Fig. 2.4).



Al considerar las fuentes nucleares, el IIASA estima las reservas de uranio en alrededor de 30 Mt (millones de toneladas). Debe tenerse en cuenta el bajo porcentaje existente del isótopo uranio 235, único productor de este tipo de energía, del cual se dispone de una cantidad mucho menor que la de las reservas de carbón.

De igual forma, si se analiza el combustible nuclear torio, la situación no cambiaría mucho.

En síntesis, el despilfarro de energía es tal que sólo en este siglo se ha consumido más energía que en todos los siglos precedentes desde la aparición del hombre sobre la Tierra (hace aproximadamente

tres millones de años). Se corre, por tanto, el riesgo de agotar todas las reservas dentro de unos pocos centenares de años.

2.5. SÍNTESIS DE LAS AFECTACIONES ECOLÓGICAS

Los resultados catastróficos de la política energética dura pueden ser constatados hoy:

- Cada día desaparecen definitivamente más de diez especies de animales y plantas.
- Los bosques tropicales son destruidos a un ritmo de más de diez millones de hectáreas al año, una superficie igual a un tercio del territorio italiano.
- La proporción de las lluvias ácidas aumentó en los últimos decenios en diez veces, con el consecuente empobrecimiento de los terrenos y la muerte de millones de lagos.
- La temperatura media de la Tierra, a causa del efecto invernadero, está aumentando y puede provocar el descongelamiento parcial de los glaciares, la desertificación de vastas zonas hoy cultivables y otros daños ecológicos.
- La disminución del espesor de la capa de ozono ha permitido el aumento de las radiaciones ultravioleta con graves consecuencias para el hombre y las especies animales y vegetales, en particular para el plancton de los océanos.
- La alta tasa de radiactividad, debida a la emisión de las centrales nucleares y de las estaciones de tratamiento de combustibles nucleares, causa un aumento considerable de los casos de tumores y leucemias (Anexo I).

2.6. ENERGÍA NUCLEAR: UN CAMINO SIN SALIDA

Aunque la contribución de la energía nuclear a la solución de los problemas energéticos mundiales es mínima (cubre sólo unos porcentajes de la energía primaria en el 2005, con aproximadamente 440 centrales nucleares en funcionamiento y 35 en construcción), los peligros que se derivan de su utilización, ya en la actualidad, son inaceptables. Éstos se derivan no sólo por la probabilidad de accidentes ocasionales y de mal funcionamiento, sino que se presentan en toda su gravedad si se llegaran a considerar los accidentes a consecuencia de atentados, los problemas de las esco-

rias radiactivas y aquellos provocados por el vínculo nuclear-civil y nuclear-militar, como se explicará en detalle más adelante.

Un gran aumento de la energía nuclear para satisfacer en parte el aumento previsto del consumo, como lo sugirió el IIASA, y como puede apreciarse claramente en la figura 2.5, con el objetivo de sustituir una parte considerable de los combustibles fósiles, provocaría un crecimiento extraordinario del número de centrales nucleares.

Esto significaría la entrada en funcionamiento de nuevas megacentrales nucleares de 1 000 MW, a un ritmo de una cada dos o tres días, por decenas de años. Habría que tener presente, además, la necesidad de cerrar un número creciente de centrales que terminarán su

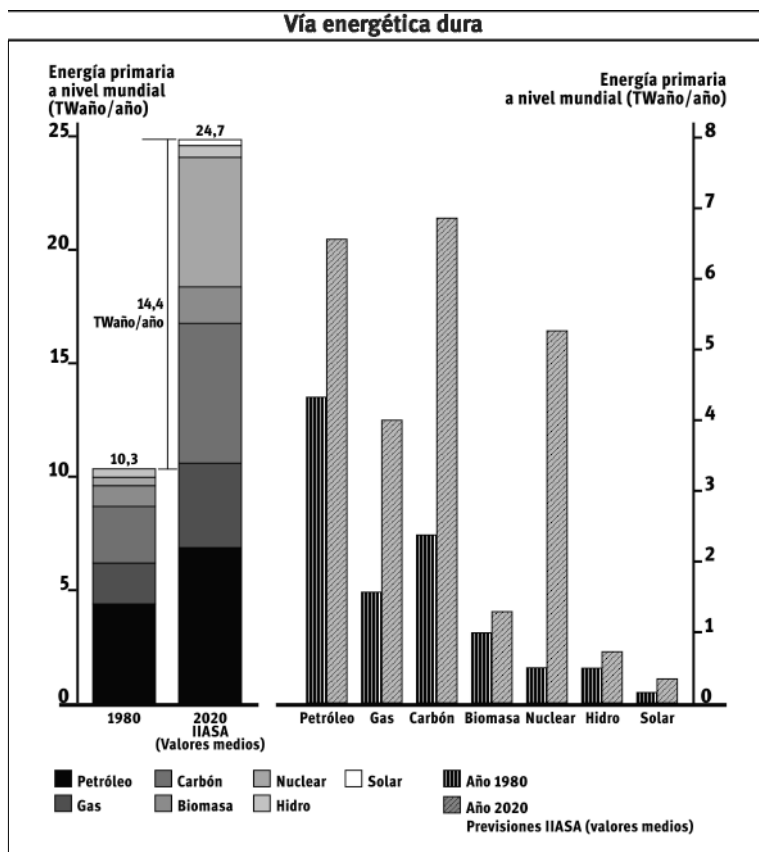


Fig. 2.5. Consumo mundial de energía primaria en 1980 y previsiones para el 2020. (Fuente: *Annual Review of Energy*, vol. 10, USA, 1985).

período de funcionamiento (la duración media es de 25 años) y el hecho de que por razones de abastecimiento de combustibles sería necesario encastrar, en gran escala, la fabricación de reactores nucleares convertidores rápidos, aplicando un desarrollo apropiado de la tecnología del plutonio.

De hecho, este tipo de reactor transforma en material utilizable el uranio 238 disponible en la naturaleza, y ofrece de esta forma una cantidad de combustible suficiente para millones de años. Sin embargo, se trata de una tecnología mucho más peligrosa que la de los reactores nucleares. A causa de esto, el único reactor rápido de potencia en funcionamiento es el Superphenix francés (de hecho, frecuentemente fuera de servicio y en estos momentos definitivamente cerrado). En cuanto a los programas de implantación previstos en los Estados Unidos, algunos países de la antigua Unión Soviética, Gran Bretaña y Alemania están prácticamente paralizados.

La elección nuclear es realmente insensata y conduce a una situación irreversible.

2.6.1. TIPOS DE REACTORES NUCLEARES

Una central electronuclear funciona de manera análoga a una termoeléctrica convencional, sólo que en la primera el calor es producido por la fusión nuclear, como se muestra, de forma esquematizada, en la figura 2.6; mientras que en la segunda se obtiene a

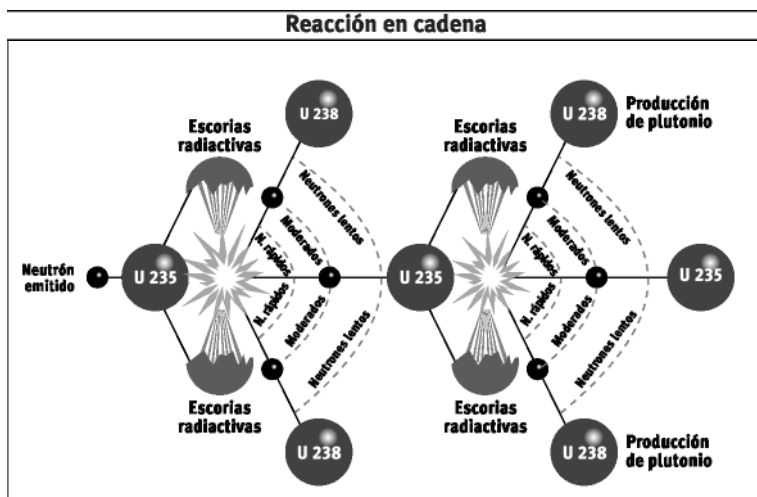


Fig. 2.6. Calor producido por la fusión nuclear. Reacción en cadena controlada.

partir de un combustible fósil. La composición de una central electro-nuclear se representa en la figura 2.7.

Los dos tipos más comunes de reactores se clasifican según el sistema de refrigeración; éstos pueden ser PWR-Westinghouse (*Pressure Water Reactor*), refrigerados por agua a presión; y los BWR-General Electric (*Boiling Water Reactor*), refrigerados por agua hirviendo.

Los reactores nucleares se dividen en térmicos y rápidos, según los neutrones utilizados en la reacción en cadena. Pueden ser de baja energía, menor de un electrónvolt (eV), o de alta energía, igual o superior a 10^5 eV.

Se debe aclarar que los llamados «reactores intrínsecamente seguros» (en fase de estudio), pertenecen a los térmicos y se proyectan de manera que en caso de avería técnica o de una maniobra errada tiendan a apagarse. Lo mismo sucedería si hubiera un mal funcionamiento del circuito electrónico de seguridad. De esta manera puede ser reducida, aunque no eliminada, la posibilidad de catástrofes debidas a defectos técnicos o errores humanos.

Los reactores térmicos utilizan generalmente uranio (U) enriquecido a 3-4 % en U^{235} . En la naturaleza, más de 99 % del uranio es U^{238} , o sea, no fisionable. Solamente 0,7 % es U^{235} .

Central electronuclear

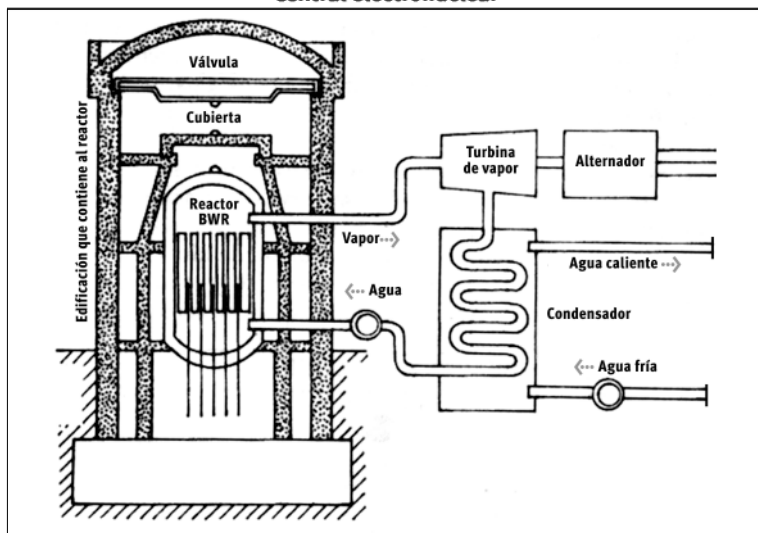


Fig. 2. 7. Esquema simplificado de la central electronuclear de Caorso, Italia.

Los reactores rápidos utilizan en general uranio o plutonio (Pu) enriquecido (aproximadamente, 60 % de U^{235} o Pu^{239}). En el caso de las bombas atómicas el enriquecimiento en U^{235} o Pu^{239} supera normalmente 90 %.

Los reactores convertidores pueden ser rápidos o térmicos. Como producen más material fisionable que lo que consumen, se dice que poseen una relación de conversión mayor que uno.

Un reactor convertidor térmico (de poco interés práctico) podría utilizar U^{235} fisionable (inexistente en la naturaleza) como combustible y torio (Th^{232}) como material fértil, es decir, capaz de transformarse durante el funcionamiento del reactor en U^{235} .

Un reactor convertidor rápido, cuyo ejemplo más conocido es el Superphenix francés, utiliza normalmente como combustible Pu^{239} fisionable (no existente en la naturaleza) y U^{238} como material fértil. Este se transforma en Pu^{239} , como se representa gráficamente en la figura 2.8.

El plutonio, además de tener una vida media muy larga, de 24 000 años, es un elemento altamente tóxico.

Un miligramo de plutonio inhalado que llegue a los pulmones provoca la muerte de una persona. Con un solo kilogramo de plutonio podría matarse a un millón de personas.

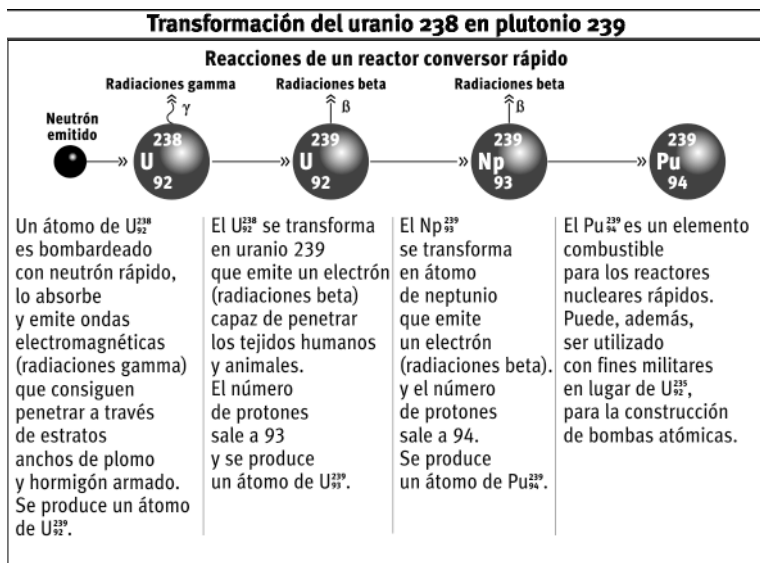


Fig. 2.8. Esquema de la transformación del uranio U^{238} en plutonio Pu^{239} en los reactores rápidos.

La utilización de U^{235} en lugar de Pu^{239} en este último tipo de reactor no es adecuada, pues el uranio libera un número medio de neutrones rápidos por cada neutrón absorbido, muy inferior al número liberado por el plutonio y, consecuentemente, se tendría una relación de conversión demasiado baja.

El interés por los reactores convertidores rápidos se debe a la gran cantidad de U^{238} disponible en la naturaleza que, durante el funcionamiento, se transforma en Pu^{239} con alto grado de pureza. Este último, como se verá después, además de ser utilizado como combustible nuclear sirve también para la producción de bombas atómicas.

Los reactores rápidos, a causa del peligro que representan, están en vías de desaparecer (*The Bulletin of Atomic Scientist*, septiembre-octubre de 1997; revista *Avvenimenti*, del 25 de febrero de 1998).

El 8 de diciembre de 1995 una tubería de refrigeración secundaria del reactor rápido piloto japonés de 280 MW, ubicado cerca de Monja, explotó y liberó 700 kg de sodio líquido, que se incendió.

El 11 de marzo del mismo año se reportó otro incendio en Japón, éste en la estación piloto de reprocesamiento de Tokai. Un mes después, el 17 de abril, hubo una salida del refrigerante en otro reactor de prueba japonés, el Fugem; éste utiliza plutonio como combustible. Como consecuencia, la mayoría de las instalaciones de plutonio japonesas –o tal vez todas–, serán puestas fuera de servicio.

En febrero de 1998 fue decretada oficialmente la muerte del reactor rápido francés Superphenix, después de ser el causante de una cadena interminable de accidentes y haber funcionado a plena potencia durante sólo nueve meses de sus doce años de vida. El desmantelamiento de esta instalación costará más de mil quinientos millones de dólares.

2.6.2. EMISIONES DE RADIATIVIDAD

Un reactor nuclear de potencia contiene toneladas de material radiactivo. El inventario radiactivo de un reactor de 1 000 MW eléctricos, después de algunos años de funcionamiento, puede alcanzar una cantidad de material suficiente para fabricar mil bombas como la lanzada sobre Hiroshima.

Para que se tenga una idea, en el caso del accidente de Chernóbil todo el yodo radiactivo ^{131}I que cayó sobre el territorio de Alemania Federal fue del orden de un gramo, es decir, la millonésima parte del inventario radiactivo del reactor.

En funcionamiento normal, una central nuclear emite radiactividad en pequeñas cantidades, tanto hacia el aire mediante la expulsión de gas radiactivo como en los cursos de agua circundantes. Sin embargo, también pequeñas dosis de radiactividad pueden producir graves daños a los seres vivos si estos permanecieran bajo la radiación por un largo período. El científico canadiense Petkan afirma que las células vivas sometidas por largo tiempo a radiaciones de pequeña intensidad pueden ser afectadas más que las células sometidas a fuertes radiaciones, pero por espacios de tiempo breves.

En caso de accidente, especialmente si ocurre la fusión del núcleo o la explosión del reactor, pueden ser descargadas en el ambiente cantidades significativas de elementos radiactivos contenidos en el núcleo del reactor.

Un accidente puede suceder, por ejemplo, por la ruptura de un tubo que lleve el refrigerante o por el bloqueo de una válvula, lo que trae aparejado desde el supercalentamiento de los aislantes que protegen el combustible, hasta la fusión y liberación de los gases radiactivos.

Se debe tener presente también que un reactor rápido está sujeto a accidentes mucho más graves que uno térmico, porque la reacción en cadena del primero es alimentada por neutrones con una alta carga energética, muy próxima, por tanto, a la que se verifica en una explosión nuclear.

Las radiaciones emitidas pueden ser del tipo corpuscular (rayos α y β) o electromagnéticas (rayos γ). Éstas destruyen o deforman las células vivas, lo que provocará tumores y degeneraciones genéticas en las generaciones futuras.

Los elementos radiactivos llamados *radionúclidos* expulsados del reactor, además de contaminar la zona circundante pueden ser llevados a grandes distancias por el viento, y volver a la tierra por la acción de la lluvia. Los radionúclidos pueden así depositarse sobre los vegetales o mezclarse con el suelo. Después son absorbidos por las plantas y entran, de esta forma, en el ciclo alimentario. Al fijarse en los órganos de los seres vivos pueden permanecer en ellos por un tiempo superior al de la propia vida.

El cesio 137, por ejemplo, posee un tiempo de vida media de treinta años y se fija fácilmente en los músculos. El estroncio 90, con tiempo de vida media de veintiocho años, se fija fundamentalmente en los huesos. El yodo 131, con tiempo de vida media de ocho días, se deposita en los tejidos de la tiroides. El plutonio 239 (tiempo de vida media

de 24 000 años), el yodo y el cesio se fijan también con relativa facilidad en los órganos genitales.

2.6.3. CHERNÓBIL: UNA ADVERTENCIA A LA HUMANIDAD

El accidente de Chernóbil, ocurrido el 26 de abril de 1986 y considerado de modestas proporciones, tendrá consecuencias enormes para la humanidad. Se calcula que hasta ahora y en los próximos setenta años aparecerán más de un millón de casos de tumores, incluso entre los habitantes de Europa occidental.

Dos años y medio después del accidente, el periódico *Pravda* admitió la imposibilidad de descontaminar la ciudad y que, por lo tanto, las autoridades locales habían decidido arrasarla. El accidente provocó la evacuación de más de cien mil personas y la contaminación de un área de 100 000 km². Hoy se registran en los niños de la zona más de diez mil casos de tumores de la tiroides.

Leonid Bolshov, ex vicedirector del Instituto Soviético para la Seguridad Nuclear, presentó en la Convención de Erice, celebrada en agosto de 1989 en el Centro Ettore Majorana, una película que mostraba las consecuencias dramáticas del accidente. En las zonas aledañas a la central nuclear, las cincuenta especies animales y vegetales estudiadas mostraron graves deformaciones genéticas.

2.6.4. ¿CUÁL ES LA SEGURIDAD DE UN REACTOR NUCLEAR?

En la elección del lugar para establecer una central nuclear se deben considerar los aspectos geológicos del terreno. Esto es fundamental para la seguridad, especialmente en países como Italia, donde la actividad sísmica es notable.

Es muy importante también la elección de las características constructivas intrínsecas del reactor para poder controlar los daños en caso de accidente debido a causas internas o externas.

Se trata, por citar un ejemplo, de realizar la protección del núcleo del reactor en acero herméticamente cerrado, rodeado por una construcción de concreto; y preparar un sistema de refrigeración circular natural que consiga eliminar el calor producido por la potencia residual del reactor. Además, es necesario proyectar la estructura del núcleo para que produzca un coeficiente de temperatura negativo, de modo que un aumento de temperatura implique la interrupción del funcionamiento del reactor. El reactor deberá producir también un

coeficiente de vacío negativo, con el objeto de apagarse con el aumento de las burbujas de vapor.

Los reactores «internamente seguros» están en fase de estudio. Son reactores de dimensiones reducidas (para producir solamente 100 MW). Están contruidos de tal forma que cualquier problema en el funcionamiento los lleva a apagarse automáticamente por la acción de las leyes de la física, que regulan el funcionamiento, sin la necesidad de interrupciones adicionales del sistema de seguridad. En un proyecto sueco, la presión derivada del funcionamiento del reactor mantiene lejos del núcleo una gran cantidad de agua borada (el boro es un absorbente de neutrones). En caso de mal funcionamiento, la presión baja y el agua borada automáticamente rodea el núcleo y apaga el reactor.

Con estos reactores se puede reducir la posibilidad de accidentes a causa de averías o maniobras erradas, pero no se resuelven los otros problemas de las centrales nucleares, como el del vínculo militar-civil, el de los desechos atómicos y el de las catástrofes provocadas por sabotajes.

Esto tiene validez también para los reactores que utilizan torio en vez de uranio (*The Bulletin of Atomic Scientists*, septiembre-octubre, 1997). El torio no posee isótopos fisionables, pero es considerado un material fértil, es decir, cuando es bombardeado por neutrones se convierte en uranio 233, un isótopo que sí es fisionable. Estos tipos de reactores fueron presentados por el inventor Alvin Radkowski, que vive y trabaja en Israel, como los reactores de una nueva era nuclear. En realidad la única ventaja de este tipo de reactores radica en que en ellos se produce menos plutonio (20 % menos comparado con un reactor convencional alimentado por uranio). Sin embargo, en esencia están presentes todos los peligros citados.

Normalmente, se construye un sistema de seguridad eléctrico-mecánico. En caso de mal funcionamiento (al ser superados determinados niveles del flujo neutrónico, de temperatura, de presión, etc.), se activan las barras de control (hechas con materiales capaces de absorber los neutrones), entran en el núcleo y apagan el reactor. En este caso se habla de acción de *scram*. También, para aumentar la seguridad, se construyen circuitos *full safe* (por gravedad las barras de control caen en el núcleo del reactor), interbloqueadores para reducir la posibilidad de maniobras erradas, se duplican o triplican los circuitos, etcétera.

Antes de la instalación de un reactor nuclear se hace un estudio teórico de los accidentes posibles bajo pésimas condiciones de trabajo y se indica el peor accidente imaginable, es decir, la fusión del

núcleo y la consecuente emisión de radiactividad. El informe deberá ser aprobado por la autoridad competente.

Las medidas de seguridad antes mencionadas no pueden alcanzar evidentemente una eficacia de 100 %. Se puede hablar sólo de mayor o menor probabilidad de accidentes. Por ejemplo, una multiplicación de los circuitos de refrigeración y de las cadenas de seguridad disminuye las probabilidades de accidentes graves. Sin embargo, este aumento excesivo, llevado más allá de un cierto límite, aumenta la complejidad del sistema de manera que la probabilidad de accidentes vuelve a incrementarse. Mayor complejidad no es naturalmente sinónimo de mayor seguridad.

Sobre la confiabilidad de los reactores se expresan juicios frecuentemente inexactos. Se dice que un cierto tipo de reactor es más seguro que otro. En verdad se debería hablar de mayor seguridad con relación a un tipo específico de mal funcionamiento. En el caso de Chernóbil hubo una liberación grande de material radiactivo por falta de un contenedor apropiado. Se puede decir, entonces, que es un reactor menos seguro que un *Pressure Water Reactor* (PWR) construido en los Estados Unidos y en Europa occidental. Un reactor como el de Chernóbil es, por otro lado, mucho menos peligroso que un PWR en otros aspectos, como el de la densidad de potencia, que desempeña un papel fundamental con relación a los problemas de seguridad (10 MW/m³, en el caso del reactor de Chernóbil; 100 MW/m³, un valor diez veces mayor, en el caso del PWR).

La cantidad de accidentes posibles sobrepasa los límites temporales y espaciales tenidos como infranqueables antes del advenimiento de las centrales nucleares. Fuentes oficiales, como la *Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke*, de Alemania Federal, admitió en 1979 que un reactor BWR (*Boiling Water Reactor*), de 1 000 MW tipo Biblis, podría producir un accidente con ocho mil muertes instantáneas y más de ochenta mil en los años sucesivos. Resultados análogos fueron indicados por el Centro Rasmussen de los Estados Unidos.

La probabilidad de grandes accidentes es notable, como lo demostraron los ya ocurridos, no obstante el pequeño número de centrales nucleares (400) actualmente en funcionamiento.

El Centro Rasmussen prevé un accidente grave en un período de veinte mil años para cada reactor en funcionamiento. Si el número de estos aumentase en los próximos cincuenta años por un factor de diez o más, como quisiera el IASA, que propone en su informe de 1981 el camino duro, y presupone un fuerte consumo de energía, habría miles de reactores funcionando con la posibilidad de un accidente grave cada tres o cuatro años.

Las catástrofes por sabotajes o acciones de guerra sobrepasan cualquier posibilidad de previsión. La necesidad de reducir las posibilidades de ataques externos, en el caso de la expansión de las centrales nucleares, lleva inevitablemente a una mayor militarización de los Estados. Los encargados de los reactores nucleares deben de ser personas de absoluta confianza, una especie de «sacerdotes de la era nuclear», como dice uno de los más importantes filósofos nucleares, Alvin Weinberg.

Se constató, por tanto, que el problema nuclear no es sólo un problema de seguridad, sino de apoyo social (*soziale Vertraglichkeit*), como lo denomina el científico alemán Meyer Abich en su libro *Die Grenzen der Atomwirtschaft*, 1986. Puede ser interesante añadir algunas consideraciones expresadas en el libro *Bedroht die Kernenergie unsere Freiheit*, de Alexander Rossmalger, 1983.

La mayor parte de los reactores en funcionamiento, en particular los alemanes, no soportan la explosión de una bomba convencional de una tonelada equivalente de trinitrotolueno (TNT). Una bomba mayor puede liberar al ambiente circundante el inventario radiactivo completo del reactor que, como ya se ha dicho, puede ser mil veces superior que el de la bomba de Hiroshima. También la caída de un avión sobre las instalaciones nucleares puede tener graves consecuencias.

Los ataques terroristas tienen una cierta probabilidad de éxito con recursos reducidos, como lo confirma el lanzamiento de seis misiles sobre el reactor en construcción en Creys-Malville, Francia, en la noche entre el 18 y 19 de enero de 1982, o la acción kamikaze de tres terroristas que el 12 de noviembre de 1972 secuestraron un avión con 31 pasajeros y lo desviaron para Oak Ridge National Laboratory, en los Estados Unidos, amenazando precipitarlo contra un reactor nuclear de investigación. La catástrofe se evitó, en aquella ocasión, con el pago de diez millones de dólares.

La idea de reducir los riesgos mediante construcciones subterráneas no parece muy ventajosa. Si se dejan aparte los aspectos económicos surgen otros peligros, como la contaminación de las cuencas acuíferas, la dificultad de reparación de daños, etcétera.

2.6.5. DE LAS CENTRALES NUCLEARES

A LAS BOMBAS ATÓMICAS: UNA RELACIÓN PELIGROSA

Como se ha dicho anteriormente, los posibles accidentes de un reactor son sólo una parte de los peligros. Hay otro

aspecto, ocultado a propósito a la población, que es la relación entre instalaciones nucleares «con fines pacíficos» y las armas atómicas.

Origen de las centrales nucleares

No se debe olvidar que la nuclear es una fuente de energía de potencia específica (potencia por unidad de peso) extremadamente alta (diez veces mayor que la del combustible fósil) y por eso es apropiada para aplicaciones militares.

El primer uso de la energía nuclear fue con fines destructivos. El 2 de diciembre de 1942 entró en funcionamiento el primer reactor nuclear proyectado por Enrico Fermi y construido en la Universidad de Chicago. Este reactor producía plutonio, a un ritmo constante, utilizado después para la construcción de bombas atómicas. El 16 de julio de 1945 se realizó una primera explosión nuclear de prueba en Nuevo México, en una base aérea norteamericana. Menos de un mes después fueron lanzadas dos bombas atómicas, ya no de prueba, una de uranio 235 sobre Hiroshima (el 6 de agosto) y otra de plutonio 239 sobre Nagasaki (el 9 de agosto). Solamente diez años más tarde fueron fabricados los primeros reactores nucleares de potencia. Las relaciones entre la energía nuclear civil y la militar son numerosas.

Como es conocido, tanto los reactores nucleares utilizados para la producción de energía eléctrica como los destinados a la fabricación de armas nucleares funcionan según el principio de fisión nuclear y de la reacción en cadena, controlada en los primeros, libre en los segundos.

Ciclo del uranio: de la mina al reactor o a la bomba

Para comprender el vínculo entre la energía nuclear civil y la militar es importante examinar el ciclo del combustible desde el momento de su extracción, como se esquematiza en la figura 2.9.

Primera fase: El uranio es llevado a una estación de enriquecimiento donde, como ya se ha dicho, se concentra el contenido de U^{235} hasta el valor deseado: 3-4 % para los reactores térmicos, 60 % para los rápidos y a más de 90 % para las bombas atómicas, aun cuando sea posible construirlas a partir de enriquecimientos que superen 20 %. El procedimiento consiste en mezclar el uranio con el flúor, obtener hexafluoruros de uranio y someterlos después a procesos de centrifugación.

Un sistema de enriquecimiento de U^{235} con elevado rendimiento consiste en hacer pasar el hexafluoruro de uranio en una corriente de hidrógeno, utilizando un sistema de centrifugación con doble deflexión en muchas fases. Este sistema fue propuesto en un proyecto de cooperación entre Alemania Federal y Brasil (*Nuclear Technology*, vol. 52, enero, 1981).

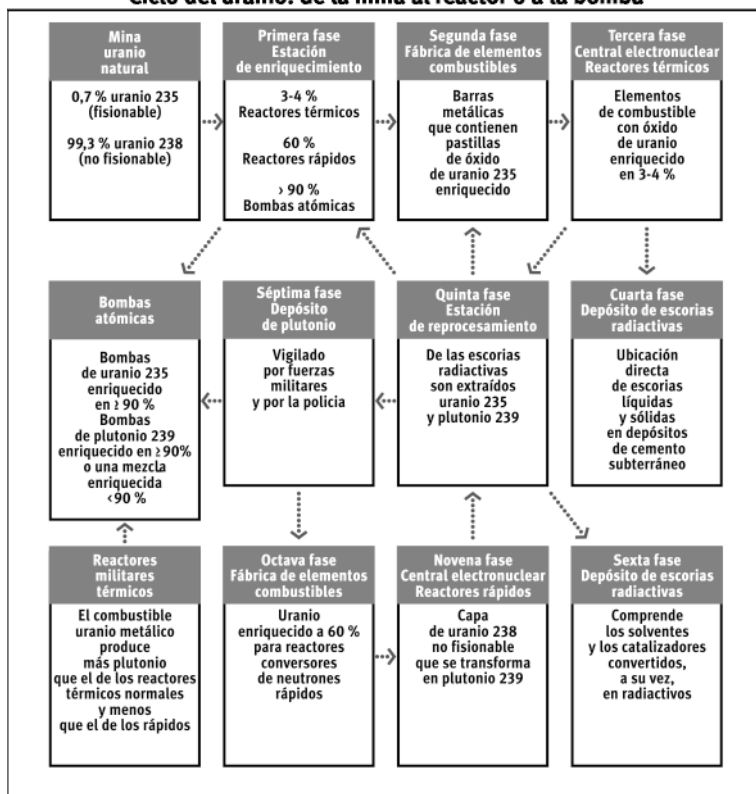
Ciclo del uranio: de la mina al reactor o a la bomba

Fig. 2.9. Ciclo completo del uranio. Es evidente la estrecha vinculación entre la energía nuclear civil y la militar.

Segunda fase: El uranio enriquecido a 3-4 % pasa a la fábrica de elementos de combustible para reactores térmicos. Se construyen barras, normalmente de óxido de uranio, que reunidas forman el núcleo del reactor, es decir, el corazón del reactor.

Tercera fase: El núcleo se monta en el reactor donde permanece por 2-3 años.

Cuarta fase: El combustible, todavía fuertemente radiactivo, forma las llamadas escorias, que deben ser depositadas en ambientes herméticamente cerrados para que la radiactividad no pase al exterior.

Quinta fase: Las escorias también pudieran ser llevadas a una estación de reprocesamiento. Allí se extraen los elementos todavía utilizables: U^{235} y Pu. Este último se forma, también en un reactor

térmico, aunque en pequeñas cantidades, en forma de diferentes isótopos: plutonio 238, 239, 240, 241 y 242. Cuanto menor es el tiempo de permanencia del combustible en el reactor térmico, mayor será el porcentaje de Pu^{239} en relación con los otros isótopos del plutonio. Un valor porcentual de 90-95 de Pu^{239} corresponde al «plutonio para bombas», en lenguaje militar. Sin embargo, también porcentajes inferiores como aquellos obtenidos de los combustibles quemados en reactores térmicos (generalmente hay valores de Pu^{239} incluidos entre 70 y 80 %), permiten la producción de bombas, aunque menos eficaces.

En 1976, Víctor Gilinsky, entonces miembro de la comisión norteamericana para la aprobación de concesiones para la construcción de centrales nucleares, en una declaración oficial, se expresó de la siguiente forma:

En cuanto al plutonio producido por los reactores, es un hecho que es posible utilizarlo para la construcción de bombas atómicas en un sistema muy diferente de desarrollo tecnológico. En otras palabras, países menos desarrollados que los principales países industrializados, llevan adelante los programas de energía nuclear y están en condiciones de construir bombas de calidad no despreciable.

Es importante notar que la fase de reciclaje no reduce las escorias. Al contrario, éstas aumentan en cantidad a causa de los procedimientos físico-químicos empleados, por el uso de los solventes, de los catalizadores, etc., que a su vez se transforman en radiactivos. El problema de las escorias, por tanto, al contrario de lo que se trata de hacer creer, aumenta en vez de disminuir. La estación de reprocesamiento tiene sentido solamente para la tecnología de reactores rápidos y de bombas atómicas. Una estación de reciclaje (por ejemplo, la de Windscale en Gran Bretaña) emite hacia el ambiente que la rodea, en condiciones normales de funcionamiento, una cantidad de radionúclidos miles de veces superior que las emitidas por un reactor nuclear.

Con este propósito Greenpeace, en carta del 10 de octubre de 1997, recuerda que de la estación francesa de reprocesamiento de La Hague, en Normandía, se vierten anualmente en el mar doscientos treinta millones de litros de líquido radiactivo y que, según un estudio de la Universidad de Besançon, publicado en enero de 1997, los casos de leucemias en los alrededores de La Hague son tres veces superiores al promedio nacional.

En una carta posterior, fechada en mayo de 1998, se subraya que las palomas que viven en las cercanías de la estación de reprocesa-

miento de Sellafield en Gran Bretaña resultaron contaminadas radiactivamente hasta valores del orden de los 280 000 Bq/kg, de los cuales 25 000 Bq son debidos al plutonio (ver epígrafe 2.6.6).

Además, en una estación de reprocesamiento es imposible controlar exactamente las cantidades de plutonio existentes, de modo que es fácil hacer desaparecer dosis suficientes para la construcción de bombas atómicas (basta menos de 10 kg de Pu^{239} para la fabricación de una bomba).

En la mencionada estación de Windscale se tratan aproximadamente 1 100 kg de plutonio al año. De 1978 a 1982 se registraron las variaciones (en kilogramos) en relación con los valores calculados que se muestran en la tabla 2.1:

TABLA 2.1
Variaciones en kilogramos de plutonio por año
tratado en la estación de reprocesamiento de Windcale

1978	1979	1980	1981	1982
+22,1	+20,2	+5,5	-9,9	-10,5

De una manera sencilla se pueden extrapolar los cálculos referidos a la estación de Wackersdorf, en Baviera (Alemania), cuya construcción, ya en estado avanzado, fue interrumpida a finales de mayo de 1989 a causa de una fuerte presión popular. El gobierno federal firmó acuerdos con Francia e Inglaterra para que el combustible agotado (extraído de los reactores alemanes) fuera reciclado en esos países.

En Wackersdorf se habrían debido tratar anualmente casi 5 700 kg de plutonio.

Sexta fase: Se depositan los desechos.

Séptima fase: El U^{235} extraído se utiliza para la fabricación de los elementos de combustible descritos con anterioridad (para la estación de enriquecimiento) y el Pu^{239} es recogido en un contenedor.

Octava fase: Se llevan a la fábrica de elementos combustibles para reactores convertidores rápidos, donde se construye el núcleo, formado éste exactamente por una parte central con alta tasa de Pu^{239} y de una capa de U^{238} no fisionable.

Novena fase: Este núcleo se instala en un reactor rápido. Durante el funcionamiento los neutrones rápidos chocan contra la capa de U^{238} , que se transforma en Pu^{239} después de algunos estadios intermedios.

Una central rápida de 1 000 MW produce de este modo no sólo energía eléctrica, sino también Pu^{239} de alta pureza en grandes cantidades: cerca de 400 kg al año.

El reactor rápido Superphenix francés (1 200 MW), del cual Italia fue copropietaria de un tercio a través de la entidad nacional de distribución de energía eléctrica ENEL, hubiera tenido la posibilidad de producir Pu^{239} suficiente para la fabricación de alrededor de 60 bombas atómicas por año. Este ejemplo refleja exactamente la realidad de lo que escribió Klaus Traube, ex director del equipo de proyectos de reactores rápidos en Alemania: «Los reactores rápidos convertidores representan la simbiosis ideal de explotación militar y civil de la energía nuclear». Naturalmente, el Pu^{239} de la fase 7 o el U^{235} de las fases 1 y 7 pueden ser utilizados directamente para la producción de bombas atómicas.

Para completar el cuadro se debe decir que existen reactores nucleares llamados «militares», los cuales son reactores térmicos con barras de combustible de uranio metálico y no de óxido de uranio. Estos, comparados con los reactores térmicos normales, poseen un rendimiento mayor en cuanto a la producción de Pu^{239} , pero siempre muy inferior al de los reactores convertidores rápidos.

Theodor Taylor, proyectista de bombas atómicas

A propósito de las «relaciones peligrosas» entre energía nuclear militar y civil, resulta interesante una declaración de Theodor Taylor, científico que proyectó la bomba atómica más ligera, llamada Davy Crockett, la superbomba H (Orally), con una potencia del orden de las megatoneladas equivalentes de trinitrotolueno (TNT). La declaración puede leerse en la revista *Mediatas* (No. 3, 1987), del conocido Forschungsinstitut für Friedenspolitik de Munich, en Baviera. Ante las declaraciones procedentes de los partidos alemanes de filiación demócratacristiana, de que la estación de reciclaje de Wackersdorf, en Baviera, no abriría de ninguna manera sus puertas para la construcción de bombas atómicas, Taylor expresó: «No saben lo que están diciendo. No hay ningún motivo para creer que ellos se dan cuenta de lo que están diciendo».

Otros aspectos que acercan la energía nuclear civil y la militar

El peligro que genera la energía nuclear civil a causa de accidentes no solamente casuales, sino también de sabotajes o acciones de guerra, por un lado, y la fuerte militarización del Estado que el factor nuclear civil implica por razones de seguridad, por otro lado, son aspectos que caracterizan el estrecho vínculo entre la energía nuclear civil y la militar.

2.6.6. DESECHOS RADIACTIVOS: UNA AMENAZA PARA LAS GENERACIONES FUTURAS

En las décadas de los años cincuenta y sesenta no le fue dedicada la debida atención al grave problema de los depósitos de los desechos radiactivos. En ese período imperó un optimismo emotivo con relación al desarrollo de la energía nuclear. El problema solamente emergió cuando se trató de responder a la exigencia de un depósito seguro también a largo plazo. En 1971, por ejemplo, la comisión estadounidense para la energía atómica (Atomic Energy Commission) anunció que se habría podido iniciar el depósito de material altamente radiactivo en una mina de sal en Kansas sin peligro alguno. Al año siguiente el plan fue cancelado. Se descubrió que las perforaciones hechas para la extracción de petróleo y gas y la introducción de agua para disolver las sales podían causar infiltraciones peligrosas.

Todos los países poseedores de centrales nucleares buscan una solución a este tema, pero ninguna de las propuestas ha sido catalogada de satisfactoria. Por consiguiente, cada año aumentan los depósitos provisionales de los desechos, así como el transporte de un país a otro.

El combustible agotado en forma de pastillas (*pellets*) o el contenido en barras metálicas puede ser depositado directamente o después de un nuevo tratamiento, en una estación apropiada. Los dos tipos de desechos son obviamente muy diferentes. En el segundo caso, a pesar de que disminuye la radiactividad por unidad de peso, aumenta mucho la cantidad de los desechos debido a las transformaciones físico-químicas necesarias y al contacto con otros materiales.

En los desechos se encuentran los tipos principales de material radiactivo, formados por el bombardeo del uranio por los neutrones:

- *Los producidos por la fisión*, derivados de la ruptura (fisión) de los átomos de uranio. El tiempo medio de duración (vida media) es de veinte a treinta años, y por tanto bajan a niveles despreciables dentro de un marco de mil años.
- *Los elementos pesados*, constituidos por varios isótopos de uranio y de elementos transuránicos como el plutonio. La vida media es de miles y hasta de cientos de miles de años.

Las escorias que irradian más de 10 nCi/g, o sea, diez nanocurie/gramo (300-400 Bq/g; 1 Bq corresponde a una desintegración por segundo, 1 nCi a 37 desintegraciones por segundo), a causa de los elementos

transuránicos (plutonio, neptunio, etc., de una vida media muy larga) son particularmente peligrosas, por lo que deben permanecer aislados del ambiente por millones de años. Este tipo de desechos se encuentra tanto en los depósitos directos como en los de escorias reprocesadas.

El escándalo de los contenedores Castor, llenos de escorias radiactivas en Alemania (*Greenpeace Nachrichten*, agosto-octubre, 1998), mantenido en secreto por más de diez años y descubierto en mayo de 1998, hace latentes los peligros que se derivan de las radiaciones emitidas por esas escorias. Resultó que eran regularmente efectuadas transportaciones de combustible agotado desde los reactores nucleares alemanes hasta las estaciones de reprocesamiento de La Hague (Francia) y Sellafield (Gran Bretaña), con emisiones radiactivas decenas de miles de veces superiores a los índices permitidos por la ley.

Reprocesamiento del combustible apagado (las escorias)

El reprocesamiento de los elementos de los combustibles de reactores de potencia (Fig. 2.10), desventajoso desde el punto de vista comercial por su alto costo con relación a la cantidad de uranio no quemado y plutonio obtenido, pone a disposición el plutonio utilizable para los reactores rápidos y para la construcción de bombas atómicas.

En el caso de la estación de reprocesamiento WAA de Wackersdorf estaba prevista una entrada de aproximadamente 350 m³/año de esco-

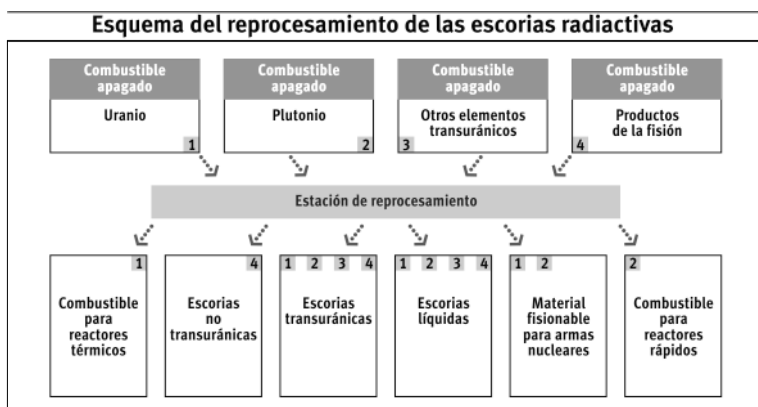


Fig. 2.10. Esquema del reprocesamiento del combustible utilizado. Nótese el aumento de las cantidades de escorias radiactivas.

rias y una salida superior a los 6 000 m³/año (el factor de multiplicación es de alrededor de 20), subdivididos según la tabla 2.2.

TABLA 2.2

Escorias radiactivas que estaban previstas para ser tratadas en la estación de reprocesamiento de Wackersdorf

MATERIAL ALTAMENTE RADIATIVO	65 m ³ /año
MATERIAL MEDIANAMENTE RADIATIVO	800 m ³ /año
MATERIAL LEVEMENTE RADIATIVO	2 500 m ³ /año
AGUA QUE CONTIENE TRITIO RADIATIVO	3 000 m ³ /año

(Fuente: WAA im Unterricht. Ed. Kartenhaus, Regensburg, 1985).

Destino provisional y definitivo de los desechos

El combustible apagado produce una notable cantidad de calor. Debe ser apagado durante cinco o seis meses con refrigeración líquida, o en zonas secas.

Se han considerado varias soluciones para depositar definitivamente los desechos después de su enfriamiento: depositarlos adecuadamente protegidos en el fondo de los océanos, en minas, hundirlos en los hielos polares o lanzarlos con dispositivos especiales lejos de nuestro planeta.

Cada una de estas propuestas implica graves riesgos. Pensemos, por ejemplo, en la última de las soluciones propuestas: bastaría la explosión de uno solo de esos dispositivos para provocar una fortísima contaminación radiactiva en el planeta.

La solución más factible parece ser la de los depósitos subterráneos, aunque es imposible hacer previsiones sobre la seguridad de un yacimiento por períodos de decenas o cientos de miles de años, sin tener en cuenta el hecho de que excavaciones o perforaciones efectuadas por las generaciones futuras podrían provocar infiltraciones de material radiactivo con la consecuente contaminación del planeta.

Entre 1978 y 1980, en los Estados Unidos, a pedido del entonces presidente Carter, tuvo lugar la Convención INFCE (International Nuclear Fuel Cycle Evaluation), con la participación de cuarenta países, para discutir las propuestas relativas al depósito de los desechos nucleares. Entre varias, una es digna de particular atención: una isleta desierta, con características geofísicas apropiadas sería utilizada por la comunidad internacional. Todos los países que poseen centrales nucleares depositarían allí las escorias. La isla se transformaría en un símbolo, para las generaciones futuras, de las decisiones irresponsables de nuestra época.

2.6.7. LAS CENTRALES NUCLEARES Y EL DERECHO A LA PAZ

El vínculo entre la energía nuclear utilizada con fines militares y fines pacíficos, la seguridad de los reactores nucleares y el almacenamiento de las escorias son tres problemas que la elección nuclear no puede eludir. Estos problemas conducen, por supuesto, a una fuerte centralización de las fuentes energéticas y, por tanto, del poder, con una consecuente y gradual reducción de la libertad de los ciudadanos y la militarización del Estado. Cada uno de nosotros debe, en último caso, preguntarse:

¿Es compatible con el derecho a la paz la utilización de tecnologías que no soportan un mal funcionamiento y que presuponen una sociedad perfecta?

Una ayuda para responder esta pregunta puede obtenerse del análisis de tres hechos emblemáticos ocurridos en estos últimos años.

Proliferación de armas atómicas o ausencia de fronteras entre energía nuclear para fines pacíficos y militares

Como afirmó a fines de los años ochenta el Instituto de la Universidad de Hamburgo, Institut für Friedensforschung und Sicherheitspolitik: Argentina, Brasil, Israel, África del Sur, India y Pakistán no firmaron el Tratado de No Proliferación Nuclear y están destinados a transformarse en potencias nucleares gracias a la importación de tecnologías nucleares pacíficas procedentes de Europa, Estados Unidos y Canadá. El experimento nuclear de la India y Pakistán, efectuado en 1998, confirma esta afirmación.

El 6 de julio de 1987, 36 parlamentarios ingleses escribieron a la Comisión Noruega para el premio Nobel, solicitando que el premio por la paz fuera entregado al israelí Mordechai Vanunu, actualmente preso en su país. ¿Cuál era el motivo?

El 5 de octubre de 1986 el señor Vanunu publicó en el *Sunday Times* una descripción detallada de la fábrica de bombas atómicas del Gobierno de Israel, ubicada cerca de Dimona, en el Sur del país. Vanunu mostró, además de eso, fotografías y diagramas que junto con su informe fueron considerados absolutamente auténticos por los especialistas internacionales que los examinaron.

La amenaza de proliferación nuclear en las zonas «calientes» del planeta es uno de los mayores peligros para la comunidad internacional. Un ciudadano necesita de un coraje excepcional para enfrentar a su propio gobierno en un asunto tan delicado. El señor Vanunu pagó el precio. Por haber revelado sus conocimientos fue raptado en Roma y

llevado secretamente a Israel, donde es mantenido en prisión... (Texto publicado en *The Guardian*, de Londres, en julio de 1987).

Theodor Taylor, el proyectista norteamericano de bombas atómicas, y el profesor Frank Barnaby, especialista británico, se quedaron anonadados por las fotografías y documentos mostrados en el *Sunday Times* y afirmaron que pudieran tratarse no solamente de fotografías de una simple bomba atómica, sino también de una bomba termonuclear. Taylor añadió que por las informaciones de Vanunu se puede suponer que Israel está en condiciones de producir de diez a quince armas nucleares por año.

La responsabilidad de que esto suceda es de aquellos que suministran «tecnología nuclear pacífica». Noruega, por ejemplo, suministró en 1959 agua pesada a Israel, como fue publicado en el *Christian Science Monitor*, el 2 de diciembre de 1987 (Wayne, A. E. *Israel Accused Anew of Nuclear Violations*, p. 32). Francia y los Estados Unidos también han enviado agua pesada a Israel.

La Agencia Internacional para la Energía Atómica (IAEA), con sede en Viena, se mostró incompetente en el cumplimiento de su función de control.

Otro hecho hace palpable el peligro de la energía nuclear, tanto civil como militar, y el vínculo estrecho entre las dos. La revista *Avvenimenti*, del 16 de agosto de 1998, refiere que Turquía compró dos reactores nucleares del tipo Candu de la Atomic Energy Canada Ltd., con la intención de instalarlos en las zonas de Akkuyu, donde fueron registrados cincuenta terremotos en un siglo. Como es conocido, los reactores Candu producen plutonio dos o tres veces más que los reactores convencionales de igual potencia, y permiten su extracción directa durante el funcionamiento del reactor.

De reactores de este mismo tipo los Estados Unidos extraen el plutonio para su arsenal nuclear militar. Recientemente la India y Pakistán hicieron lo mismo para la fabricación de sus bombas atómicas. ¡Imaginémonos entonces las preocupaciones de los países limítrofes del Medio Oriente y del área del Mediterráneo!

Un grave accidente en un reactor nuclear hecho público solamente treinta años después

El 1.º de enero de 1988 en Londres fueron publicados documentos, o para ser más exactos, parte de ellos, relativos a un accidente nuclear acontecido treinta años atrás, exactamente el 10 de octubre de 1957, en Windscale, Inglaterra. El entonces primer ministro inglés, Harold MacMillan, impidió la difusión de la noticia del incendio del reactor y las autoridades británicas se opusieron a la evacuación

del área, por miedo a que la opinión pública dejase de confiar en la energía nuclear y que los Estados Unidos impidiesen un nuevo acuerdo entre los dos países. La revista *Mediatius* (No. 1, 1988) anunció que en la salida de una chimenea fueron medidos 520 curies (Ci), contra el valor normal que debe fluctuar entre 10 y 20 Ci.

En ese momento se trató de solucionar aquella situación lo más rápido posible. Los elementos combustibles alcanzaron temperaturas de 1300 °C, algunas horas después salieron al exterior a través de la chimenea nubes radiactivas de 130 m de altura. La agencia oficial del Estado, Radiological Protection, admitió en 1983, o sea, 26 años después del accidente, que el número de casos de cáncer de la tiroides atribuidos al accidente fue probablemente de 290. La organización Greenpeace afirma que el porcentaje de los casos de leucemias entre los niños de la zona y sus alrededores es diez veces superior a la media nacional.

El escándalo del transporte de los desechos radiactivos

En enero de 1988 fue creada por el Bundestag alemán una comisión parlamentaria de investigaciones para averiguar el escándalo de los desechos radiactivos transportados ilegalmente entre Bélgica y la República Federal de Alemania, por la Transnuklear, una sociedad ligada a la central atómica Nuken de Hanau, en Essen.

La tarea de la Transnuklear consistía en transportar hacia el centro nuclear de Mol, en Bélgica, desechos con baja radiactividad. En realidad su actividad no paró ahí. Mediante el pago de grandes sumas transportaban hacia Alemania desechos que contenían plutonio, con alto grado de peligro, y los descargaban cerca de centrales nucleares alemanas. Un ingeniero nuclear y un ex procurador de la Transnuklear, cuyos nombres aparecieron en las listas de los implicados, se suicidaron. Esto es sólo la punta del iceberg, que esconde, por lo que se puede deducir de las primeras informaciones que se filtran, la conexión de firmas alemanas con el tráfico de material radiactivo hacia países en vías de desarrollo, material necesario para la fabricación de armas atómicas.

Este fue un gran escándalo de la industria nuclear alemana, que la llevó a un descrédito total, sacudiendo la opinión pública alemana más que el accidente de Chernóbil. Como puede apreciarse, la solución para el problema de los depósitos de material radiactivo parece más lejana que nunca.

Otro grave escándalo se debió a los sucesos de los contenedores Castor (ver epígrafe 2.6.6).

2.6.8. EL MUNDO ANTE EL PROBLEMA NUCLEAR

La opinión pública y la energía nuclear

El período de confianza ciega en las centrales nucleares ya se ha terminado. Entre el fin de la década de los sesenta y el inicio de los años setenta, en los países industrializados la opinión pública de la mayoría era favorable a la energía nuclear. De entonces a nuestros días la oposición a la construcción de nuevas instalaciones crece sensiblemente. El descubrimiento de accidentes y escándalos mantenidos en secreto y, por consiguiente, una creciente crítica de la población, están en la base del cambio de mentalidad, que se está operando de forma gradual. No obstante los fuertes intereses del *lobby* nuclear, algunas cosas se están moviendo. En los Estados Unidos la oposición a la energía nuclear ya había crecido de 19 % en 1975 hasta 78 % en 1986, como se muestra en la figura 2.11.

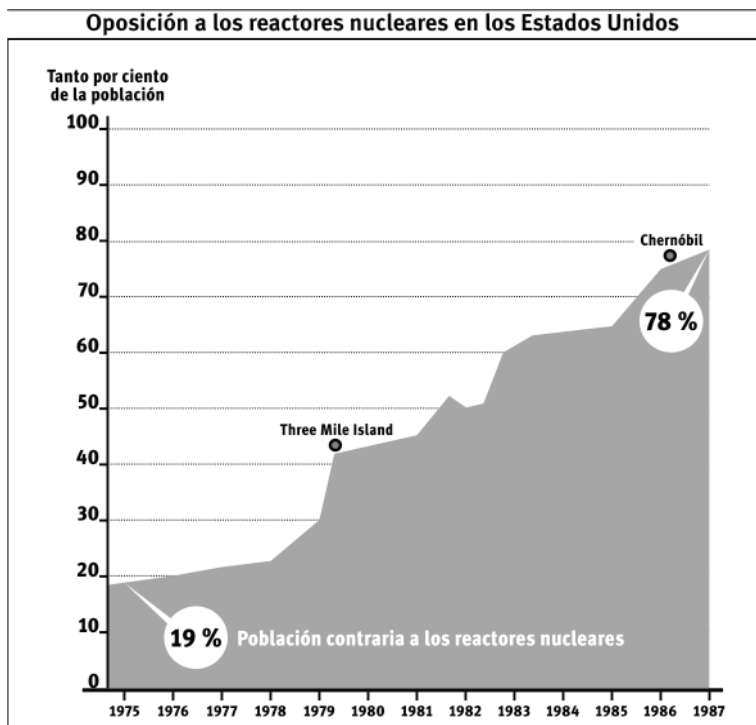


Fig. 2.11. Crecimiento porcentual de la población contraria a los reactores nucleares en los Estados Unidos. (Fuente: *Bulletin of the Atomic Scientist*, vol. 43, No. 6, USA).

En Europa también se manifiesta un creciente escepticismo con relación a la energía nuclear. El resultado del referéndum de noviembre de 1987, en Italia, confirma este fenómeno.

En Dinamarca, Suecia y Noruega la oposición a la energía nuclear por parte de la población es también fuerte. En Alemania, en los años noventa tuvieron lugar numerosas manifestaciones de protesta contra la transportación de escorias radiactivas extraídas de los reactores nucleares. La oposición de la población a la instalación de una estación de reprocesamiento de combustible nuclear en Wackersdorf dio sus frutos: en el edificio se encuentra ahora una fábrica de componentes electrónicos para automóviles.

La industria y la energía nuclear

En este tema es significativa la situación de los Estados Unidos, país líder a nivel mundial en el desarrollo tecnológico. Allí los costos de las centrales nucleares habían crecido vertiginosamente, como se puede observar en la figura 2.12. Es por esto que el sector industrial privado tiene mucho interés en desarrollar las fuentes renovables de energía, como son la solar directa e indirecta. También han manifestado interés en las tecnologías de recuperación y ahorro de energía.

Esta misma tendencia se observa en Europa y en Japón, aunque de forma aún moderada. Es necesario tener en cuenta que hasta el

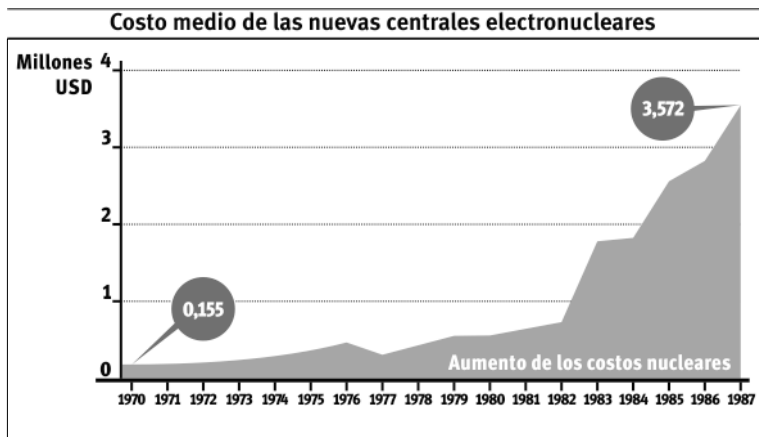


Fig. 2.12. Aumento de los costos por watt de potencia en las centrales nucleares de los Estados Unidos. (Fuente: *Bulletin of the Atomic Scientist*, vol. 43, no. 6, USA).

presente nunca se han tomado en consideración los gastos de desmantelamiento de una central nuclear (*decommissioning*), que ocurren después de veinte a treinta años de funcionamiento. En Italia, por ejemplo, la previsión de los gastos de la central de Montalto estaba falseada porque no incluía el *decommissioning*.

Después del referéndum sobre las centrales nucleares efectuado en ese mismo país, se decidió convertir las instalaciones en construcción en una central eléctrica alimentada por combustible fósil diversificado.

Lester Brown, director del World Watch Institute de Washington, reconocido como uno de los más importantes institutos de investigación de los Estados Unidos, afirma que a pesar del gran esfuerzo desplegado para el desarrollo de las tecnologías nucleares se ha constatado su fracaso. Además de esto, señala que el problema del *decommissioning*, tanto desde el punto de vista de la seguridad como del económico, serán fuente de amargas sorpresas para los países –y son la mayoría– que no lo tuvieron en cuenta.

A la luz del accidente de Three Mile Island en los Estados Unidos, se llegó a estimaciones de los gastos de desmantelamiento, aproximadamente de medio millón a dos millones de dólares por cada megawatt instalado. Eso significa que el *decommissioning* de una central de 1 000 MW tendrá un costo que varía entre los quinientos y los dos mil millones de dólares.

En una entrevista a representantes del Oko-Institut de Freiburg, el doctor Wolfe, vicepresidente de la General Electric, afirmó que la sociedad está saliendo de la energía nuclear porque ya no existe mercado para ella. En otra entrevista, el director de TVA (Tennessee Valley Authority) se expresó en estos términos:

Las mejores previsiones para nuevas instalaciones nucleares son de 3 000 USD/kW. La economía de la misma cantidad de kilowatt a través de nuestro programa de desarrollo de tecnologías de aislamiento de las habitaciones, nos cuesta 300 USD/kW. Por tanto, el ahorro de energía es para nuestra sociedad la fuente más importante.

Por lo general se observa una evolución –aunque lenta– en los sectores más avanzados de la industria, de una mentalidad rígida de industrialización, a la vieja usanza, hacia una que tiende a promover la descentralización a través de «proyectos inteligentes» de pequeñas unidades modulares.

Es importante, además, recordar que las firmas suministradoras de electricidad son cada vez más escépticas sobre el uso de la energía nuclear por sus elevados costos. Como muestra un estudio del Oko-Institut de Freiburg (Alemania), elaborado en 1998, los costos son aproximadamente dos veces mayores que los producidos por turbinas a partir del gas metano. Según datos de este mismo instituto, se están construyendo nuevos reactores solamente en los países que tienen interés de producir no sólo electricidad, sino también material para bombas atómicas.

2.6.9. LA POSICIÓN DE LOS POLÍTICOS

Las primeras señales de una cierta sensibilidad para este asunto se pueden ver también entre los políticos, sensibilidad que debe ser puesta en correlación con la reciente toma de conciencia de la opinión pública y con la evolución de vastos sectores de la industria:

El pacto faustiano de la energía nuclear se perdió. Es hora de abandonar el camino de la utilización de la energía nuclear y desarrollar nuevas alternativas y fuentes limpias de energía. Durante el período transitorio se deben empeñar todos los esfuerzos para garantizar la máxima seguridad. Este es el precio que debemos pagar para que la vida pueda continuar sobre nuestro planeta.

Estas palabras, extraídas del *Bulletin of the Atomic Scientists* (volumen 43, número. 6, julio/agosto, 1987), fueron proferidas cinco meses después de Chernóbil, no por un activista antinuclear, sino por Peter Jankowitsch, en ese entonces ministro del exterior de Austria. Sus palabras estaban dirigidas a los dirigentes de la Agencia Internacional para la Energía Atómica (IAEA).

En otros países europeos el panorama político se está moviendo en este mismo sentido. No solamente los partidos ecológicos, sino también grandes partidos tradicionales han tomado posiciones y asumido compromisos específicos con relación a los problemas nucleares. Así, por ejemplo, el ex presidente del Partido Social-Demócrata Alemán (SPD), en el Congreso de Nuremberg (1986), decidió terminar con la energía nuclear dentro de un tiempo razonable (aproximadamente de veinte a treinta años).

Después del escándalo de la transportación ilegal de los desechos nucleares entre Bélgica y Alemania, el ex presidente del SPD,

Vogel, en una carta dirigida a su membresía, publicada en el SM (*Sozialdemokrat Magazin*, febrero, 1988), afirma:

Los datos de dominio público con respecto a las dimensiones del escándalo de la industria nuclear alemana superan ya las peores previsiones... De este hecho son responsables todas las fuerzas políticas que permitieron y promovieron la utilización del átomo para la producción de energía. *Nosotros nos reconocemos corresponsables.* (...) a través de una larga y difícil discusión y después de un largo proceso de aprendizaje, llegamos a reconocer este camino como sin salida y tomamos partido definitivo con las decisiones adoptadas en el Congreso de Nuremberg...

En 1998, poco antes de las elecciones nacionales, dos partidos alemanes, el SPD y el Verde, se mostraron decididos a encauzar una salida gradual de la energía nuclear (actualmente funcionan 19 reactores) en el caso de obtener la victoria electoral. El 27 de septiembre de ese año obtuvieron el éxito en las votaciones. Existían fuertes motivos para confiar en que las promesas electorales se mantuvieran, aunque durante las semanas posteriores la industria nuclear solicitó grandes resarcimientos financieros. En el 2005 el Gobierno presidido por el Cancellier Schroder trabaja en la salida gradual de las centrales nucleares, pero la posibilidad de un cambio gubernamental más hacia la derecha pone en peligro la continuidad de esta decisión.

Posiciones críticas contra la energía nuclear y a favor de las fuentes renovables han sido tomadas por fuerzas políticas en Dinamarca, Suecia, Noruega, Holanda y, aunque con menor fuerza, en otros países, a pesar de que en Suecia, en el 2005, no piensan salir del todo de la energía nuclear, como estaba previsto. Resulta interesante la posición actual de España: a finales de 2004 (como reporta la revista *Integral*, abril, 2005), el Gobierno tomó la decisión de que no serán más los usuarios, sino las compañías eléctricas las que financiarán la gestión de los desechos radiactivos de las centrales nucleares. Esto puede ser un paso importante hacia el abandono de la energía nuclear y a favor de las fuentes renovables.

Situación actual y previsiones para el futuro

El Club de los No-nucleares (The Non-Nuclear Club, como lo definió el *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 43, no.6) está aumentando sus filas. Un cuadro de la situación de los países conside-

rados, por alguna razón, dentro del Club de los No-nucleares hasta 1987, puede apreciarse en la tabla 2.3.

TABLA 2.3
Países que están fuera o buscan salir
de la utilización de centrales nucleares

PAÍS	INICIATIVA	FECHA DE DECISIÓN
AUSTRALIA	Política antinuclear del Gobierno laborista.	1983
AUSTRIA	Decisión gubernamental después del referéndum de desmantelar la única central nuclear, situada en Zwentendorf.	1986
DINAMARCA	Renuncia a las centrales nucleares por decisión parlamentaria.	1985
FILIPINAS	Decisión del gobierno de Corazón Aquino, tomada poco después de Chernóbil, de desmantelar la recién concluida central nuclear de Bataan.	1986
GRECIA	Decisión de Gobierno socialista de abandonar el proyecto de la primera central nuclear.	1986
IRLANDA	Consenso antinuclear sin un preciso compromiso político.	1979-1980
ITALIA	Victoria antinuclear en el referéndum del 8 de noviembre.	1987
LUXEMBURGO	El gobierno, contrario a la energía nuclear, bloquea la construcción de centrales de este tipo.	1981-1982
NUEVA ZELANDA	Decisión del Gobierno laborista de no desarrollar la energía nuclear.	1984
SUECIA	Decisión adoptada por un referéndum de desmantelar las centrales nucleares antes del 2010.	1980

Por lo general, a finales del siglo pasado se apreció una disminución de los programas nucleares, la cual se evidencia en la viñeta publicada en el *Bulletin of the Atomic Scientist* (Fig. 2.13).

Desgraciadamente, el Gobierno actual de los Estados Unidos está buscando fortalecer en su país el desarrollo de las fuentes no renovables de energía, en particular de la energía nuclear. Según el plan de

Bush, hace falta más desarrollo nuclear y menor atención a la ecología, como subrayó, por ejemplo el periódico italiano *Corriere della Sera* en su edición del 18 de mayo de 2001. También, infortunadamente, el actual Gobierno italiano (2005), dirigido por el Primer Ministro Berlusconi, está considerando un regreso de Italia a la producción de energía nuclear. Sólo una amplia y correcta difusión de las informaciones y, consecuentemente, una constante presión de la población sobre los políticos, alertándolos acerca de sus responsabilidades, podrá liberar a nuestro planeta de la pesadilla nuclear.

También resulta interesante analizar la lógica de la actual administración estadounidense al crear el Climate Change Technology Program (Programa Tecnológico para el Cambio Climático), según el cual las tecnologías más avanzadas (sombrillas siderales, naves espaciales con paraguas reflectantes, filtros gigantes en el aire para recoger el CO_2 , etc.) van a solucionar en decenas de años todos los problemas sin necesidad de bajar los niveles de contaminación. Sería como afirmar que para cuidar la salud de un hombre es oportuno llenarlo de venenos y después de antivenenos para solucionar o bajar su nivel de enfermedad.

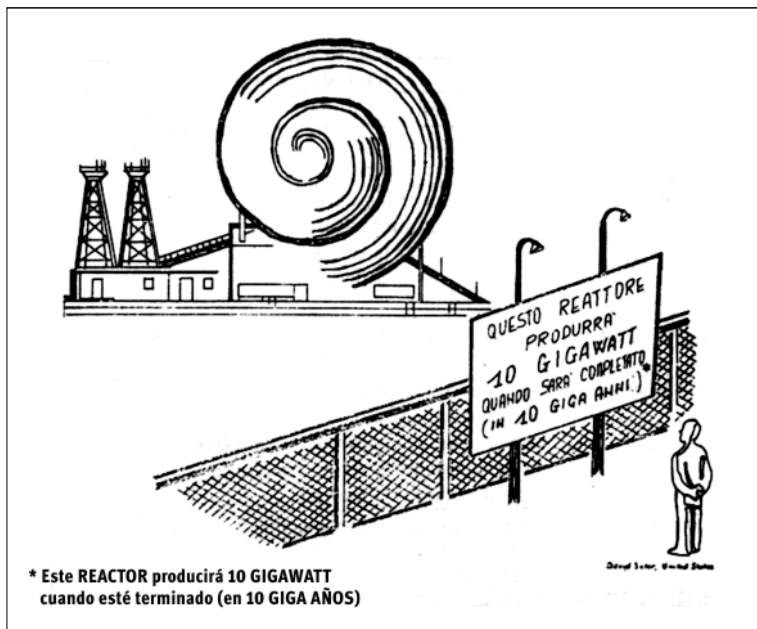


Fig. 2.13. Desaceleración de los programas nucleares (Fuente: Viñeta reproducida por el *Bulletin of the Atomic Scientist*, vol. 43, No. 6, USA).

2.7. FUSIÓN NUCLEAR: ¿UNA ESPERANZA PARA EL FUTURO?

Al contrario de la fisión nuclear, la fusión deriva de la colisión de núcleos de isótopos de elementos que llevan a la formación de nuevos núcleos y de productos de fisión junto con la liberación de grandes cantidades de energía. La colisión es tanto más difícil cuanto más protones (partículas cargadas positivamente) poseen los núcleos originales, dada la elevada fuerza de repulsión que se genera.

Como consecuencia, sólo núcleos ligeros, con número atómico bajo, es decir, con pocos protones, pueden servir como combustible para la fusión. Entre ellos el más interesante es el hidrógeno, cuyo núcleo contiene solamente un protón, y particularmente sus isótopos, el deuterio (núcleo de un protón y un neutrón) y el tritio (núcleo de un protón y dos neutrones) se funden más rápidamente que el hidrógeno sin neutrones. Otros elementos adecuados para la fusión son también los isótopos del helio y del litio.

El esquema de la fusión del deuterio-tritio puede observarse en la figura 2.14.

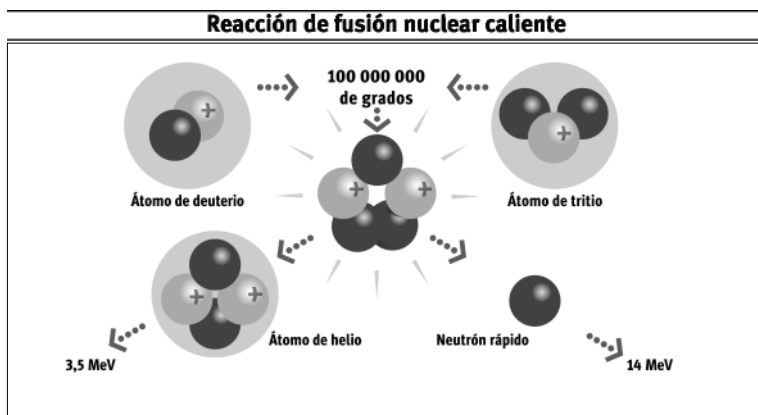


Fig. 2.14. Esquema de la fusión nuclear deuterio-tritio.

2.7.1. FUSIÓN CALIENTE

En la fusión caliente –sistema clásico en fase de estudio hace ya muchos años– los núcleos deben recibir una fuerte carga de energía del orden de los miles de electrónvolt. Es preciso superar una barrera de energía bien determinada para que acontezca la fusión. Por eso es necesario alcanzar temperaturas de decenas de millones de grados celsius. Sin embargo, una vez superada esta barrera, se obtienen cantidades de energía del orden de los millones de electrónvolt, una ganancia energética, por tanto, muy grande.

Gracias a las altas temperaturas antes mencionadas, los electrones se liberan de la atracción de los núcleos y se forma el «plasma», conjunto de iones (átomos con menor número de electrones) y electrones libres.

Existen dos problemas prácticos que es necesario resolver: alcanzar temperaturas tan elevadas, y contener el «plasma» por un tiempo suficiente para lograr un balance energético positivo de la reacción de fusión, de modo que la energía producida supere la suministrada para posibilitar la reacción.

Según el tipo de confinamiento existen dos tipos de reactores de fusión: el de confinamiento magnético, que utiliza poderosos campos magnéticos toroidales que rodean el «plasma» formado por partículas cargadas y que lo mantienen lejos de las paredes del recipiente; y el de confinamiento inercial, en el cual una pequeña esfera de material fusible (por ejemplo, deuterio y tritio) es golpeada por potentes haces de láser. La inercia de la esfera se opone a la expansión rápida del «plasma» en el calentamiento y así se obtiene la fusión. Este fenómeno debe ser repetido con una frecuencia regular. La energía térmica producida por la fusión se utiliza, por tanto, como si fuera una central convencional o nuclear para obtener energía eléctrica.

Como es conocido, la fusión caliente está todavía bien lejos de ser realizable prácticamente, y tampoco se prevé la posibilidad de aplicaciones industriales, que pudieran ser dentro de treinta o cuarenta años, o que quizás nunca ocurran.

Por ejemplo, el reactor experimental de la Comunidad Europea de confinamiento magnético Jet, instalado en Culham (Gran Bretaña) a inicios de los años noventa, suministró por pocos segundos 2 MW, exigiendo a su vez 14 MW para poder efectuar la reacción. Posteriormente, una parte de ésta quedó afectada por un accidente.

Tampoco del International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), en fase de proyecto, financiado por los Estados Unidos, la Comunidad Europea, Japón y Rusia llegan buenas noticias, como subraya *The Bulletin of the Atomic Scientists* de septiembre-octubre de 1997. Según algunos estudios efectuados, resulta que se podrían producir turbulencias en la periferia del «plasma» con pérdidas de calor tan grandes que sería imposible el encendido del reactor.

Además, existen grandes problemas vinculados a la fusión, como son:

- **Fuerte contaminación térmica.** Debido a las altísimas temperaturas en juego, y a las grandes dimensiones de las instalaciones (se

considera que sería preciso construir centrales con una potencia por lo menos diez veces superior a las actuales megacentrales), habría grandes concentraciones de calor localizado y, consecuentemente, elevados impactos ambientales. Por otra parte, las grandes dimensiones de las centrales provocarían los conocidos problemas relativos a las grandes centralizaciones.

- *Contaminación nuclear.* Aunque inferior a la contaminación de una central de fisión nuclear, existiría siempre una notable producción local de productos de fisión radiactivos, como el tritio. Sería posible obtener alguna mejoría provocando una reacción de fusión deuterio-deuterio, según propuesta del físico Bruno Coppi con el proyecto Ignitor, llamado también reactor limpio. En este caso tampoco se eliminarían los productos de la fisión. De todas maneras las estructuras de las instalaciones golpeadas por los neutrones veloces, generados durante la fusión, quedarían fuertemente contaminadas y deberían ser sustituidas con frecuencia, dadas las exigencias a las cuales son sometidos. Permanece, por tanto, el problema de las escorias radiactivas.
- *Vínculo nuclear civil-militar.* La gran producción de neutrones rápidos induce a utilizar su energía, protegiendo el núcleo del reactor con uranio 238 no fisionable. Este, golpeado precisamente por los neutrones, se transformaría en plutonio 239 utilizable, como se sabe, para la realización de los reactores rápidos y para la fabricación de las bombas atómicas. El tritio, además de eso, se utiliza directamente en la fabricación de las bombas termonucleares.

Durante los trabajos del seminario internacional sobre la fusión, que tuvo lugar en Varenna en septiembre de 1988 y que fuera organizado por la Escuela Internacional de Física que estudia el «plasma», un grupo de científicos estadounidenses del Livermore Laboratory, uno de los más importantes centros militares de los Estados Unidos, subrayó la importancia de los proyectos de fusión nuclear para el campo militar.

2.7.2. FUSIÓN FRÍA

«Energía, finalmente mucha energía. En cantidad ilimitada...»; «Energía para todos, limpia y gratis»; «Gran fiesta por el triunfo de la fusión». Estos fueron algunos de los titulares principales que por semanas enteras aparecieron en la prensa italiana a partir de marzo de 1989, cuando fue anunciado por los científicos Martin Fleisch-

mann y Stanley Pons la «fusión fría». Igualmente entusiastas resultaron las declaraciones de otros muchos científicos y políticos. Euforia por el nuevo descubrimiento y convicción de que los problemas energéticos de la humanidad pudieran ser resueltos exclusivamente por la ciencia.

¿De qué se trata realmente? De una fusión simplificada. En efecto, con la fusión fría sería evitada la necesidad de superar las barreras de energía antes mencionadas y, consecuentemente, alcanzar temperaturas altísimas del orden de las decenas de millones de grados centígrados. El catalizador o elemento que debería acelerar la reacción de fusión sería el paladio. Los núcleos de deuterio serían forzados, por una corriente generada por una diferencia potencial de varios voltios, a penetrar en el paladio que funciona como cátodo de la pila nuclear y, de esta forma, serían capturados por el retículo cristalino de este elemento. En esa condición los núcleos de deuterio podrían acercarse uno a otro debido al efecto túnel, es decir, pasando a través de la barrera energética sin necesidad de sobrepasarla.

La prueba de que se trata realmente de fusión nuclear debería basarse en una fuerte emisión de energía y sobre la generación de los productos característicos de la fusión, entre los cuales se encuentra el helio, el tritio, los neutrones y los rayos gamma.

Los datos disponibles, diez años después del llamativo anuncio, no permiten dar una respuesta afirmativa porque las energías producidas y los neutrones medidos en experimentos realizados con instrumentos sofisticados en el Massachusetts Institute of Technology de Boston, en el Instituto Caltech en California y en el Laboratorio Brookhaven, ofrecen valores demasiado bajos, los cuales se explican con reacciones físico-químicas normales.

Fue por ello que la revista *Nature* no aceptó publicar el artículo de los científicos Fleischman y Pons, dado que las pruebas presentadas no fueron consideradas confiables. De todas maneras, aún admitiendo que se trata de una verdadera fusión nuclear, su aplicación práctica sería posible, según los especialistas, solamente dentro de decenas de años.

Si pensamos en la dramática situación creada por la elección errada en la producción y utilización de la energía por el Norte del mundo (opción energética dura), no nos podemos cruzar de brazos y esperar la fusión fría, sino comenzar inmediatamente a hacer modificaciones sustanciales en la política energética.

Además de eso, con la fusión fría se reduce pero no se elimina el problema de la emisión de radiactividad y, lo que es peor, se mantiene el vínculo muy estrecho entre la energía nuclear civil y la militar. El

mismo profesor Coppi, proyectista del Ignitor, uno de los científicos con más conocimiento de este tema, entrevistado sobre la fusión fría, comentó el descubrimiento diciendo que la aplicación práctica más real es la producción abundante de tritio a bajo costo para la construcción de bombas termonucleares.

Independientemente de la validez del descubrimiento o no, llama a reflexión la importancia dada por la prensa italiana al acontecimiento como si la vía alternativa correspondiese a una propuesta exótica, como la fusión fría. El triste mensaje lanzado parece decir: «Ustedes, ciudadanos, no deben pensar en los problemas energéticos, aceptad la solución presentada por los científicos». Como sería ampliamente discutido después, en realidad no hay ningún científico, por más brillante que sea, que pueda restablecer mágicamente la armonía entre el hombre y sus semejantes, y entre el hombre y el medio ambiente, una vez que ella haya sido gravemente dañada. El nuevo camino, el camino del Sol, frecuentemente olvidado por los medios de comunicación, va mucho más allá de una simple fuente energética.

2.8. COMBUSTIBLES FÓSILES

El programa nuclear cumple únicamente la función de producir energía eléctrica a través de las 400 megacentrales existentes en el mundo. Generan, en efecto, con el calor liberado en la fisión, vapor a alta temperatura que acciona, a través de turbinas comunes, los alternadores para la producción de electricidad.

Los combustibles fósiles, al contrario, además de ser utilizados en las termoeléctricas para la producción de electricidad de forma análoga al combustible nuclear, se utilizan en todas las demás necesidades energéticas industriales de la humanidad.

El consumo medio de fuentes primarias, para la producción de energía eléctrica en un país industrializado, corresponde a 30 % del consumo total y, si se considera la energía disponible para el consumidor, la cuota de energía llega a 15 % del total, aproximadamente.

El resto de la demanda energética cubierta por los combustibles fósiles corresponde principalmente a los procesos térmicos industriales, a la calefacción y a los transportes automotores, ferroviarios, marítimos y aéreos. La combustión de los fósiles es una de las causas principales de la contaminación y de las alteraciones climáticas. De los distintos tipos de combustibles fósiles, los efectos más nocivos son producidos por el carbón, seguido por el petróleo.

El factor de contaminación del gas, con respecto a las emisiones de anhídrido carbónico (CO_2), es decididamente inferior al de los otros dos. Desgraciadamente se utilizan mucho más el carbón y el petróleo que el gas, como muestran, a modo de ejemplos, la figura 2.15 (relativa al consumo mundial en 1987) y la figura 2.16 (consumo italiano en 1984). Estos gráficos no cambiaron sensiblemente al analizar los consumos de 1997.

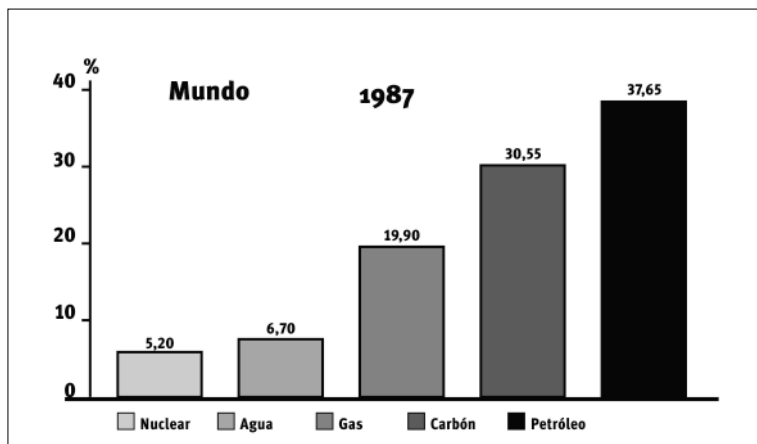


Fig. 2.15. Consumo mundial de las fuentes primarias de energía de tipo comercial. (Fuente: *Schutz der Erdatmosphäre*. Bonn: Parlamento de Alemania Federal, 1988).

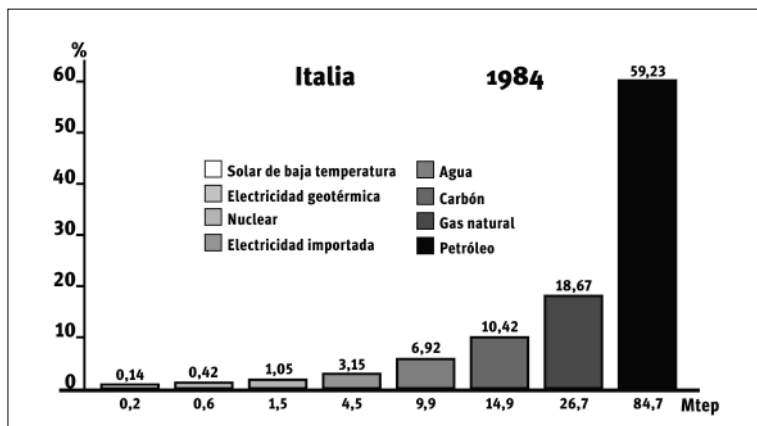


Fig. 2.16. Consumo total de las fuentes primarias de energía en Italia, en 1984. (Fuente: Espinosa, P. y E. Tiezzi. *I limiti dell'energia*. Garzanti, p. 325).

2.8.1. LLUVIAS ÁCIDAS

La combustión del petróleo y del carbón es responsable de más de 90 % de los óxidos de azufre y nitrógeno emitidos a la atmósfera que después se transforman en ácidos. Este dato concreto ya fue denunciado en 1986 por el National Research Council y por la National Academy of Sciences de los Estados Unidos.

Una gran central termoelectrónica de carbón puede emitir de 300 000 a 400 000 t de dióxido de azufre (SO_2) en un año. Los Estados Unidos, Canadá y Europa producen anualmente más de cien millones de toneladas de SO_2 . Por su parte, Italia produce aproximadamente dos millones y Alemania tres millones y medio de toneladas.

También la incidencia del tráfico automotor es notable. Los ácidos nítrico y sulfúrico destruyen bosques, terrenos y agua a un ritmo cada vez mayor. En un plazo de cien años aumentó diez veces el factor de acidez de las lluvias. Según estimados del Ministerio de la Agricultura de la República Federal Alemana, en 1982 alrededor de 8 % de los bosques estaban afectados. En 1987 el número de los afectados creció hasta 50 %. La situación a final del siglo xx e inicio del siglo xxi se ha ido empeorando.

En análoga situación se encuentran Suiza, Holanda, República Checa, Eslovaquia y Polonia. El patrimonio verde de la selva virgen amazónica en Brasil también está sufriendo graves daños. El terreno afectado por las lluvias ácidas se empobrece cada vez más y la vegetación no es la única en sufrir efectos devastadores. Los ecosistemas de los ríos y los lagos también son afectados profundamente. En Escandinavia, a donde llegan de Europa continental y de Inglaterra grandes cantidades de compuestos de azufre llevados por los vientos, millares de lagos están sin vida y en otros los peces ya desaparecieron por completo.

2.8.2. EFECTO INVERNADERO

La temperatura de la superficie terrestre, próxima al suelo, aumenta a un ritmo continuo. En los últimos cien años hubo un alza de la temperatura media de la tierra de $0,6^\circ\text{C}$, y la curva tiende a subir cada vez más. Si comparamos este calentamiento con el aumento global de la temperatura en aproximadamente 5°C , ocurrido en el transcurso de veinte a treinta mil años transcurridos desde la última glaciación hasta hoy, podemos tener una idea de lo acelerado y dramático de este fenómeno.

Si no se toman oportunas y muy enérgicas contramedidas, es posible prever un aumento medio de la temperatura para los próximos treinta a cuarenta años, de 1,5 a 4,5 °C.

¿Cuáles son las causas?

El Sol emite radiaciones con diferentes longitudes de onda: ultravioleta, visibles e infrarrojas. Si no existieran obstáculos a lo largo de su camino, estas radiaciones llegarían a los estratos más bajos de la atmósfera terrestre, o incluso a la superficie terrestre, y después serían reflejados casi íntegramente hacia el espacio. La superficie de nuestro planeta se encontraría a una temperatura de cerca de -30 °C.

Residuos de gases existentes en la atmósfera, como el anhídrido carbónico (CO_2), el metano (CH_4), el vapor de agua de las nubes, etc., modifican radicalmente la situación descrita.

Los rayos provenientes del Sol que llegan a la superficie terrestre, después de ser transformados casi íntegramente en rayos infrarrojos, son reflejados hacia el espacio. Los residuos de los gases antes mencionados los capturan y los envían de nuevo hacia la Tierra.

Estos gases funcionan prácticamente como un filtro que deja pasar los rayos ultravioleta y los visibles de corta longitud de onda, a la vez que bloquean los infrarrojos de longitud de onda larga, como se indica de manera esquemática en la figura 2.17.

Esquema del efecto invernadero

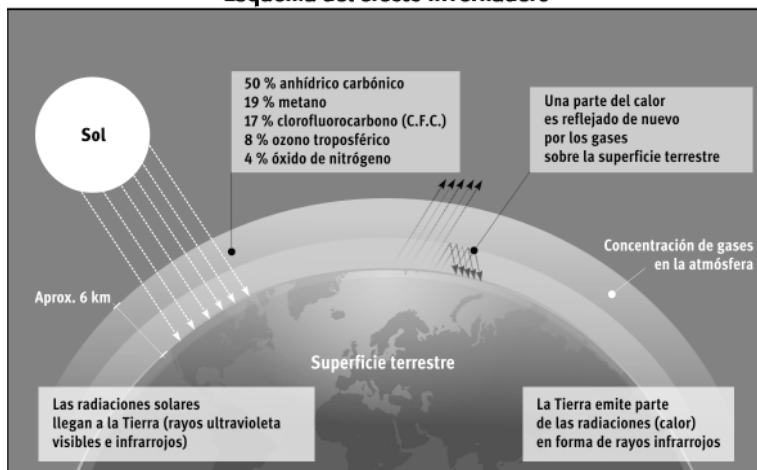


Fig. 2.17. Representación esquemática del efecto invernadero.

La absorción natural de los rayos infrarrojos por los residuos de gases genera un calentamiento llamado efecto invernadero natural. La temperatura media de la superficie terrestre es llevada a +15 °C, haciendo posible la vida en nuestro planeta. Estos residuos de los gases determinan el clima terrestre y poseen la función de aislar en cierta medida la superficie de la Tierra, así como los estratos más bajos de la atmósfera de los estratos atmosféricos superiores a 6 km de altura. Esta es la situación natural, sin la intervención humana.

La introducción en la atmósfera de grandes cantidades de gases producidos por la industrialización moderna ocasiona un dramático aumento del efecto invernadero, con la consecuente elevación de la temperatura media.

La principal fuente (50 %) del efecto invernadero artificial es la liberación de CO_2 por la combustión de los fósiles y la disminución de los bosques, fundamentales por su función de absorción del anhídrido carbónico. Otras causas importantes son el metano (CH_4) con 19 %, debido, entre otros factores, a la ganadería intensiva sin el tratamiento de los residuales para aprovechar el metano; el clorofluorocarbono (17 %), responsable de la destrucción de la capa de ozono (O_3) estratosférico (localizado entre 10 y 40 km de altura); el óxido de nitrógeno (N_2O) con 4 %, el cual se debe en buena parte a la fertilización artificial y a la combustión de los fósiles; y al ozono troposférico próximo a la superficie terrestre (8 %). Finalmente, 2 % es imputable al vapor de agua estratosférico.

Algunos de estos gases tienen una vida media bastante larga. El CO_2 , por ejemplo, permanece cien años en la atmósfera sin disiparse. Los efectos se prolongan consecuentemente en el tiempo y hacen la situación aún más grave.

Los porcentajes de gases en la atmósfera con acción relevante sobre el efecto invernadero son muy diferentes entre sí. Por ejemplo, el CO_2 alcanzó una concentración de casi 350 partes por millón (PPM), el CH_4 solamente 1,65 ppm. No obstante, la participación del metano es muy fuerte debido al hecho de que una sola molécula produce el mismo efecto que muchas moléculas de CO_2 .

Los incrementos anuales de estos gases (0,4 % del CO_2 , 1 % del CH_4 , etc.) dan una idea del empeoramiento continuo de la situación.

Un cuadro global con los datos de los elementos principales se encuentra en la tabla 2.4.

La confirmación de la influencia del CO sobre el efecto invernadero se presenta por la correlación que se puede constatar entre el au-

mento de la concentración de CO₂ en la atmósfera y el aumento de la temperatura terrestre (Figs. 2.18 y 2.19).

TABLA 2.4
Elementos causantes
del efecto invernadero

	ANHÍDRIDO CARBÓNICO (CO ₂)	METANO (CH ₄)	ÓXIDO DE NITRÓGENO (N ₂ O)	OZONO TROPOSFÉRICO (O ₃)	CLOROFLUORO- CARBONO (C.F.C.)
CANTIDAD (ppm)	346	1,65	0,31	0,02	0,0005
VIDA MEDIA (AÑOS)	100	10	150	0,1	65-110
AUMENTO POR AÑO (%)	0,4	1,0	0,2	0,5	5
FACTOR DE MULTIPLICACIÓN	1	32	150	2 000	15 000
CONTRIBUCIÓN (%)	50	19	4	8	17
					+2 vapor de agua estratosférico

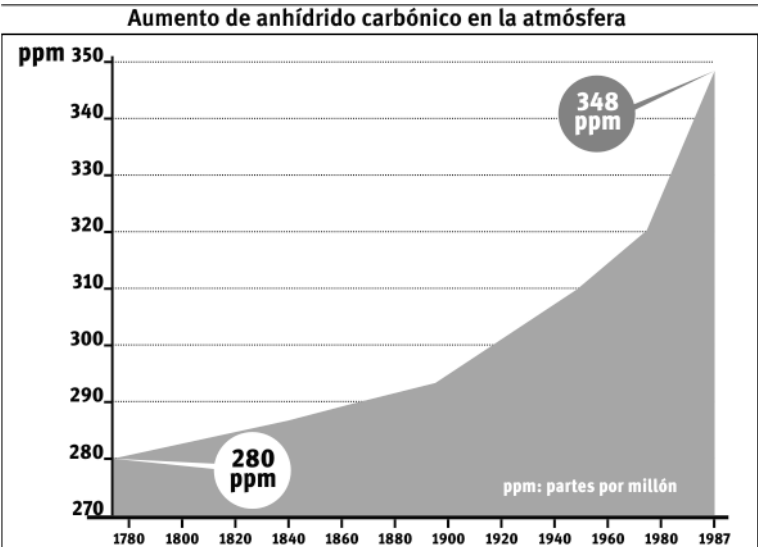


Fig. 2.18. Aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera en los últimos doscientos años. (Fuente: *Schutz der Erdatmosphäre*. Bonn: Parlamento de Alemania Federal, 1988).

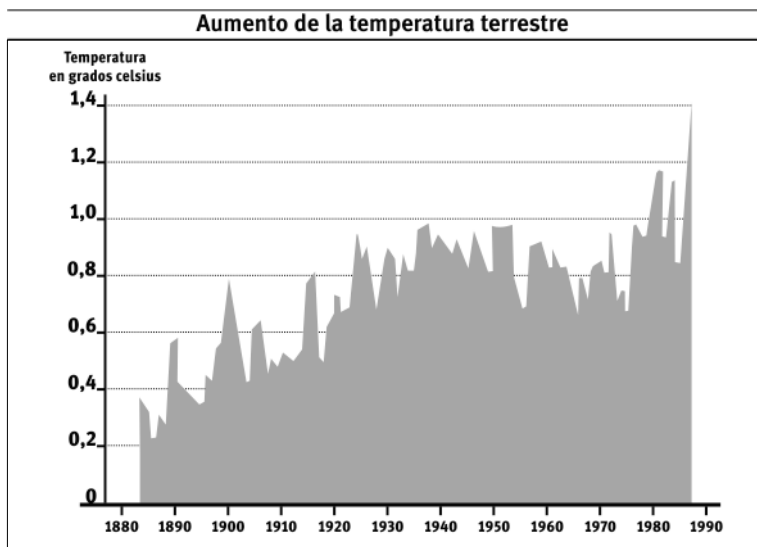


Fig. 2.19. Comportamiento medio anual de la temperatura a dos metros del suelo. (Fuente: *Schutz der Erdatmosphäre*. Bonn: Parlamento de Alemania Federal, 1988).

La incidencia de la emisión del CO_2 a causa de la combustión de los fósiles, en las distintas regiones del planeta, se presenta en la figura 2.20.

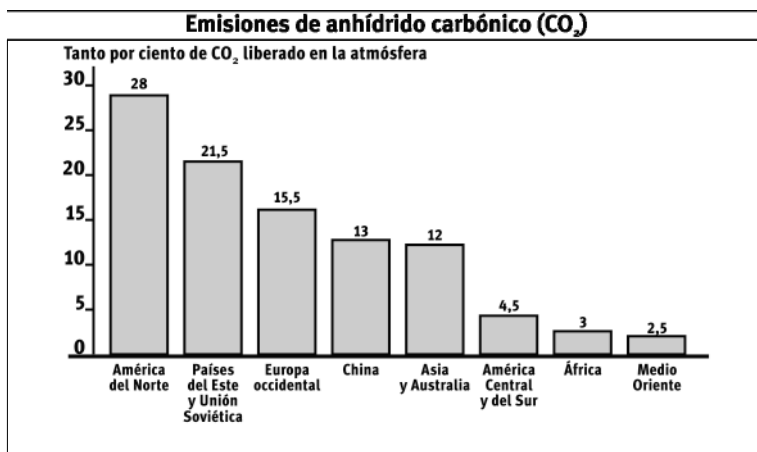


Fig. 2.20. Emisiones de CO_2 expresadas en tanto por ciento. (Fuente: *Eurosolar Journal*, No. 9, 1989).

¿Cuáles son los efectos?

A finales de los años noventa se registraron los primeros efectos negativos, que pueden aumentar dramáticamente en el presente siglo:

- *Variaciones repentinas de temperatura y presión.* Una gran inestabilidad meteorológica, con el consecuente aumento de los huracanes y los tifones (la gran sequía estival y posteriormente el huracán Georges, que afectó en septiembre de 1998 las islas del Caribe, y los huracanes y sequías del 2004 y el 2005 en los mismos lugares pueden hacer reflexionar sobre este aspecto).
- *Aumento de la temperatura.* Con la consecuente elevación del nivel del mar por el descongelamiento de los hielos perpetuos y el aumento del volumen específico del agua de los mares. El nivel medio de los mares ya se ha elevado entre 15 y 20 cm desde el inicio del siglo xx y se prevén inundaciones de ciudades costeras y otras zonas pobladas. Investigaciones del Goddard Institute for Space Studies y del Geophysical Fluid Dynamics Laboratory de los Estados Unidos, y del United Kingdom Meteorological Institute de Gran Bretaña, prevén para el 2025 un aumento del nivel del mar Mediterráneo, entre 12 y 18 cm, con graves peligros para las ciudades de Venecia, Salónica y Marsella, entre otras.
- *Desertificación de vastos territorios hoy cubiertos por vegetación.* Extinción de centenares de miles de especies animales y vegetales con imprevisibles consecuencias sobre el equilibrio ecológico de planeta. La revista *Advenimenti*, del 31 de mayo de 1998, reporta que por causas del aumento de las temperaturas en el bosque pluvial Monteverde de Costa Rica han desaparecido 40 % de los sapos y las ranas, y que en México se están extinguiendo las mariposas Edith.

Naturalmente, los efectos no se detendrán aquí. Toda la humanidad sufrirá graves consecuencias. Poblaciones enteras de ciudades o de vastas regiones se deberán trasladar para encontrar condiciones de vida soportables. Se crearán tensiones y conflictos entre los pueblos. La catástrofe ecológica llevará a una catástrofe social.

2.8.3. AGUJEROS EN LA CAPA DE OZONO

La Tierra está rodeada, al nivel de la estratosfera entre 10 y 40 km de altura, por una capa de ozono (O_3). Éste protege de

dosis excesivas de rayos ultravioleta la vida de los hombres, animales y plantas. Hace aproximadamente más de veinticinco años que se está verificando el fenómeno de los «agujeros en la capa de ozono» de proporciones preocupantes, de modo particular sobre la Antártida, donde en los meses de septiembre y octubre de los últimos años se han alcanzado índices superiores a 50 %. También sobre vastas regiones de los Estados Unidos de América se han verificado reducciones alarmantes de la cantidad de ozono.

La causa principal de esto es la liberación en la atmósfera de clorofluorocarbonos, contenidos en los líquidos refrigerantes, en los atomizadores y en otros materiales utilizados en la fabricación de sustancias sintéticas espumosas. También las sustancias emitidas por los aviones tienen una acción no despreciable en la destrucción de la capa de ozono. En las bajas temperaturas de la estratosfera, el cloro presente en los clorofluorocarbonos se libera, ataca el ozono y lo transforma en oxígeno. La vida media de los clorofluorocarbonos es de alrededor de cien años.

El fenómeno de los agujeros en la capa de ozono está directamente vinculado con el problema de la energía, no sólo por la influencia del tráfico aéreo, sino también por causa de la mentalidad de la sociedad de consumo con el uso de productos desechables, es decir, la sociedad de grandes consumos energéticos que vierte en la atmósfera cantidades enormes de estos productos nocivos.

2.8.4. INTERDEPENDENCIA ENTRE LLUVIAS ÁCIDAS, EFECTO INVERNADERO Y LOS AGUJEROS EN LA CAPA DE OZONO

Estos tres fenómenos aparentemente independientes en realidad se encuentran fuertemente ligados uno al otro. Las emisiones contaminantes de las industrias, de las centrales termoeléctricas, de las instalaciones de calefacción, de los automóviles y de los aviones están en el centro de la destrucción del ambiente: producen lluvias ácidas, ocasionan el efecto invernadero y son responsables de los agujeros en la capa de ozono.

Sin embargo, la realidad no es tan sencilla. En verdad no sólo existen acciones directas que dan origen a un efecto específico, pues se suman a éstas acciones indirectas; o mejor, retroacciones que agravan la situación cada vez más.

Las lluvias ácidas, con la muerte de los bosques aumentan el efecto invernadero; la reducción del ozono en la estratosfera implica una destrucción del fitoplancton en los océanos, uno de los mayores

consumidores de CO_2 y, por tanto, un fuerte aumento del efecto invernadero; la reducción de ozono en la estratosfera conlleva también una aceleración de la formación de ozono troposférico (estratos bajos de la atmósfera) por la presencia de rayos ultravioleta, que funcionan como catalizadores, y así sucesivamente (Fig. 2.21).

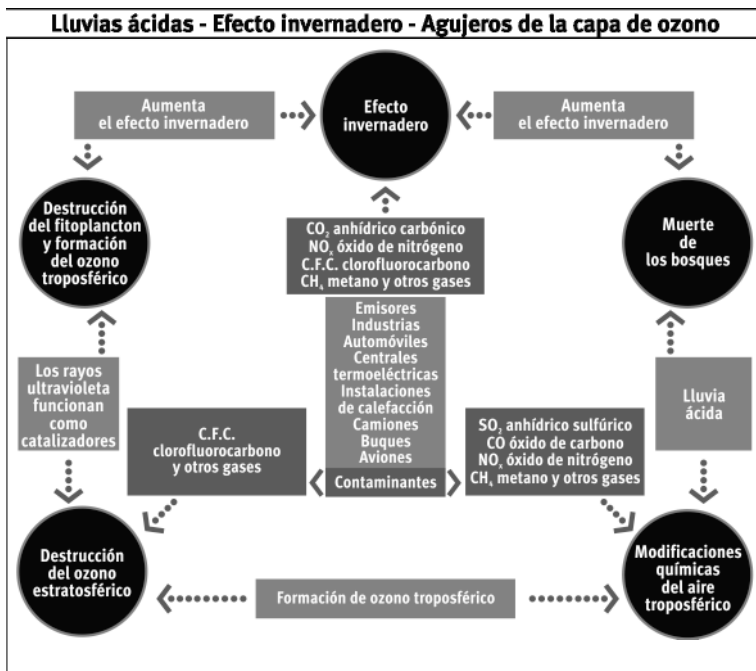


Fig. 2.21. Consecuencia de las emisiones contaminantes en la atmósfera terrestre. (Fuente: *Schutz der Erdatmosphäre*. Bonn: Parlamento de Alemania Federal, 1988).

2.8.5. LOS COMBUSTIBLES FÓSILES PONEN EN PELIGRO LA INDEPENDENCIA Y LA PAZ

Para los países cuyas estructuras energéticas utilizan sobre todo combustibles fósiles y que al mismo tiempo no tienen yacimientos de dichos combustibles y deben importarlos, existe el riesgo de estar bajo fuertes presiones por los países proveedores, los cuales pueden amenazar la suspensión del envío de combustible, si no les gustan las elecciones sociales y políticas de los países importadores. Los países productores a su vez están en constante peligro de perder su independencia por quien quiere apoderarse de sus fuentes

de energía. La primera guerra de los Estados Unidos contra Iraq (el segundo productor de petróleo después de Arabia Saudita) empezada a inicio de 1991, y la segunda comenzada en marzo de 2003, de la cual no se ve una conclusión, son ejemplos muy claros.

2.9. UN CAMBIO NECESARIO

Un grupo de cincuenta peritos enfrentó valientemente el problema ecológico a escala mundial, en un trabajo promovido por el ex presidente estadounidense Jimmy Carter. Como resultado se hizo un primer estudio denominado *Global 2000-Report to the President*, publicado en 1980. Este documento, de notable importancia, muestra, sin equivocaciones de ningún tipo, hacia dónde nos dirigimos si no se detiene el desequilibrio ecológico que produce el tipo de industrialización sostenida sobre el modelo de la opción energética dura. Tal opción ha acarreado un verdadero «desastre termodinámico», como lo llama el científico norteamericano Barry Commoner, por el consecuente despilfarro exagerado e insensato de energía.

El estudio *Global Future-It's Time to Act* contiene propuestas concretas para tomar acciones políticas y técnicas de grandes proporciones, pero nunca fue publicado. El ex presidente Ronald Reagan, sucesor de Carter, apenas un mes después de su primera elección despidió al grupo de los cincuenta peritos y bloqueó definitivamente la continuación de la obra. Otros estudios en esta dirección son llevados adelante en estos momentos por el Worldwatch Institute, de Washington, dirigido por Lester Brown (por ejemplo, *State of the World*).

Otra importante contribución para el examen y la solución de los problemas antes mencionados se encuentra en el estudio de la Comisión de Investigación del Parlamento de Alemania Federal sobre la protección de la atmósfera, con el informe publicado en noviembre de 1988. La comisión era dirigida, en los temas científicos, por personalidades de reconocida fama internacional, como W. Bach y K. M. Meyer-Abich, entre otros.

La ISES (International Solar Energy Society) expresa de manera clara, en las palabras de su presidente Yogi Goswami, que se encuentran en la revista *Refocus (The International Renewable Energy Magazine)*, de septiembre-octubre de 2004, la necesidad de un cambio rápido en la política energética, no sólo por los problemas muy graves debidos a la destrucción de la vida en nuestro planeta en el caso del funcionamiento regular de las instalaciones que distribuyen fuentes no renova-

bles de energía, sino también por el peligro de ataques terroristas a dichas instalaciones. En el mundo existen en efecto más de cien mil megacentrales fósiles y nucleares y refinerías de petróleo que, por supuesto, representan un blanco para grupos que quieren desestabilizar los equilibrios políticos. Por ejemplo, un ataque a un reactor nuclear puede matar a decenas de miles de personas y contaminar un área como toda Pensylvania. Ataques a centrales termoeléctricas que utilizan petróleo y a oleoductos pueden ser también muy dañinos.

El camino energético duro significa fuerte consumo, utilización de fuentes energéticas contaminantes, centralización acelerada y desestabilización social y política.

¿Es, por tanto, una elección peligrosa? Alguien podría objetar: «¿Por qué la naturaleza misma no podría reequilibrarse? Sí, en efecto, en términos absolutos la emisión de sustancias peligrosas es grande (pensemos en la liberación de CO_2 hacia la atmósfera a escala mundial: más de veinte mil millones de toneladas por año; o en las escorias de un solo reactor nuclear de potencia: algunas toneladas). En términos relativos, una vez que las sustancias dañinas se esparcen en el ambiente, se trata entonces de cantidades reducidas (para el CO_2 se miden en la atmósfera 350 ppm; el accidente de Chernóbil llevó sobre todo el territorio de Alemania Federal sólo un gramo de yodo radiactivo)».

Esta objeción no tiene en cuenta el hecho de que el ecosistema es un mecanismo extremadamente delicado. Por ejemplo, un ser humano: a la temperatura de 37°C el cuerpo se encuentra en condiciones óptimas, a 42°C , con solamente 5°C de diferencia, se encuentra al borde del colapso. El ambiente natural reacciona de manera análoga: pocos grados centígrados de aumento de la temperatura (efecto invernadero) pueden llevar a una catástrofe.

Nosotros modificamos el ritmo lento y equilibrado de la evolución natural con un ritmo acelerado. Los últimos 45 años de la era atómica corresponden a una cien millonésima parte de la historia del planeta. Sin embargo, conseguimos destruir la naturaleza más rápidamente que el tiempo que ella necesita para recuperarse. Hemos desarrollado un modelo industrial que no está a tono con la naturaleza. Estamos actuando como un hombre que decide, para aumentar las ganancias, hacer trabajar a su caballo día y noche, sin descanso. Ese pobre caballo, pocos días después, morirá.

La Tierra existe hace cuatro mil millones de años, el hombre apareció hace aproximadamente tres millones de años. Ahora estamos co-

riendo el riesgo de transformar nuestro planeta en una estrella (para usar la terminología de Laura Conti) en un tiempo de pocos cientos de años o quizás menos.

Y no estamos solamente destruyendo el ecosistema; la destrucción, cada vez mayor, de los recursos naturales y la utilización de tecnologías que requieren rigurosas medidas de seguridad provoca el aumento de las tensiones sociales, de las diferencias entre el Sur y el Norte y de la dependencia hacia los pobres de los países ricos. Todo esto mina la base de los principios de la vida democrática y concentra cada vez más el poder en manos de minorías privilegiadas.

Tenemos delante dos caminos: el de la resignación y la inercia, definido eficazmente por Pascal con pocas palabras: «Los hombres, ya que no pudieron curar la miseria, la injusticia, la ignorancia y la muerte, para ser felices decidieron no pensar en esas cosas». O aquel de la toma de conciencia y del empeño por cambiar radicalmente de mentalidad, para lograr el paso de la era atómica a la era solar.

CAPÍTULO 3

El camino energético suave o el camino del Sol

Acabamos de ver que la posición de los defensores del camino energético duro, para los cuales el aumento del desarrollo industrial requiere una disponibilidad cada vez mayor de energía, lleva a un callejón sin salida: cuanto mayores son las prestaciones que se le exigen a un servicio determinado, tanto mayores resultan las necesidades de energía, por lo que la relación que se establece entre demanda y oferta crea una espiral irreversible.

En la base de este fenómeno existe un equívoco provocado por una errada concepción energética. Es necesario invertir el rumbo con un cambio radical de la mentalidad, introduciendo el concepto de utilización inteligente de la energía, lo que producirá una consecuente reducción de la demanda energética.

3.1. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES

El camino del Sol propone un modelo de desarrollo capaz de restaurar el equilibrio ecológico y crear una relación social acertada, en particular entre el Norte y el Sur del mundo.

Las medidas que se deben adoptar son las siguientes:

- Utilización inteligente de la energía con recuperación de la que se pierde en la fuente, durante la transmisión y en el momento de su uso, seleccionando para cada servicio determinado un sistema energético óptimo. El no despilfarro de energía es el sistema más limpio para «producir energía». Este tipo de medidas puede ponerse en práctica a gran escala dentro de cuarenta años.
- Abandono –lo más pronto posible– de la energía nuclear; y a largo plazo, de la fósil, para dar paso a las fuentes renovables, es decir, inagotables. Estas se dividen en las que utilizan energía solar directa (sistemas térmicos y de celdas fotovoltaicas) o indirecta

(viento, agua, biomasa) y que por tanto son inagotables. A las anteriores se agrega la energía geotérmica, fuente que clasifica como casi renovable. La energía solar es una energía distribuida y puede, en la mayor parte de los casos, ser utilizada en el lugar sin necesidad de centralización y su consecuente redistribución, todo lo contrario a lo que sucede con las fuentes no renovables. Además, son fuentes de energía que no requieren sofisticados sistemas de seguridad, no son contaminantes y mantienen casi inalterables los diferentes equilibrios térmicos. Se trata de un programa a mediano plazo que debe comenzar inmediatamente para poder alcanzar, dentro de cuarenta años, un estadio avanzado.

- Almacenamiento de la energía bajo la forma de energía térmica (masas llevadas a alta temperatura y aisladas térmicamente), de energía potencial (cuencas hídricas en cotas altas) y de energía química (biomasa, biogás, hidrógeno solar, etc.). En el caso del hidrógeno la investigación y el desarrollo se encuentran adelantados. Las primeras aplicaciones ya se han puesto en marcha y deberán extenderse gradualmente en los próximos 30-40 años.

3.2. UTILIZACIÓN RACIONAL DE LA ENERGÍA

Como ya se planteó en el epígrafe 2.2, en estos momentos se consumen anualmente en el mundo alrededor de 14 TWh de energía primaria, los que equivalen aproximadamente a diez mil millones de toneladas de petróleo, o sea, un promedio de 2,4 kW por persona al año.

En Europa se utilizan 8 kW por persona y en los Estados Unidos 14 kW, mientras que en los países más pobres del Sur del mundo permanecen por debajo de 200 W (1 kW corresponde a una potencia superior a la que desarrolla un caballo).

Una reducción a niveles entre 3 y 3,5 kW por persona en los países industrializados y un aumento en los países pobres son metas técnicamente factibles de lograrse en las próximas décadas.

El *Annual Review of Energy* (vol. 10, 1985) muestra, junto a la proyección de la vía energética dura para el 2020, la vía energética suave, llamada *End-use oriented global energy strategies*, propuesta por un equipo multinacional de científicos (Figs. 3.1, 3.2 y 3.3).

El consumo energético de los países industrializados, por tanto, podría reducirse casi a la mitad con relación a los índices actuales, lo que permite, de esta forma, un crecimiento razonable de dicho consumo en los países del Sur del mundo.

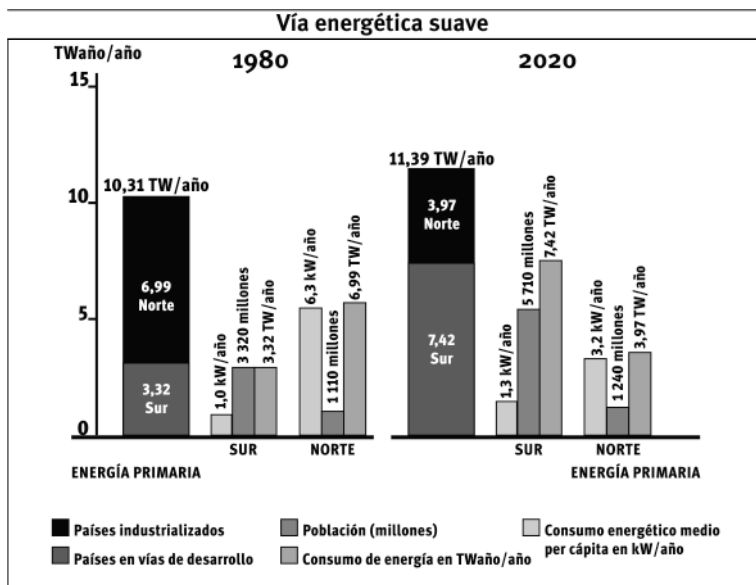


Fig. 3.1. Consumo de energía primaria a nivel mundial, expresada en terawatt-año por año. (Fuente: *Annual Review of Energy*, vol. 10, USA, 1985).

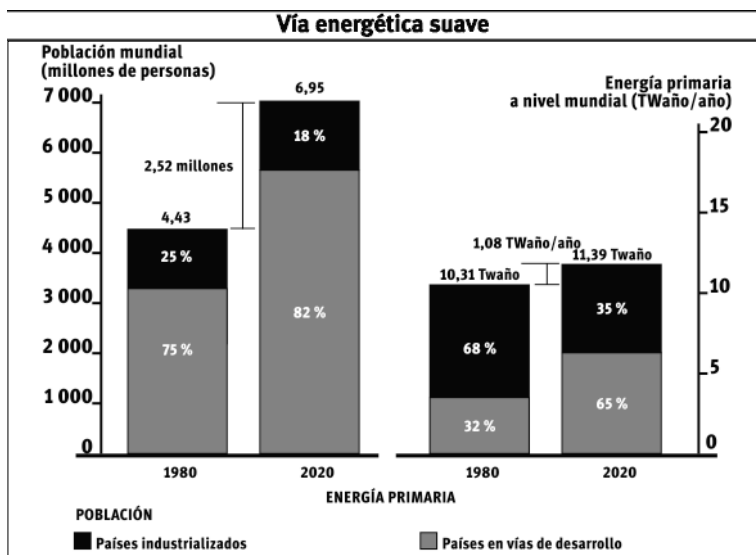


Fig. 3.2. Aumento de la población y del consumo de energía de 1980 al 2020. (Fuente: *Annual Review of Energy*, vol. 10, USA, 1985).

Comparación entre la vía energética suave y la vía energética dura

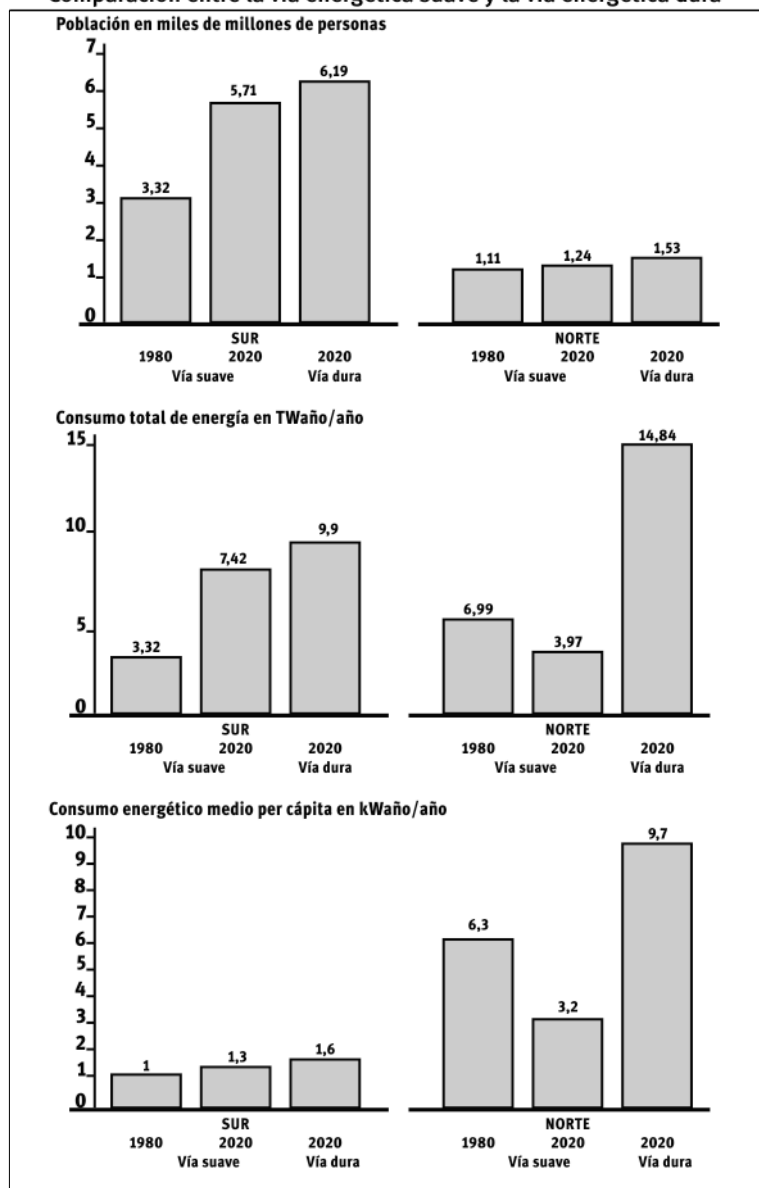


Fig. 3.3. Comparación entre los datos relativos a la vía energética suave y a la vía energética dura (IIASA), con predicciones para el 2020.

Además, el reporte del Worldwatch Institute, *State of the World*, Washington, 1988, afirmaba que: «En el plano económico está comprobada la posibilidad de sustituir 25 % de la oferta energética hasta el 2000 con un incremento de la eficiencia energética y con costos inferiores a aquellos de la producción de energía».

Según un estudio de la CEE de los años ochenta, que se muestra en la figura 3.4, donde se consideran invariables el incremento anual de la población (0,8 %), de la cantidad de automóviles (3,6 %) y del producto nacional bruto (4 %), pero con diferentes usos de la energía, se proyectaban para el 2000 resultados bien distintos en dependencia de que:

- No se opere ninguna intervención sobre los rendimientos (curva 1).
- Se operen intervenciones sobre los rendimientos de primer grado (curva 2).
- Se operen también intervenciones sobre los rendimientos de segundo grado (curva 3).

En el caso de la curva 3, se obtiene directamente una fuerte disminución en el consumo de energía primaria, expresada en millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep).

En 1995 los consumos energéticos en los países de la CEE fueron aproximadamente de 1 370 Mtep. Por tanto, arribamos a la conclusión de que sólo se hicieron intervenciones sobre el rendimiento de primer grado.

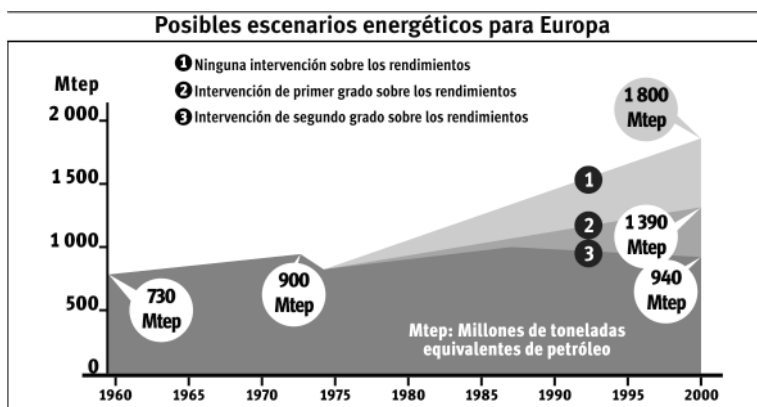


Fig. 3.4. Posibles escenarios energéticos para Europa en el 2000.
(Fuente: Espinosa, P. y E. Tiezzi. *I limiti dell'energia*, Garzanti, 1987).

¿De qué modo pueden ser puestas en práctica las propuestas de ahorro energético presentadas en el *Annual Review of Energy* por el Worldwatch Institute, o por el estudio de la CEE?

Las posibilidades son múltiples. Algunas de ellas se presentan como ejemplo. En un país industrializado, si se parte de la energía total de las fuentes primarias, se obtiene como promedio solamente 30 % de energía útil; el restante 70 % se pierde en forma de calor emitido al ambiente externo (Fig. 3.5). Es importante, por tanto, recuperar lo máximo posible la energía que se dispersa (cogeneración).

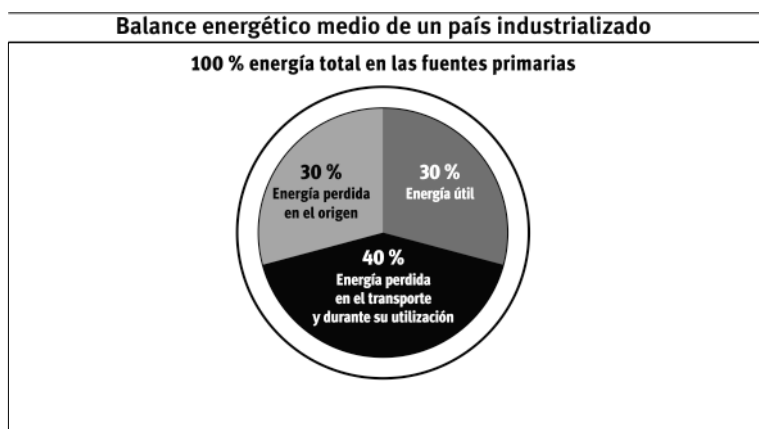


Fig. 3.5. Pérdida media de la energía (aproximadamente 70 %) en los países industrializados.

3.2.1. RECUPERACIÓN DE LA ENERGÍA EN LA FUENTE

En el caso de centrales termoeléctricas se trata de no construir grandes instalaciones centralizadas (megacentrales nucleares o de combustibles fósiles de 1 000 MWe o más), en las cuales 55-60 % de la energía primaria se pierde en forma de calor a través de las torres o condensadores de refrigeración. En su lugar se deben erigir instalaciones descentralizadas de pequeña y mediana dimensiones (como máximo 50-100 MWe) con bajo impacto ambiental (posiblemente de gas), enclavadas cerca de los lugares donde se utilizará la energía que generen y equipadas con adecuados sistemas de recuperación del calor.

Tales instalaciones, llamadas de cogeneración porque en ellas se produce electricidad a la vez que se utiliza el calor que de otra forma se perdería, son particularmente adecuadas para el telecalentamiento de barrios urbanos enteros o para el abastecimiento de energía

térmica a la industria, lo que permite una recuperación de la energía secundaria de aproximadamente 30 % y en algunos casos superior.

Si se combina el calentamiento y la utilización industrial, el rendimiento global puede llegar a alrededor de 90 %.

En las centrales termoeléctricas de gas existentes se puede realizar el *repowering* (ciclos combinados) combinando las turbinas de gas con una de vapor, de modo que el gas de descarga de la turbina de gas genere el vapor necesario para el funcionamiento de una turbina de vapor. De esta manera se puede aumentar el rendimiento de 40-45 % a 50-55 %, aproximadamente.

3.2.2. REDUCCIÓN DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS

Las medidas de reducción del consumo consisten principalmente en tomar en consideración no sólo el rendimiento de primer grado que da una indicación de las cantidades de energía útil transformada, según la cual no solo se busca maximizar el rendimiento de una máquina determinada, sino también –y principalmente– el rendimiento de segundo grado, que permite evaluar si la máquina escogida es adecuada a la finalidad prefijada.

De esta forma se puede escoger entre todas las máquinas posibles aquella que brinde un óptimo resultado. El concepto de rendimiento de segundo grado fue desarrollado por un equipo de físicos de la American Physics Society (USA) en los años setenta.

Estamos acostumbrados, como afirmó un científico estadounidense, a cortar la mantequilla con una sierra circular. Aumentar el rendimiento de primer grado significa mejorar la sierra circular, variando, por ejemplo, la inclinación óptima de los dientes. Tomar en consideración el rendimiento de segundo grado significa escoger el instrumento apropiado, sustituyendo la sierra circular por un cuchillo.

Otro ejemplo: Suponga que se necesita calentar a 40 °C, aproximadamente, cierta cantidad de agua para el baño. Una opción puede ser la utilización de energía eléctrica, pero es una solución pésima, a pesar de ser empleada frecuentemente, por dos razones:

En primer lugar, porque en el trayecto desde la central eléctrica hasta el consumidor hubo fuertes pérdidas, de modo que se utilizó sólo 20 % de la energía primaria, si sumamos la pérdida en la propia termoeléctrica, mientras el restante 80 % se perdió en calor disipado al ambiente.

En segundo lugar, porque fue utilizada para el calentamiento una energía muy preciada por su alta capacidad de trabajo, degradando a otra de baja temperatura, incapaz de producir trabajo.

La energía eléctrica debería ser reservada para tareas de otro tipo, como es la de hacer funcionar motores. Una solución mejor que la adoptada habría sido la de utilizar gas.

El calor producido por la combustión habría calentado directamente el agua. Sin embargo, también en este caso existe una notable degradación de la energía en la medida en que se pasa de una temperatura muy alta de la llama (cerca de 1 000 °C) a los 40 °C del agua, por lo tanto, una gran reducción de la capacidad de trabajo.

Una solución decididamente mejor sería utilizar un sistema de calentamiento solar a través de colectores. Los rayos solares elevan la temperatura del colector hasta 60-70 °C, y este calienta el agua a 40 °C, una diferencia pequeña de temperatura y un rendimiento de segundo grado.

Si se analiza el problema de los transportes de cargas pesadas, se comprueba que la mayor parte es transportada por carretera. Por supuesto, se pueden construir camiones más sofisticados con rozamientos reducidos y menor consumo (aumento del rendimiento de primer grado), pero se trata de una solución que no llega al nudo del problema en cuanto a que el camión no es el medio más adecuado para este transporte, especialmente en los países que son periféricamente bañados por el mar, como Cuba.

Un resultado seguramente superior se obtendría escogiendo medios de transporte más idóneos: el tren y, cuando sea posible, el barco, aumentando así el rendimiento de segundo grado (Fig. 3. 6).

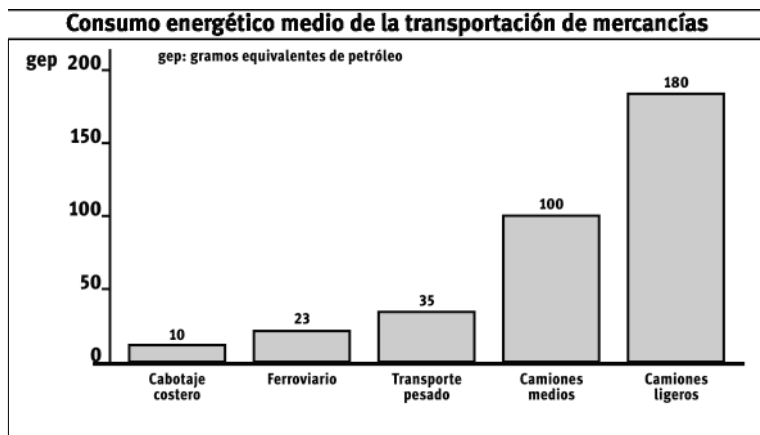


Fig. 3.6. Energía consumida para el transporte de una tonelada en un kilómetro. (Fuente: Espinosa, P. y E Tiezzi. *I limiti dell'energia*, Garzanti, 1987).

Lo mismo puede afirmarse sobre el transporte de pasajeros que en nuestros días se ha ido dejando a los medios individuales. Una política que incentive los medios colectivos, tanto a escala urbana como interurbana, reduciría drásticamente el consumo (Fig. 3.7).

De este modo se podría obtener un elevadísimo ahorro energético del orden de 50 a 60 %. Si se considera que 25 % de la energía de un país industrializado se utiliza para la transportación, se podría entonces lograr un ahorro global de cerca de 15 % (Fig. 3.8).

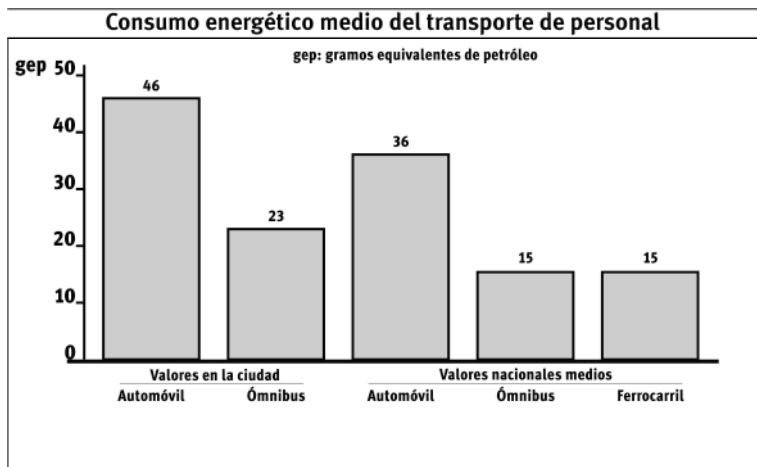


Fig. 3.7. Energía consumida por medios colectivos e individuales, por pasajeros/kilómetro. (Fuente: Espinosa, P. y E. Tiezzi. *I limiti dell'energia*, Garzanti, 1987).

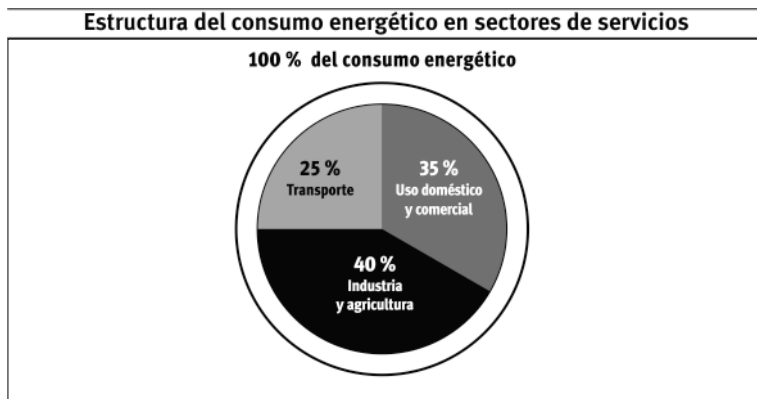


Fig. 3.8. Estructura del consumo energético en un país industrializado.

Resultados interesantes en el campo del transporte se han obtenido en Suiza mediante la adopción de las siguientes medidas:

- *Para el transporte urbano*, reducción de parqueos en el centro de las ciudades y reducción de la calzada de las carreteras que llevan al centro; sendas autónomas para los tranvías y prioridad en los cruces para los medios colectivos, mediante el funcionamiento de sistemas automáticos de control de los semáforos; bonificaciones económicas a los trabajadores para la utilización de los tranvías.
- *Para el transporte interurbano*, incremento de la red ferroviaria con aumento de la frecuencia de los trenes y la creación de «nudos ferroviarios» para sincronizar la llegada y salida de los trenes hacia las estaciones donde hay cruces de vías, de manera que no se haga esperar al viajero más de treinta minutos.

El 27 de septiembre de 1998 fue aprobada, mediante referéndum popular, una propuesta de ley que prevé el aumento del peaje en 10 % para los camiones que atraviesen Suiza (o que circulen en el país). Los ingresos se utilizarán para modernizar la red ferroviaria y facilitar la transportación de los camiones en el ferrocarril. Esta ley entró en vigor gradualmente a partir del inicio de 1999.

Estas medidas, con modificaciones oportunas, seguramente pueden ser aplicables en otros países. Para los problemas técnicos que pudieran traer aparejadas se pueden encontrar soluciones adecuadas. ¡Más difícil de superar son otros tipos de dificultades, como aquellas procedentes de la industria automovilística! En Brasil, por ejemplo, un país extenso con predominio de los llanos, donde los ferrocarriles habrían debido ser el medio de transporte más difundido, desgraciadamente las grandes industrias automovilísticas han impuesto su voluntad.

Una situación análoga se aprecia en los demás países de América Latina. Es importante que llegue una señal en la dirección correcta. ¿Quién la puede dar? El país más idóneo es Cuba, habitada por un pueblo que desde hace 46 años vive y desarrolla la revolución de la solidaridad y que, por tanto, ha asumido una solución de transporte comunitario. A causa de las dificultades financieras, ocasionadas por el bloqueo de los Estados Unidos, hoy no se puede pensar en desarrollar una red ferroviaria adecuada. Sin embargo, es posible restablecer de forma gradual raíles que ahora no se utilizan o que sólo se emplean para el transporte de la caña de azúcar. Se pueden utilizar locomoto-

ras de vapor existentes, modificándolas de modo que puedan funcionar con biomasa como combustible. Proyectos de este tipo ya se encuentran en fase de estudio, por ejemplo, en la provincia de Guantánamo y en otras zonas del país.

Un sector importante es el de la calefacción de las viviendas en el caso de los climas fríos o el de la refrigeración en los países de clima cálido. Normalmente se calcula que en un país industrializado alrededor de un tercio de la energía disponible se utiliza por el usuario para la calefacción o la refrigeración (Fig. 3.9). Esto, por tanto, puede absorber 80 % de la energía consumida en una vivienda (Fig. 3.10).

Un gran ahorro en la calefacción y (o) la climatización llevaría, como en el caso del transporte, a reducciones notables del consumo de energía.

La arquitectura bioclimática ofrece soluciones válidas para este problema. Se trata de proyectar las edificaciones (orientación de las paredes y ventanas, sus dimensiones, protecciones contra el Sol, aberturas y sistemas de ventilación que posibiliten la circulación natural, inclinación de los techos, utilización de materiales de elevado aislamiento térmico, cristales y cortinas con características térmicas particulares, etcétera) de modo que en el interior, al variar las condiciones externas (día y noche, verano e invierno, sol y lluvia) se mantengan buenas condiciones de habitabilidad con cambios mínimos de temperatura, similar a lo que sucede en el cuerpo humano, reduciendo al mínimo o eliminando completamente los sistemas de calefacción o refrigeración.

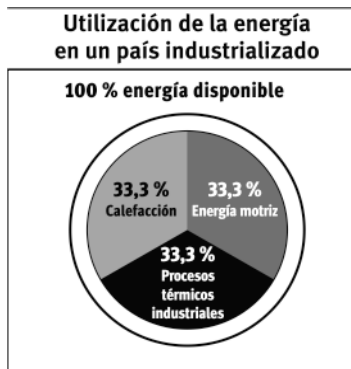


Fig. 3.9. Distribución de la energía disponible y su utilización con relación a los diferentes tipos de uso.

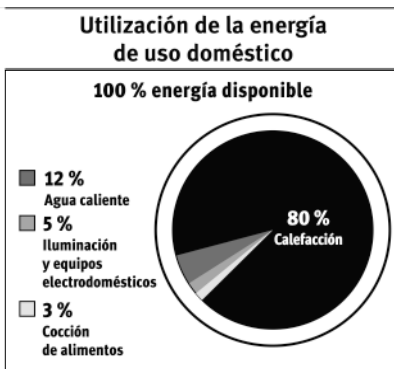


Fig. 3.10. Estructura de la utilización de la energía de uso doméstico en un país industrializado.

En Alemania Federal se desarrolló un tipo de arquitectura, con materiales refractarios y ventanas herméticamente cerradas, que permitió un ahorro energético sorprendente. Se puede hablar entonces de una casa que está en armonía con el ambiente circundante. Se construyeron casas unifamiliares y multifamiliares, edificios privados y públicos. Es posible también reestructurar construcciones ya existentes. Las paredes y el techo son edificadas de un modo tal que no impide que éstas respiren. El bloque-ventana está constituido por una verdadera ventana y por un sistema de recambio del aire y calentamiento. Las ventanas están constituidas por dos placas distanciadas de cristal especial, entre las cuales se sitúan unas finas cortinas hechas de materiales que permiten reflejar al exterior la energía solar, o de hacerla entrar y mantenerla en el interior, o de permitir un coeficiente de transmisión extremadamente bajo ($0,18 \text{ W/m}^2\text{°C}$), según las condiciones climáticas existentes (Fig. 3.11).

Algunas de estas cortinas son transparentes e invisibles, otras son opacas. Se recogen en rollos apropiados y son controladas automáticamente por dos sensores, uno de temperatura y otro de luminosidad, colocados en las paredes externas. Se obtienen, de esta manera, todas las combinaciones posibles: día, noche, verano e invierno. Las ventanas no son ya como en las construcciones tradicionales, un mal inevitable, es decir, huecos térmicos pasivos que determinan elevadas pérdidas de calor (40 % del total, aproximadamente). Éstas llegan a ser elementos térmicos activos e inteligentes que regulan, según las necesidades, el flujo de calor en ambas direcciones, además de determinar las condiciones climáticas óptimas en el interior de la edificación. Bajo las ventanas se colocan los equipos para la calefacción con intercambiadores de calor, de modo que se puedan minimizar las pérdidas térmicas y garantizar un buen recambio del aire de forma continua. Cada bloque-ventana es dirigido individualmente, por eso todas las habitaciones de la casa se pueden ventilar y calentar de modo autónomo.

El ahorro obtenido es considerable, hasta de 90 % y más. En el caso de las construcciones estándar, en áreas donde se consumen entre 150 y 200 kWh/m² al año, se han obtenido valores entre 10 y 20 kWh/m² al año, datos confirmados por el Instituto Fraunhofer para la física de las construcciones. Los especialistas de esta institución han afirmado que con este sistema se pueden realizar fácilmente construcciones con una necesidad energética nula, aunque sean regiones frías y lluviosas, como es el caso de Alemania.

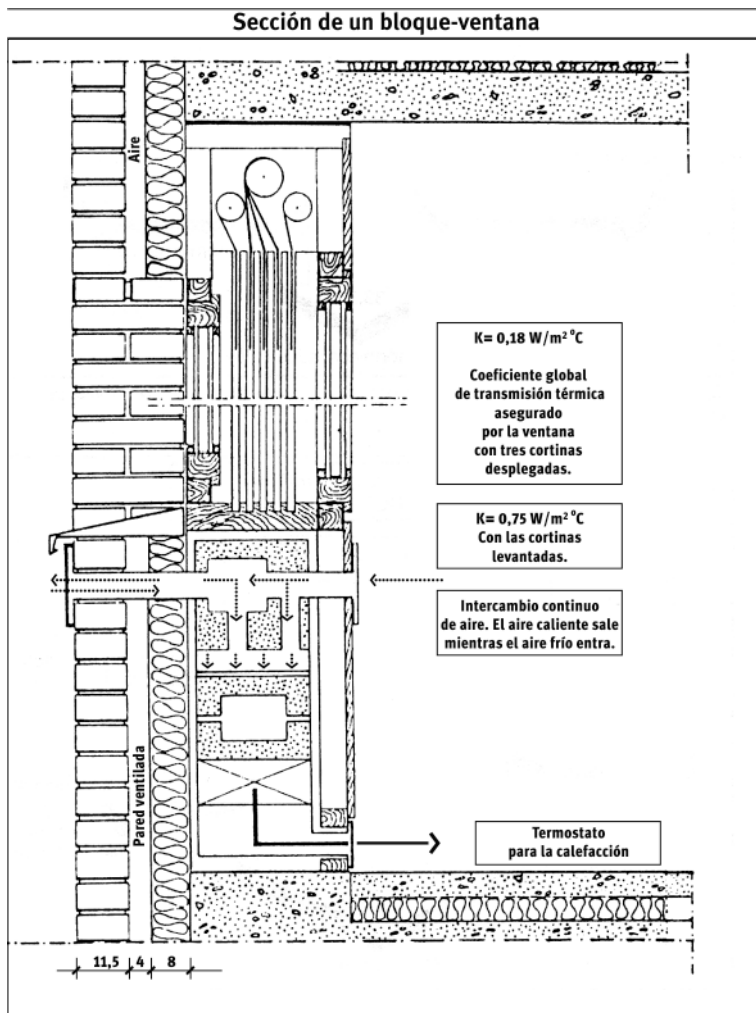


Fig. 3.11. Ventana de bloqueo equipada para el intercambio del aire, tanto para la calefacción como para accionar la cortina transparente u opaca.

Resultados igualmente válidos se han obtenido en las regiones tropicales. Los costos de estas construcciones son un poco superiores a los de las normales en 15-20 %. En el caso de edificios públicos, que normalmente necesitan de complejos sistemas de acondicionamiento, los costos han resultado equivalentes. Este es uno de los ejemplos más bellos de armonización entre la obra del hombre y la naturaleza:

la vivienda se transforma en un elemento que respira y vive en una relación de intercambio con el ambiente externo.

Y tenía que ser así, ya que los inventores estudiaron e hicieron pruebas y experimentos durante años en Suecia, Canadá y Estados Unidos, viviendo incluso con los indios americanos para discutir y comprender mejor la relación hombre-naturaleza.

En el interior de los edificios puede contarse con equipos, tales como lámparas, refrigeradores, etc., de bajo consumo energético, que permitan un ahorro del orden de 70 a 80 %. Algo similar se puede decir con respecto a la cocción de los alimentos, donde la utilización de ollas de presión o con tapas especiales reduce notablemente los consumos.

En el sector agropecuario (agricultura y ganadería) la utilización de grandes cantidades de biomasa (restos de los cereales en el momento del corte, de la caña de azúcar, etc.) y de excrementos de animales para producir energía, es una forma de recuperación y, por tanto, de ahorro de energía. Se puede también ahorrar energía incrementando la producción agrícola con relación a la pecuaria, es decir, aumentando en la alimentación la relación vegetales-carne.

Para el sector industrial son importantes los procesos térmicos, los sistemas que recuperan el calor que de otra manera se dispersaría, en la extracción y procesamiento de la materia prima, los sistemas de reciclaje que necesitan de un depósito diferenciado de basura para papel, plástico, vidrio, metal, etc., y donde es posible la recuperación de los envases vacíos que pueden ser reutilizados hasta treinta o cuarenta veces con ahorros energéticos superiores a 90 %. Con respecto a los vacíos que no son recuperables, éstos constituyen una verdadera revolución, muy parecida a los ciclos de la naturaleza: el vacío no es ya un desecho, sino simplemente el punto de partida de un nuevo ciclo. ¡En Dinamarca se logró alcanzar, para las aguas minerales y la leche, una cantidad de vacíos recuperados equivalentes a 99 %!

Es útil recordar la contribución que podría dar en el futuro la utilización de los superconductores en los motores eléctricos, el recubrimiento de imanes y líneas eléctricas para economizar energía eléctrica y la puesta en explotación de trenes de alta velocidad con electroimanes. Hasta ahora solamente se ha logrado obtener superconductividad a temperatura de cerca de -40°C . Dados los grandes adelantos de los últimos tiempos, se espera que dentro de 20 a 25 años se puedan obtener superconductores a temperatura ambiente, utilizables a escala industrial.

3.2.3. FENÓMENO DEL DESACOPLAMIENTO

En el área de los países altamente industrializados se verificó, a partir de la crisis petrolera de los años setenta y durante una decena de años, el fenómeno del «desacoplamiento»: aunque aumenta el producto nacional bruto, la energía total empleada permanece constante o hasta disminuye (Fig. 3.12).

La razón principal de tal estabilización se debe al cambio de la estructura industrial: los procesos industriales con alto consumo de energía (siderurgia, química de base, etc.) fueron en parte sustituidos por procesos industriales de reciclaje que exigen un consumo reducido de materias primas.

Sólo el porcentaje de energía eléctrica consumida, que corresponde a una pequeña parte en relación con el total (alrededor de 30 % si se considera el consumo de las fuentes primarias) tuvo aumento, aunque muy inferior a lo previsto.

El fenómeno del desacoplamiento muestra que el camino de la utilización inteligente de la energía es un proyecto realista.

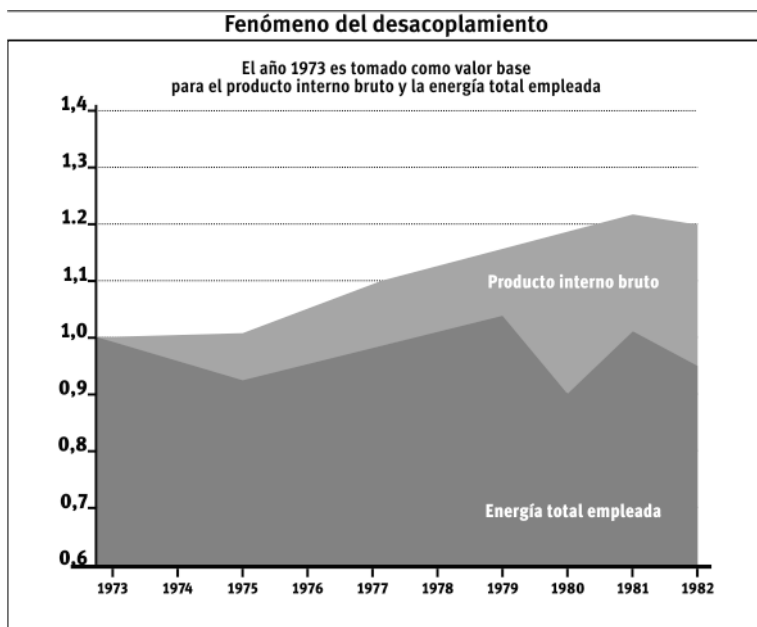


Fig. 3.12. En los países industrializados el producto interno bruto (PIB) aumenta y la energía total empleada disminuye. (Fuente: *Annual Review of Energy*, vol.10, USA, 1985).

3.3. FUENTES DE ENERGÍA

En las figuras 3.2 y 3.3 el lector puede comprobar que con la utilización inteligente de la energía se puede reducir muchísimo hasta el 2020 el consumo energético de los países industrializados y, al mismo tiempo, permitir un crecimiento necesario del consumo en los países pobres, para obtener índices globales casi iguales a los que reportan los países desarrollados actualmente. Estas medidas no son por sí mismas suficientes para resolver los problemas ambientales, porque ya con el consumo actual de combustibles fósiles y nucleares el ecosistema planetario no resistiría por mucho tiempo. Es necesario, por tanto, asociar fuentes renovables y no contaminantes a la utilización inteligente de la energía, como la solar directa e indirecta. Con estas formas de energía los ciclos naturales se mantendrán casi inalterables.

La energía geotérmica se considera una fuente casi renovable, ya que se puede utilizar para la producción de energía eléctrica en el caso del agua subterránea de alta temperatura o para el telecalentamiento en el caso del agua a bajas temperaturas.

3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA SOLAR

La energía solar directa y la indirecta presentan la característica de tener una distribución amplia, de modo que resulta particularmente óptima para satisfacer las necesidades energéticas de la humanidad.

La energía que el Sol irradia anualmente hacia la Tierra corresponde a $1,5 \times 10^9$ TWh = $1,7 \times 10^5$ TW/año. De ella, 33 % se refleja desde la atmósfera hacia el espacio, 44 % es mayormente energía térmica, que es reflejada por la Tierra bajo la forma de rayos infrarrojos; 21 % se usa en la vaporización del agua (formación de las nubes), 2 % se transforma en energía almacenada en el viento (eólica), en las olas y en las mareas, y sólo 1 % se almacena químicamente (fósiles) y biológicamente (biomasa).

Al considerar la energía solar técnicamente utilizable y teniendo en cuenta las pérdidas en su transformación, se podrían obtener cada año los siguientes índices disponibles al consumidor en terawatt/año: 19 de la solar directa, 1 del viento, 2 de la biomasa, 1,5 del agua, 1,5 de la geotérmica, mareas, olas, etc.; con un total de 25. Este valor es tres veces superior al consumo mundial por año de energía al nivel del consumidor (aproximadamente 7,5 TW/año, siendo 11 TW/año el consumo anual de las fuentes primarias).

La figura 3.13 muestra la energía solar media anual por metro cuadrado horizontal de la superficie terrestre, expresada en kilowatt/hora en cada una de las regiones.

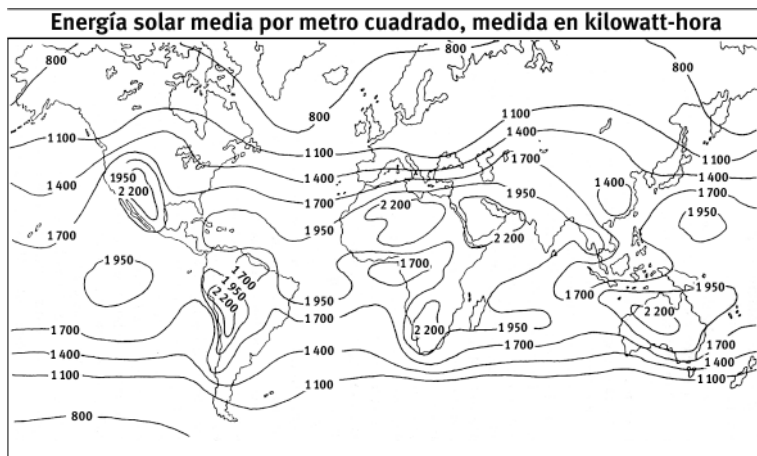


Fig. 3.13. Energía solar media anual por metro cuadrado horizontal, medida en varias regiones de la superficie terrestre, expresada en kilowatt-hora.

Las líneas unen los puntos que reciben igual cantidad de energía. En Europa, por ejemplo, los índices oscilan entre 900 y 1500 kWh/m² al año, es decir, un promedio de algunos kilowatt-hora por metro cuadrado al día.

En el caso de reducirse la necesidad energética media global (industrial y privada) a aproximadamente 1,5 kW por habitante, y considerando una eficiencia de 70 % de los colectores solares y de 10 % de los fotovoltaicos, serían necesarios alrededor de 20 a 30 m² de superficie por habitante para cubrir la necesidad energética total. Es importante tener presente que superficies no utilizables para otras finalidades, como los techos de las casas, son particularmente convenientes.

3.3.2. TIPOS DE INSTALACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE LAS FUENTES RENOVABLES

Energía solar directa

Puede utilizarse explotando tanto las características térmicas (colectores solares, espejos parabólicos acoplados a turbinas térmicas o a motores Stirling, etc.), como sus características fotoeléctricas.

Los colectores térmicos son los equipos más sencillos para recoger directamente la energía del Sol. Están contruidos generalmente por contenedores cubiertos de un material transparente (cristal o plástico) y equipados con un aditamento que absorbe los rayos solares. El material transparente permite la entrada de los rayos solares de amplio espectro y bloquea la salida de los rayos infrarrojos de gran longitud de onda (efecto invernadero). En el interior del contenedor, en un serpentín, se hace circular un líquido, al cual se transmite la energía térmica del Sol. El interior de los colectores más modernos se mantiene vacío para obtener rendimientos más elevados (alrededor de 70 a 80 % de la energía de los fotones del Sol se puede transformar en energía térmica).

Los colectores oportunamente incorporados a los techos de los edificios pueden suministrar, a través de tuberías y cisternas, agua caliente para los servicios higiénicos, la cocina y la calefacción. Si fuera necesario se instalan paralelamente equipos tradicionales (de gas o petróleo). En las zonas tropicales, donde no hay peligro de congelación del fluido, se puede integrar la cisterna en el mismo contenedor para el almacenamiento del líquido calentado, reduciendo así los costos totales del sistema.

En los países donde hace calor se usan también instalaciones con colectores térmicos para la desalinización del agua de mar, la esterilización de los equipos hospitalarios y la cocción de los alimentos.

Otro «captador de los rayos solares», en extremo específico, típico de las zonas tropicales e idóneo para el cultivo de plantas en cámaras a clima controlado es el «veranero», estudiado y desarrollado con gran pericia en Cuba (*Energía y tú*, enero-marzo, 1998). En este caso la parte del sistema expuesta al Sol es transparente y se encuentra llena de un filtro líquido que permite el paso sólo a aquellos componentes del espectro luminoso útiles a las plantas.

Para potencias elevadas hasta los 50-100 MW, en zonas de mucho calor se pueden construir centrales térmicas solares con espejos parabólicos que cambian automáticamente la orientación manteniéndose siempre en dirección óptima con respecto al Sol. De esta manera logran concentrar la energía sobre líneas focales a lo largo de las cuales se encuentran tuberías por las que circula un aceite especial, que adquiere temperaturas del orden de los 400 °C. Estas llevan la energía térmica hasta un generador de vapor que acciona una turbina conectada a un alternador para producir electricidad. Ya existen centrales de este tipo funcionando en California, México y Almería (España), y otras en proyecto.

La energía térmica del Sol puede utilizarse también a través de la termodifusión, que en un futuro podría dar paso a un desarrollo de interés. Su principio de funcionamiento es el siguiente: una membrana con orificios muy finos (de diámetro del orden de las millonésimas de milímetros) divide en dos a un recipiente que contiene gas. Si se golpea con los rayos del Sol una de las superficies de la membrana, se genera en los orificios una corriente de gas en dirección a la superficie calentada por el Sol que puede ser utilizada para accionar turbinas y válvulas.

Se puede también utilizar la energía térmica procedente del Sol almacenada en los estratos superficiales de los mares tropicales a través de sistemas basados en el gradiente térmico, llamados OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*, 1996). El sistema OTEC utiliza la diferencia de temperatura entre los estratos superficiales y los profundos, aproximadamente a 800 m bajo el nivel del mar, para convertir la energía térmica en mecánica y después en energía eléctrica.

Una diferencia de temperatura de 20 °C es suficiente para obtener buenos resultados. En las regiones tropicales persiste la diferencia de temperaturas superior a los 20 °C durante todo el año. Por esto se puede afirmar que existe un enorme potencial de energía para cubrir de forma autónoma parte de las necesidades futuras de los países del Sur del mundo, en particular en los territorios costeros e insulares. Además, se pueden obtener otras subprestaciones, como la desalinización del agua de mar para uso doméstico y en los regadíos; para descargar agua fría utilizada en los cultivos marinos, como las algas; para la refrigeración y el aire acondicionado.

Según estudios, una instalación OTEC de 1 MW para la producción de electricidad podría, como subprestación, alimentar un sistema de aire acondicionado para un hotel de aproximadamente 300 habitaciones, con costos de 25 % en relación con los convencionales accionados por energía eléctrica.

Básicamente, existen tres tipos de sistemas OTEC. En el de ciclo cerrado un fluido que no esté en contacto directo con el mar recibe calor del agua de la superficie del mar, se vaporiza y acciona una turbina para producir electricidad. Después se condensa a causa de la acción refrigerante del agua fría de los estratos marinos profundos. En el sistema a ciclo abierto el agua caliente de la superficie marina es el fluido de trabajo, que llevado a una bomba se vaporiza y acciona una turbina que la condensa por causa de la acción del agua fría procedente de los estratos marinos profundos. Existe también el llamado ciclo híbrido, que parte de una combinación de los otros dos sistemas. Este

es particularmente útil para producir continuamente electricidad (en ciclo cerrado) y agua desalinizada que se obtiene por la evaporación al vacío del agua caliente de los estratos superficiales del mar.

Están en fase de estudio y proyecto numerosas instalaciones OTEC de 1 MW o más, y deben comenzar a funcionar en áreas del océano Pacífico, en el 2010. Dos instituciones se encuentran particularmente comprometidas con estas investigaciones: el Pacific International Center for High Technology Research (PICHTER), de Honolulu, y el Hawaii Natural Energy Institute (HNEI), de la Universidad de Hawaii.

Es interesante recordar que el concepto de la conversión de la energía térmica de los océanos en energía eléctrica fue propuesto por el ingeniero francés Jacques Arsene d'Arsonval a finales de 1800. El primer experimento concreto con un generador de pocos kilowatt fue realizado en Cuba, en la bahía de Matanzas en 1930, por Georges Claude. En 1980 fueron realizados otros experimentos en Hawaii.

Los sistemas fotovoltaicos se basan en las características fotoeléctricas de la energía; transforman la energía de los fotones de los rayos del Sol en energía del movimiento de los electrones en los materiales semiconductores, y después en energía eléctrica. El principio de funcionamiento es el siguiente: el material semiconductor es dividido en dos estratos, a los cuales se agregan respectivamente dos tipos de impurezas diferentes (procedimiento de *doping*). A uno de los estratos se le agrega, por ejemplo, fósforo, dando de este modo una sobreabundancia de electrones, por lo que se obtiene un semiconductor cargado negativamente (tipo *n*). Al otro estrato se agrega, por ejemplo, boro, lo que provoca déficit de electrones, de modo que se obtiene un semiconductor cargado positivamente (tipo *p*). En la junta entre los dos estratos se forma un campo eléctrico y, cuando la celda fotovoltaica es golpeada por los fotones del Sol, se crean portadores de carga que son separados del campo eléctrico. En los contactos externos se genera una diferencia de potencial, de modo que fluye corriente cuando estos contactos están cerrados en un circuito externo. El material más utilizado es el silicio, un elemento que está entre los más comunes de la corteza terrestre. Los materiales para la fabricación de las celdas fotovoltaicas son similares a los utilizados en el campo de los semiconductores.

Se emplean celdas de silicio monocristalino (de un cristal único), policristalino (con más de un cristal) y amorfo (sin una estructura ordenada). Las celdas se conectan después entre ellas en módulos, para obtener potencias suficientemente elevadas. Normalmente, se conectan 30-40 celdas solares en un módulo con una potencia de 40 a

60 W. La tensión que se obtiene en los módulos es constante y, por tanto, se alimentan cargas con corriente continua. En el caso de las celdas de silicio cristalino por lo general se transforma en electricidad más de 10 % de la energía solar incidente.

El doctor Martín A. Green, de la Universidad de New South Wales, en Australia, una de las instituciones más avanzadas en este campo, anunció durante la Second World Conference on PV Energy Conversion, celebrada en Viena del 6 al 10 de julio de 1998, que ya se han logrado eficiencias de 24 % en las celdas de silicio monocristalino. Generalmente, con el monocristalino se pueden obtener rendimientos entre 14 y 18 %, con el policristalino entre 14 y 15 %, con el silicio amorfo de estratos muy finos (del orden de los micrómetros), entre 4 y 8 %. En este último caso los costos de fabricación son muy bajos. Para el futuro se prevé una utilización cada vez mayor de los estratos muy finos también en el caso del silicio policristalino.

Si se utilizan lentes para concentrar la energía del Sol, en los módulos fotovoltaicos se pueden obtener rendimientos muy elevados, como subraya el *Solar Photovoltaic Report* (edición 2, 2005). En el caso de celdas de silicio monocristalino se puede llegar a valores de 25 %; en el caso de celdas de silicio policristalino, de 20 %, y en el de silicio amorfo de estratos muy finos, de 16 %.

Asimismo, se efectúan experimentos con la pirita (sulfuro de hierro), por ejemplo, en el Instituto Hann-Maitner de Berlín. Ésta, al igual que el silicio, no es tóxica, es abundante en la naturaleza y poco costosa. Además, no requiere de una purificación elevada, como el silicio, y se puede utilizar en pequeñas cantidades. En efecto, es posible construir estratos muy finos del orden de las centenas de Å (10^{-10} m), es decir, poco más de las membranas de las hojas que absorben los fotones en la fotosíntesis de la clorofila.

En los últimos años del siglo pasado el equipo del profesor Grätzel, del Politécnico de Lausanna, puso en funcionamiento un tipo de celda de dióxido de titanio que capta los fotones mediante una sustancia colorante, cuya función es la misma que la de la clorofila en la fotosíntesis de las plantas, un sistema todavía más cercano a los ciclos de la naturaleza. Los rendimientos de este tipo de celdas son aproximadamente de 12 % y dada su simplicidad los costos de producción deben ser especialmente bajos.

En un centro científico de la ciudad de Gelsenkirchen, en Alemania, se están llevando adelante los estudios y experimentos para desarrollar este producto a escala industrial.

La Solar Cells Inc. de Toledo, en los Estados Unidos, es capaz de producir módulos fotovoltaicos con una potencia de hasta 50 MW/año, con celdas Cd-Te (cadmio-telurio) de estrato muy fino (aproximadamente, 4 μm). En el Fifth World Renewable Energy Congress que tuvo lugar en Florencia, Italia, entre el 20 y el 25 de septiembre de 1998, la Solar Cells anunció que tenía programado empezar, a partir del 2000, una producción industrial de módulos con potencia de 100 MW/año, con costos inferiores a los de la energía eléctrica producida por instalaciones convencionales de combustibles fósiles. Las celdas Cd-Te resultan química y eléctricamente estables. En estos momentos el rendimiento es de 9 %, pero se prevé llegar a 15 % y aún más. Además, se excluyen problemas de contaminación debidos al Cd-Te, por cuanto los módulos son recuperables ciento por ciento. La Solar Cells posee numerosas patentes y reveló que está dispuesta a difundir este tipo de módulo fotovoltaico en todo el mundo mediante licencias.

En los últimos talleres internacionales de energía fotovoltaica (19 European Photovoltaic Solar Energy Conference, 7-11 de junio de 2004, en París; y 20 European Photovoltaic Solar Energy Conference, 6-10 de junio de 2005, en Barcelona) se puso el acento sobre nuevos tipos de celdas y módulos, ya sea de silicio o de otros materiales, con los cuales se pueden alcanzar eficiencias de 47-50 %, que hace unos años no parecían posibles. Además, se subrayó la importancia del reciclaje de los módulos fotovoltaicos que con las tecnologías actuales se puede hacer en gran escala. Importante es que los módulos viejos no sean mecánicamente dañados. Con el reciclaje se pueden reducir los costos de los módulos entre 30 y 60 %.

La necesidad de grandes superficies puede parecer, a primera vista, un factor limitante. En realidad no es así, porque se pueden utilizar soportes como los techos o las paredes de las casas y de las naves de las industrias, de modo que no se vayan a destruir las zonas verdes.

Como ya fue confirmado en el evento Photovoltaics, Harvesting the Sun in the Urban Landscape (EUREC), del 5 de julio de 1998 en Viena, el proyecto solar se está desarrollando cada vez más en dirección a una visión holística de la arquitectura. Esto significa que el arquitecto debe saber integrar de una forma singular el trabajo técnico de los especialistas en energía solar en los distintos sectores, construyendo así edificios inteligentes en perfecta armonía con el ambiente, lo más suficientes posible desde el punto de vista energético, donde la energía solar (directa e indirecta), activa y pasiva, se complementan.

ten. El panel fotovoltaico se hace, por tanto, parte integrante del edificio. Con respecto a los techos, hoy se construyen tejas donde se integran las celdas fotovoltaicas en la estructura. Debido a su color, se habla de «arquitectura azul».

Con respecto a la instalación de paneles fotovoltaicos en las paredes de los edificios, el resultado de numerosos experimentos demostró que su utilización puede compararse con la de los ciclos de vida de los demás materiales de la edificación. En este campo, Suiza se encuentra muy avanzada.

Normalmente, donde no existen líneas eléctricas la energía se almacena en baterías. En el caso contrario puede ser efectuada la conexión a la red mediante convertidores de tensión continua-alterna y se utilizan contadores bidireccionales que registran la energía recibida y entregada a la red.

Además de incorporarse a los edificios, la técnica fotovoltaica puede ser integrada en las barreras que protegen del ruido a los lados de las carreteras, autopistas, ferrocarriles, etc.; en las marquesinas de las paradas de autobuses y de estaciones ferroviarias. Los paneles fotovoltaicos pueden ser fácilmente colocados en los postes de iluminación en las carreteras.

A continuación se presentan algunas perspectivas interesantes que se tienen en el sector del transporte:

- Las embarcaciones, por sus amplias superficies, pueden ser equipadas directamente con paneles fotovoltaicos que accionen un motor eléctrico y, en definitiva, la hélice. Un conjunto de baterías almacena la energía eléctrica durante el tiempo de reposo de las embarcaciones.
- Los automóviles solares también pueden usar paneles fotovoltaicos. Para esto es más conveniente utilizar un principio diferente dada la reducida superficie de que disponen. El vehículo se equipa únicamente con un electromotor accionado por baterías. Los paneles fotovoltaicos son, por el contrario, instalados en distribuidores solares, a donde se llevan los automóviles para ser recargados. Este sistema es especialmente útil para desplazamientos dentro de las ciudades o en recorridos breves.

Las construcciones más significativas de Europa se encuentran en Suiza, Alemania, Holanda y Dinamarca. En los techos de los edificios de la feria de Munich se instaló un sistema fotovoltaico de silicio monocristalino.

talino con una potencia de 1 MW (aproximadamente 1 000 000 kWh/año) y está en funcionamiento desde noviembre de 1997.

En Alemania el programa de cien mil techos fotovoltaicos da muy buenos resultados. En Italia hay un programa con diez mil techos fotovoltaicos. Programas semejantes se encuentran en los Estados Unidos y en Japón. En este último país, a finales de 2004 se llegó a un total de instalaciones fotovoltaicas con potencia de alrededor de 1 000 MW; ya se realizan más de cincuenta mil instalaciones por año y se piensa llegar en un futuro próximo a cien mil por año.

La India es uno de los países del Sur, junto a Zimbabwe en África, donde se encuentra más difundido el uso de sistemas fotovoltaicos.

Cuba ha realizado numerosas instalaciones de sistemas de este tipo, aplicadas a los sectores de la salud y la educación, en zonas montañosas donde no llega la red eléctrica. Los principales beneficiados son las casas del médico de la familia y pequeños hospitales y escuelas aisladas.

En 1995 en el mundo sólo había 400 MW de sistemas fotovoltaicos instalados. Según el *Photovoltaic Insider's Report* (agosto, 1998), en 1996 se produjeron nuevos sistemas fotovoltaicos con una potencia de 90 MW; en 1997, con una potencia de 122 MW. Según *White Paper*, de ISES, en 2002 se llegó a sobrepasar la potencia de 560 MW. En el 2003 se produjeron en el mundo 750 MW; en el 2004, 1 256 MW, con una subida de 67 % en un año, como fue subrayado por la revista *ISES*, de Italia (marzo, 2005). Y para el 2010 se prevé una producción de más de 3 000 MW a nivel mundial (ver *Solar Photovoltaic Report*, edición 2, 2005).

Estudios recientes presentados en el XX Taller Europeo Fotovoltaico, realizado en Barcelona a inicios de junio de 2005, indican que la energía fotovoltaica puede aportar entre 20 y 25 %, alrededor del 2040, y al mismo nivel estarían la energía eólica y la solar térmica, siempre para la producción de energía eléctrica.

La energía solar indirecta ya ha alcanzado la madurez tecnológica en muchos sectores.

Energía producida por el viento

Particularmente avanzado resulta el sector de la energía eólica, que se genera por diferencias de temperaturas y presión en la atmósfera ocasionadas por los rayos del Sol. Ya en las civilizaciones griegas y romanas, y luego en el Medioevo, estaban difundidos en Europa los molinos de viento. En la actualidad los que apoyan el uso de las energías renovables tratan de darle un nuevo impulso a este

tipo de energía indirecta, extremadamente prometedora. Los países más avanzados son Dinamarca, Alemania, Suecia, Holanda, España, Estados Unidos (California), Canadá y China. En Dinamarca y Alemania las instalaciones pertenecen y están administradas por numerosas cooperativas campesinas. Se construyen frecuentemente parques eólicos donde se registran velocidades del viento bastante constantes y elevadas (por lo menos, 4 m/s). En el Sur del mundo las proyecciones para el desarrollo de la energía eólica son extraordinarias.

Hoy en día están desarrollados sistemas basados en la energía eólica en la India y Marruecos. En Cuba, donde en varias zonas existen velocidades satisfactorias del viento, se proyectan parques eólicos de notable potencia con la colaboración de España, Dinamarca y Canadá.

Los aerogeneradores son fundamentalmente de eje horizontal orientable y alcanzan potencias de hasta 3-4 MW en tierra firme y 5 MW en aplicaciones *offshore* (en el mar). Dos de este último tipo, con un rotor de 120 m de diámetro, están funcionando en Alemania (ver la revista *Renewable Energy World*, noviembre-diciembre, 2004). Están divididos en generadores de velocidad variable y constante. Existen también generadores con regulación de potencia llamada *pitch regulation*, obtenida mediante la rotación de las palas alrededor de su eje radial, de modo que cambie el ángulo de arranque con regulación de potencia (*stall regulation*), donde la variación de potencia es obtenida mediante un perfil particular de las palas sin ninguna rotación adjunta.

En los casos de grandes potencias y casi siempre en los de pequeña, la energía del viento se convierte en energía eléctrica que se suministra normalmente a la red eléctrica. Sin embargo, existen algunas aplicaciones para los de baja potencia donde la energía del viento se convierte en mecánica para el bombeo del agua y el riego. Existen también aerogeneradores de eje vertical, similares a los generadores Savonius, normalmente de pequeñas dimensiones, no superiores a los 10 kW, y a los generadores Darrieus.

Está en fase de desarrollo un generador eólico patentado con el nombre Electric Power System (EPS), de potencia de 2 MW, con características técnicas muy ventajosas por su alta eficiencia, pequeño tamaño, facilidad de construcción y, además, por ser particularmente propio para países tropicales como Cuba, donde con frecuencia hay huracanes. En efecto, se trata de un generador eólico de eje horizontal, que no tiene largas palas que puedan dañarse si soplan fuertes vientos. Además, está constituido por una turbina semejante a la

de los aviones a reacción, y se pueden utilizar técnicas de construcción bien conocidas. Comparado con un generador eólico de eje horizontal convencional de igual potencia, tiene un diámetro tres veces inferior, un peso cuatro veces inferior y la torre es de tipo telescópico, de manera que con facilidad se puede hacer el montaje de la turbina, variar su altura y bajarla en casos de condiciones meteorológicas peligrosas. Además, el generador EPS convierte una parte de la energía térmica del viento en energía cinética, con el consiguiente incremento de la producción de electricidad y, debido a la reducción de temperatura, se condensa el vapor del aire con producción de agua, que se puede utilizar para el riego, etc. Se trata, entonces, de una nueva generación de aerogeneradores de gran interés para un futuro próximo.

La energía eólica está desarrollándose mucho. A finales de 1993 la potencia eléctrica instalada en los aerogeneradores europeos había superado los 1 100 MW, similar a la potencia de una megacentral térmica o nuclear. A finales de 1997 la potencia instalada resultó ser superior a 4 400 MW. Según la revista *Renewable Energy World* (julio-agosto, 2004), a finales del 2003 Alemania llegó a una potencia eólica instalada de 14 612 MW; España, de 6 420 MW, y Dinamarca, de 3 076 MW. Al final del 2004 la subida de la potencia eólica fue particularmente grande: en el mundo se llegó a 47 000 MW; a nivel europeo, a más de 34 000 MW, y en Alemania, a 16 630 MW.

Energía cinética del agua

El ciclo del agua está conformado por las evaporaciones de los mares, la condensación del vapor en la atmósfera con la formación de las nubes y la lluvia, la formación de torrentes y ríos, y su retorno a los mares. El agua es, por tanto, movida por la energía de los rayos del Sol.

El sector hidroeléctrico, en el cual la energía del agua se convierte en energía eléctrica a través de turbinas y generadores, es importante, pero delicado. Existe la tendencia a construir grandes centrales, como está aconteciendo en Brasil, por ejemplo, con el peligro de provocar graves daños ecológicos. La vía correcta es lo contrario: instalar pequeñas mini-hidroeléctricas con pequeñas centrales del orden de las decenas de kilowatt y hasta algunos megawatt, siempre cuidando de utilizar sólo una pequeña parte del agua de un torrente o de un río, de modo que se reduzca al mínimo el impacto ambiental. En algunos casos se pueden construir centrales de algunas decenas de megawatt sin provocar daños.

El sistema minihidro es el «hijo» de los antiguos molinos de agua. Se utilizan varios tipos de turbinas. La Pelton, de impulso hidráulico, está formada por una rueda con «cucharas» sobre las cuales son dirigidos uno o más chorros de agua. Se emplean normalmente en centrales hidroeléctricas donde la energía hídrica es almacenada en lagos o cuencas de reservas de agua. La turbina se coloca al final de una tubería que está obligada a soportar grandes ángulos de inclinación, conectada con la cuenca de reserva. Con saltos hidráulicos elevados, superiores a 250 m, se alcanzan rendimientos de conversión de energía eléctrica iguales o superiores a 90 %. La mayoría de las turbinas hidráulicas son del tipo a reacción. Una de ellas es la Francis, adaptada para saltos entre 25 y 250 m; en el caso en que los saltos estén fluctuando se utilizan hélices con palas de orientación variable (en algunos casos con control automático), que pueden adaptarse a las variaciones. Se trata de turbinas Kaplan, llamadas así por el nombre de su inventor Viktor Kaplan, que las patentó en 1913.

El sistema híbrido lleva consigo ventajas económicas, sociales y ambientales, sobre todo en los países del Sur del mundo (*Mini Hydro-power*, 1997):

- Suministra energía eléctrica barata, de forma descentralizada, a los habitantes y las industrias del lugar.
- Permite combinar la producción de energía eléctrica con sistemas de riego y de prevención de inundaciones, promoviendo de esta forma la agricultura y la ganadería.
- Crea puestos de trabajo en el mismo lugar y aumenta el estándar de vida de la población rural, a la vez que reduce el éxodo del campo a la ciudad.
- Mejora la situación económica de las administraciones locales, favoreciendo así la descentralización política.

En varios países de América Latina se van promoviendo proyectos y construcciones de minihidro para la producción local de energía eléctrica. En particular Cuba, después del triunfo de la Revolución, con el Che como uno de los grandes impulsores de las minihidroeléctricas, ha construido numerosas instalaciones, sobre todo en la zona montañosa del oriente del país. A finales de los años noventa se retomó con fuerza la utilización de esta forma de energía renovable.

Las posibilidades de utilización de la energía cinética del agua no concluyen aquí.

Las corrientes submarinas permiten obtener energía eléctrica mediante el uso de las turbinas, semejantes constructivamente a las del viento. Un primer prototipo de pequeña turbina de 2 kW fue probado en 1985 en la corriente del golfo de México, cerca de la Florida. Hoy existen en proyecto turbinas con potencia de 100 kW y de 1-2 MW, semejantes al prototipo inicial. La Canadian Researches desde 1979 está estudiando un tipo de turbina Darrieus de eje vertical. La Tyson-Turbines Ltd. ya ha puesto en el mercado turbinas de potencias del orden de los 700 kW, probadas en los mares de Australia, Filipinas, México, Estados Unidos y Canadá.

También la energía de las olas puede ser utilizada para obtener energía eléctrica. Los equipos empleados son de varios tipos y se componen de palancas, excéntricas, bombas hidráulicas, columnas de agua oscilante, etc. Los países donde más se estudian estos equipos son Japón, India, Gran Bretaña y Noruega. Este último país tiene en funcionamiento una instalación de 350 kW.

Finalmente, también hay que tener en cuenta la energía de las mareas. El agua que sube de nivel en la fase de marea alta es almacenada en una cuenca protegida por una barrera. En la fase de marea baja, el agua se hace fluir a través de una turbina. Es obvio que en esta forma la producción de energía eléctrica es discontinua y cambia con relación a la posición de la Luna respecto a la Tierra. Existen cuatro países con sistemas de este tipo en funcionamiento: Francia, Rusia, China y Canadá, con una potencia eléctrica total de 260 MW. Canadá investiga la posibilidad de instalar nuevos sistemas de mayor potencia.

Energía de la biomasa

La biomasa está considerada como una de las principales fuentes de energía renovable en el futuro, para la producción de biocombustibles que sustituyan a los fósiles y para la producción de energía eléctrica y eventualmente calor (con equipos de cogeneración). El interés en esta forma de energía está creciendo cada vez más, como lo demuestran los frecuentes congresos internacionales sobre el tema. Entre otros, resultó de particular importancia el que tuvo lugar en Wurzburg, Alemania, entre el 8 y el 11 de junio de 1998, con el título *Biomass for Energy and Industry*. Según estudios, en el 2025 de 40 a 50 % de la energía primaria mundial podría proceder de la biomasa empleada racionalmente, con tal de que exista la voluntad política de ir en esa dirección.

Es factible utilizar la biomasa en forma cíclica con fines energéticos, de modo semejante a lo que ocurre en el ciclo fundamental de la vida, que incluye la fotosíntesis, mediante la cual los vegetales, los animales y el hombre al respirar y nutrirse utilizan la energía del Sol y la transforman en energía vital.

En este ciclo las plantas absorben el agua a través de las raíces, respiran el anhídrido carbónico del aire por las hojas y absorben la energía solar también por ellas; combinan químicamente (fotosíntesis) en una reacción de reducción, el agua y el anhídrido carbónico en azúcares y almidones, utilizados a su vez como nutrientes por los animales y el hombre.

Las plantas, además, mediante sus hojas incorporan oxígeno al aire. Los animales y el hombre respiran el oxígeno, que se combina con los azúcares y los almidones por un proceso químico exotérmico de oxidación. Así se libera la energía empleada en todas las funciones vitales (movimiento de las articulaciones, del corazón, etc.) y se suministra como subproductos anhídrido carbónico y vapor de agua, que una vez espirados regresan al ciclo.

En el caso de la utilización del ciclo de la biomasa para la producción de energía con fines industriales, el sistema pulmonar se sustituye por pequeñas turbinas o motores que queman biomasa sólida, líquida o gaseosa para producir energía eléctrica, motriz y térmica.

Análogamente al ciclo natural, las plantas durante su crecimiento absorben el anhídrido carbónico del aire, que después se libera en igual cantidad en el momento de la combustión, y no se incrementa por eso el efecto invernadero. Las emisiones de óxido de azufre y nitrógeno que producen las lluvias ácidas pueden mantenerse en valores bajos.

La biomasa vegetal leñosa se transforma en combustible mediante varios procedimientos, entre los que se encuentran: corte, pulverización, empaquetado, licuefacción y gasificación. A los procesos de licuefacción pertenecen los de conversión termodinámica *Flash Pyrolysis* y *Up-Grading*. Producen combustible líquido como sustituto del diésel normal, así como los utilizados para la producción de bioetanol. Los procesos de gasificación más eficientes son los de alta presión. Las plantas más idóneas para producir energía son las C₄, llamadas así en virtud de que durante el proceso de fotosíntesis se forma un compuesto intermedio de cuatro átomos de carbono (normalmente son tres) que eleva el rendimiento energético. Existen cerca de 1 700 especies de este tipo de plantas, aptas para vivir en variados tipos de climas, entre las que se encuentra el conocido sorgo *zuccherino*.

Existen también carburantes líquidos constituidos por aceites de plantas no refinados, obtenidos del girasol, las avellanas, del fruto de las palmas, etcétera.

Importante es utilizar la biomasa de manera correcta. En el mundo faltan tierras cultivables para la alimentación y entonces sería por supuesto un grave error emplear estas tierras exclusivamente para producir biomasa combustible. Muy correcta, al contrario, es la utilización como combustible de los desechos de productos agrícolas (bagazo, etc.) y de los bosques o de plantas que revitalizan zonas desérticas (*Jatropha curcas*, etc.).

En los países tropicales la energía de la biomasa puede desempeñar un papel fundamental. En Tailandia, Islas Mauricio, India, Brasil y Cuba, países productores de azúcar, se utiliza el bagazo de la caña en las instalaciones de cogeneración para la producción de energía eléctrica y calor.

En Cuba, cerca de 30 % de la energía procede de la biomasa, y existen proyectos avanzados, llevados adelante por el Ministerio del Azúcar (MINAZ), en cooperación con las universidades y otros centros de estudios, para incrementar fuertemente la producción de energía a partir del bagazo mediante el uso de equipos eficientes.

Además, el Departamento Agropecuario del Ministerio de Educación (MINED) instaló en más de setecientas escuelas rurales, localizadas en todo el país, cocinas eficientes donde se pueden quemar, además de la leña seca, otros tipos de biomasa, como el bagazo de caña, la planta seca de maíz, la cáscara del coco y del arroz, el aserrín, etc. El alto rendimiento de estas cocinas se obtiene por la adecuada dimensión de la cámara de combustión, de la chimenea y del mueble externo. En ellas se utilizan materiales térmicos aislantes, fundamentalmente colocando entre la cámara de combustión y el mueble externo una mezcla homogénea térmico-aislante hecha de aserrín y barro a 50 %. Las instalaciones del MINED tienen una importancia relevante porque desarrollan en los jóvenes la cultura del «camino del Sol».

Energía del biogás

Un sector que podrá tener un gran desarrollo en las zonas agrícolas, sobre todo en los países del Sur del mundo, es el del biogás, que se obtiene con la fermentación de material orgánico fuera del contacto con el aire. El material orgánico que debe emplearse es variado, como son los excrementos de animales o los desechos orgánicos de las cocinas.

La sustancia orgánica se envía a un contenedor aislado térmicamente para la fermentación. Las bacterias transforman la sustancia

orgánica en ácidos y alcoholes, en una primera fase (ácida); durante la segunda fase (metanogénica), en metano (aproximadamente, 60 %) y bióxido de carbono (casi 40 %) y residuos de otros gases.

El biogás obtenido puede posteriormente ser quemado en los equipos normales que trabajan con gas (hornillas, motores, turbinas) o en celdas de combustible para la producción de energía eléctrica. La producción del biogás, además de incrementar las fuentes renovables, evita la dispersión de metano que no ha sido quemado (uno de los factores que generan el efecto invernadero). Además, los residuos de producción bajo formas de desechos sólidos se pueden utilizar como abonos inodoros y no contaminantes, reduciendo así la contaminación de los terrenos y de las aguas subterráneas.

El biogás se produce en muchos países del Norte y del Sur, también en América Latina; por ejemplo en Cuba, con muy buenos resultados. Los países con programas avanzados son China y la India.

La tendencia es a no detenerse en la construcción de equipos a pequeña escala para uso familiar, sino desarrollar equipos más grandes que puedan ser administrados y utilizados por toda la comunidad.

3.4. ALMACENAMIENTO DE LA ENERGÍA

La energía del Sol en su forma directa (solar, térmica y fotovoltaica) tiene un carácter fluctuante (día y noche, verano e invierno, cielo nublado y despejado). Lo mismo puede afirmarse, aunque en forma menos acentuada, de la energía eólica. El agua, aunque también tiene un carácter fluctuante, puede ser almacenada en embalses para después ser utilizada en el momento oportuno. Las únicas energías solares indirectas que se pueden almacenar sin problemas son la biomasa y el biogás.

¿Cómo resolver este problema? Es posible construir sistemas para almacenar pequeñas cantidades de energía eléctrica, por ejemplo en un sistema fotovoltaico, con la utilización de baterías. Actualmente los problemas relacionados con la contaminación son fácilmente superables, siendo posible reciclar sus componentes. Nuevos modelos de baterías de zinc-aire permiten concentrar en pequeños volúmenes cantidades relevantes de energía y facilitar así el reciclaje. Desde 1996, sesenta automóviles eléctricos que se utilizan en las oficinas postales de Berna, Alemania, son accionados por estas baterías.

Existe además la posibilidad, para cantidades mayores de energía eléctrica, de conectar las instalaciones productoras de electrici-

dad a la red, la cual puede absorber fácilmente los desequilibrios debido a desfases entre oferta y demanda de energía.

Con respecto a la energía térmica solar, el acumulado termoquímico permite la autonomía energética completa de viviendas privadas o empresas de pequeñas dimensiones. Se trata de un generador solar (Fig. 3.14), que funciona mediante un concentrador, espejo de los rayos solares.

La energía térmica así recogida es utilizada para calentar el hidruro de magnesio (compuesto formado de magnesio e hidrógeno), a temperaturas superiores a 200 °C. El hidruro libera el hidrógeno y absorbe una gran cantidad de calor. El calor será después liberado cuando el hidrógeno entre en contacto nuevamente con el magnesio.

La energía obtenida es utilizada directamente como energía térmica, o transformada en energía eléctrica a través de un motor Stirling. Así, un kilogramo de magnesio puede acumular aproximadamente un kilowatt de energía. Por tanto, en un espacio reducido se puede almacenar una cantidad elevada de energía.

Un ejemplo especialmente aplicable en el Sur del mundo sería el siguiente: en un país tropical con una radiación solar de 7 kWh/m² diario, un equipo de pequeñas dimensiones puede satisfacer la exigencia energética de una familia.

Es suficiente un espejo de 3 m² de superficie que recibe 21 kWh al día. Por el día el equipo puede proporcionar 3 kWh de energía térmica para cocinar, 1 kWh de electricidad y 3 kWh para agua caliente. De noche puede producir 3 kWh para el refrigerador, 1 kWh de energía térmica y 2 kWh de electricidad. Un total de 13 kWh utilizables sobre los 21 kWh de energía solar recibida, con un rendimiento de 60 %.

Los sistemas de acumulación termoquímicos con hidruros de magnesio fueron desarrollados principalmente por el Instituto Max Planck, de Alemania, y ahora (2005) ya se producen a nivel industrial.

Un sistema eficiente para almacenar grandes cantidades de energía térmica solar en cada temporada es el que utiliza grandes contenedores de cemento puestos bajo tierra, recubiertos en el interior por planchas de metal para captar el calor y aislados en el exterior con un estrato de material aislante (por ejemplo, lana de vidrio). En los meses calientes del verano, los colectores solares, instalados en los techos de las casas, suministran agua caliente a los contenedores con una temperatura de aproximadamente 80 a 90 °C, que se mantiene en valores elevados también en invierno (pérdidas de 10 %).

En el período frío el agua es extraída de los contenedores y utilizada en las viviendas. Para darse cuenta de las dimensiones que pueden alcanzar

estas instalaciones, desde octubre de 1996 en la ciudad de Friedrichshafen, Alemania, está funcionando un sistema de este tipo con un volumen útil de almacenamiento del agua de 12 000 m³, que proporciona agua caliente a casi trescientas viviendas (*Sonnenenergie & Wärmetechnik*, No. 4, 1997).

**Ciclo continuo del generador solar
con acumulador termoquímico de energía**

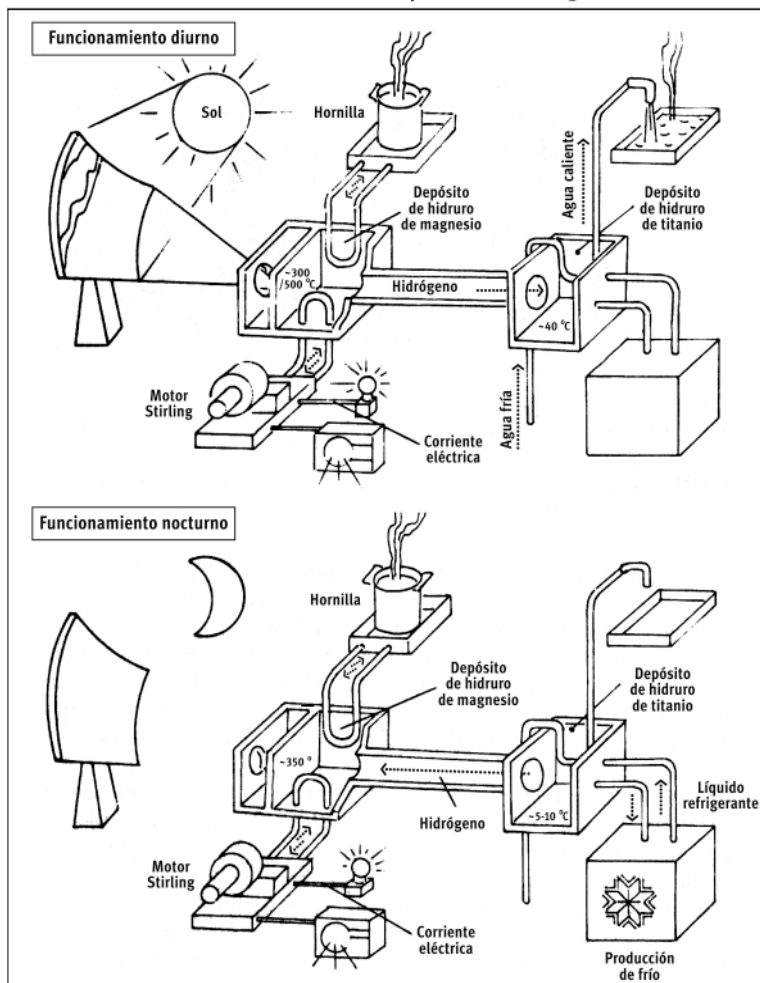


Fig. 3.14. Esquema del funcionamiento del generador solar con acumulador termoquímico de energía. Prototipo construido por la firma Bomin Solar, Alemania.

El verdadero sistema que ha revolucionado las posibilidades del almacenamiento y transporte de grandes cantidades de energía solar es el hidrógeno, el cual junto con la biomasa está llamado a convertirse en el combustible y el carburante del futuro. Sólo así podrá ser eliminado a largo plazo el uso de los materiales nucleares y de los fósiles.

La resonancia de la Eleventh World Hydrogen Energy Conference, que tuvo lugar en Stoccarda, Alemania, en junio de 1996 y la duodécima en Buenos Aires, Argentina, en junio de 1998, así como el interés por el The Hydrogen Energy Forum 2000, llevada a cabo en Munich, Alemania, en septiembre del 2000, muestran el papel creciente del hidrógeno solar en el desarrollo de las fuentes renovables.

3.4.1. MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

El hidrógeno puede obtenerse de diversas maneras a partir del agua. Para pequeñas cantidades se puede pensar en la fotoelectrólisis directa, es decir, en la separación de hidrógeno y oxígeno con ayuda de la luz solar, utilizando como catalizadores bacterias biofotolíticas del tipo cianobacterias. Con este sistema ya se obtienen altos rendimientos.

Un sistema ya experimentado e idóneo para la producción de grandes cantidades de hidrógeno es el electrolítico, según el cual, aplicando corriente continua a una solución acuosa, se obtiene hidrógeno en el electrodo negativo (cátodo) y oxígeno en el positivo (ánodo). La energía eléctrica necesaria se abastece mediante sistemas fotovoltaicos o por generadores accionados tanto por turbinas térmicas solares como por turbinas eólicas o hidráulicas. La energía eléctrica proveniente de las centrales fósiles o nucleares no se toman en consideración, por cuanto las ventajas ecológicas del hidrógeno producido de este modo se eliminarían según las fuentes energéticas primarias que lo generan.

3.4.2. EL PAPEL DEL HIDRÓGENO EN LA ERA SOLAR

El hidrógeno solar constituye el combustible ideal del futuro porque es:

- *Inagotable.*
- *Limpio.* De su combustión se obtiene agua y no CO_2 , primer responsable del efecto invernadero, y tampoco óxidos de azufre, una de las causas de las lluvias ácidas. Si el hidrógeno se quema en

atmósfera de oxígeno y no en el aire, se elimina la producción de óxidos de nitrógeno, también responsables de las lluvias ácidas.

- *Más seguro que el gas natural.* El gas es más pesado que el aire y en el caso de pérdidas tiende a acumularse en los lugares, por ejemplo, en las cabinas, con posibilidad de incendios y explosiones. El hidrógeno, en cambio, es más ligero que el aire y sube fácilmente a través de los respiraderos. Con respecto a la explosividad, agregando al hidrógeno pequeñas cantidades de elementos específicos se alcanzan niveles análogos a los del gas natural.
- *Enteramente reciclable.* En sus dos fases de producción y utilización forma un verdadero ciclo similar a los elementos naturales: la energía del Sol separa el agua y produce hidrógeno que, en las siguientes fases de combustión y en presencia de oxígeno, nuevamente se formará agua, que regresa al ciclo.
- *Fácil de transportar.* En forma gaseosa se le hace fluir a través de tuberías que, naturalmente, deben ser construidas con materiales y juntas cerradas para evitar pérdidas de este gas tan ligero. En forma líquida es transportado en cisternas a presión (camiones, trenes y barcos cisterna). El hidrógeno también se puede combinar con metales y dar lugar a hidruros, o con tolueno y formar compuestos (por ejemplo, el metilciclohexano) de fácil transporte. Al final se puede combinar con el anhídrido carbónico (CO_2) para formar biometanol (CH_3OH) mediante un proceso parecido a la fotosíntesis natural. En esta última, la energía solar sirve para descomponer en hidrógeno y oxígeno el agua absorbida por las raíces de las plantas. El hidrógeno después se combina con el anhídrido carbónico absorbido por las hojas para formar azúcares y almidones, es decir, biomasa. En el caso del biometanol se usa la energía solar para descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno, y después se utiliza el anhídrido carbónico emitido por fábricas, instalaciones de depuración de agua, etc., para combinarla con el hidrógeno, de modo que se obtiene bioetanol. Este es un combustible con características análogas a los normales hidrocarburos líquidos. Podrían así evitarse modificaciones a las infraestructuras energéticas existentes, en particular se mantendrían inalterados los actuales sistemas de transporte. Este último método ha sido estudiado en la Universidad de Wiesbaden, en Alemania (Proyecto de técnicas del hidrógeno solar de Russelsheim, dirigido por el profesor Schulien).
- *Útil.* Su utilización es similar a la de un combustible fósil gaseoso como el metano.

Ejemplos típicos son su empleo para el calentamiento y los procesos térmicos industriales. Utilizado en quemadores que funcionan por difusión (también en hornillas con fines familiares) con catalizadores de platino que bajan considerablemente las temperaturas de combustión, se aumenta el rendimiento y se reducen las emisiones de óxido de nitrógeno.

Otro ejemplo es su empleo en las celdas de combustible que funcionan exactamente al opuesto de un electrolizador. En efecto, en dichas celdas se produce una combustión electroquímica fría que combina hidrógeno (en lugar de metano) y oxígeno con producción directa de electricidad sin componentes en movimiento. Se pueden alcanzar así rendimientos elevados de 60 a 80 %.

Un ejemplo clásico de aplicación del hidrógeno es en los motores de los aviones y de los automóviles. Se hicieron experimentos y ya existen prototipos en funcionamiento. Relativo a los automóviles, además de la utilización del hidrógeno como carburante, en lugar del gas metano se está pensando en el empleo de una celda de combustible que alimente un motor eléctrico. Los rendimientos, de esta manera, serían tres veces mayores y la emisión de óxidos de nitrógeno será eliminada. Podrían construirse, finalmente, automóviles absolutamente silenciosos. Este tipo de utilización va a ser muy útil para el ferrocarril, ya que puede funcionar con motor eléctrico sin necesidad de construir líneas eléctricas muy costosas.

Estudios y proyectos para la producción de hidrógeno a gran escala

Grandes cantidades de hidrógeno, capaces de cubrir 30 a 40 % de las necesidades energéticas mundiales, deben ser producidas en zonas con características adecuadas: la insolación debe ser del orden de los 2 000 kWh/m² por año, y el terreno debe ser desértico y al mismo tiempo rocoso para evitar tormentas de arena, que dañarían las instalaciones solares. Están disponibles cerca de 2 000 000 km² de superficie adecuada a este fin, que corresponden a 5 % de la superficie de los desiertos. Zonas particularmente apropiadas se encuentran en el Norte de África y en Arabia; también América Latina, Asia central y Australia ofrecen buenas posibilidades. En este caso, la energía eléctrica obtenida mediante celdas fotovoltaicas y (o) colectores solares, alimentaría en el mismo lugar celdas electrolíticas que producirían hidrógeno, un combustible óptimo, transportable hasta los lugares de consumo a través de tuberías comunes (instalaciones para la producción de hidrógeno por vía electrolítica y para su

transporte están ya funcionando hace muchos años en Alemania y Noruega, y son utilizados por la industria química).

Para pasar de la energía solar a la energía disponible al consumidor con un rendimiento global de 3,5 % (10 % para la conversión fotovoltaica, 80 % para la electrólisis del agua y el restante dejado por cuenta del posible grado de utilización de las superficies consideradas, de las pérdidas en el transporte del hidrógeno y en la transmisión de la energía eléctrica), serían suficientes cerca de $900 \times 10^3 \text{ km}^2$ de superficie para cubrir la actual demanda mundial de energía a nivel de consumidores (cerca de 5 500 Mtep) y menos de $130 \times 10^3 \text{ km}^2$ para la demanda energética europea. La necesidad de hidrógeno en Europa, correspondiente a 30-40 % de su demanda global de energía, exigiría $40\text{-}50 \times 10^3 \text{ km}^2$ de superficie.

La tabla 3.1 y la figura 3.15 dan una idea de la disponibilidad existente en nuestro planeta para la producción de hidrógeno.

TABLA 3.1
Superficie disponible
para la producción de hidrógeno a partir del Sol

	100 %	aproximadamente. 2 000 000 km^2 (total de la superficie mundial necesaria para la producción de hidrógeno con energía solar). Puede ofrecer más de 12 000 Mtep/año. Corresponde al 5 % de la superficie total de los desiertos
MUNDO		
AUSTRALIA	11,70 %	aprox. 234 000 km^2
MEDIO ORIENTE	24,20 %	aprox. 484 000 km^2
NORTE DE ÁFRICA	44,25 %	aprox. 885 000 km^2 (disponibilidad de la superficie necesaria para la producción de hidrógeno con energía solar)
PAÍSES ASIÁTICOS	10,10 %	aprox. 202 000 km^2
AMÉRICA DEL SUR	4,5 %	aprox. 90 000 km^2
AMÉRICA DEL NORTE	3,25 %	aprox. 65 000 km^2
SUR DE ÁFRICA	2 %	aprox. 40 000 km^2
	45 %	aprox. 900 000 km^2 (superficie suficiente para cubrir todas las necesidades mundiales de energía) aprox. 5 500 Mtep/año.
	6,5 %	aprox. 130 000 km^2 (superficie para el 100 % de las naciones europeas)
	2,6 %	aprox. 52 000 km^2 (superficie para el 40 % de las naciones europeas)
	0,83 %	aprox. 16 500 km^2 (superficie para el 100 % de Italia)
	0,33 %	aprox. 6 600 km^2 (superficie para el 40 % de Italia)



Fig. 3.15. Superficie necesaria para la producción de 40 % de las necesidades de energía europeas y mundiales, comparadas con la superficie del Norte de África.

Un proyecto efectivo de producción y distribución del hidrógeno, estudiado en sus aspectos técnicos y económicos por el Instituto de Investigación Espacial de Stoccarda, se presenta en las figuras 3.16 y 3.17.

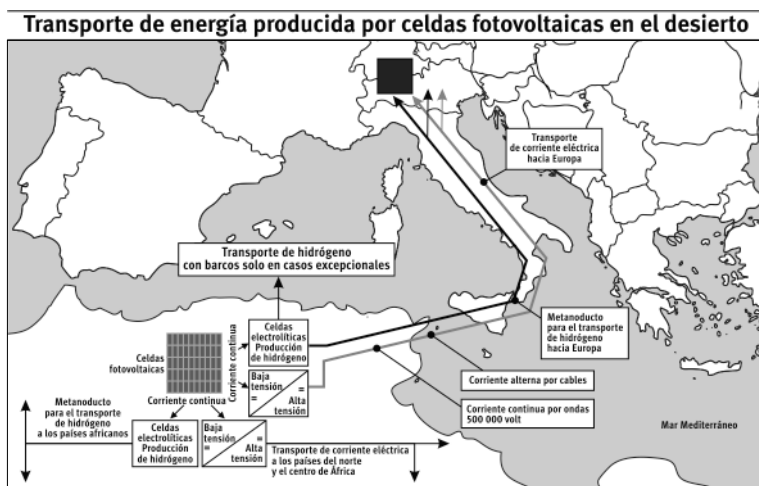


Fig. 3.16. Esquema de posibles sistemas de transportación del hidrógeno y de la corriente eléctrica producida con la energía solar de los desiertos rocosos.

Energía solar, producción, transporte y utilización del hidrógeno

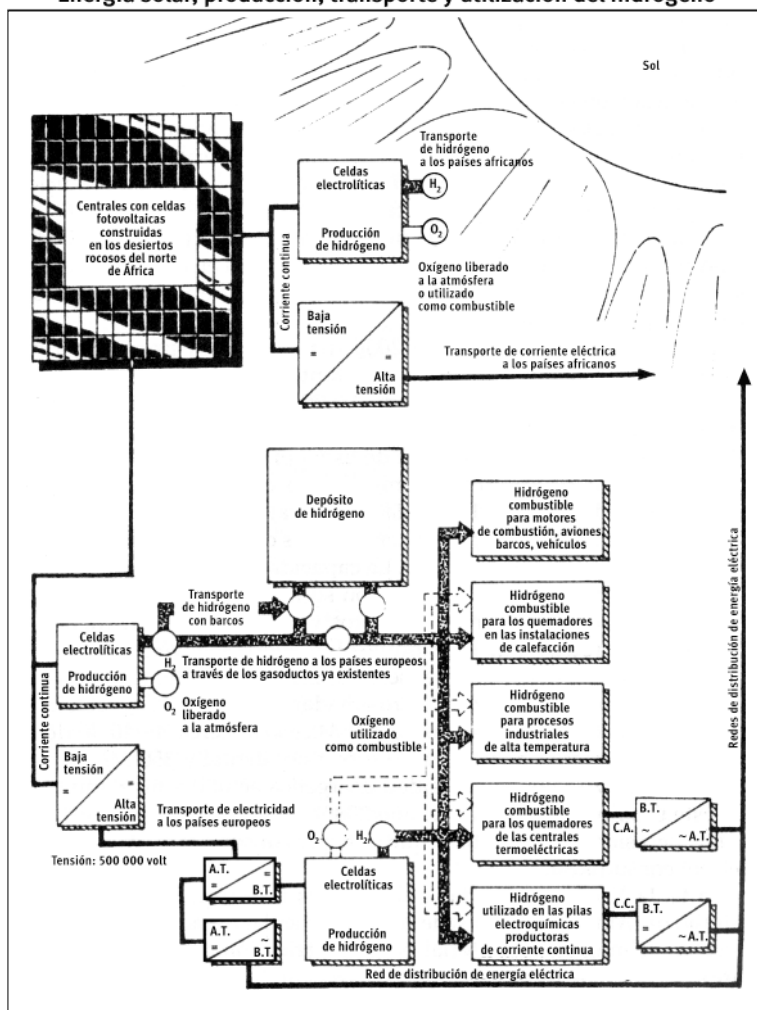


Fig. 3.17. Utilización de la energía solar a distancia con producción de hidrógeno y de energía eléctrica como fuente secundaria del transporte.

Como se observa en las figuras, se ofrecen diversas soluciones: producción de hidrógeno donde se recoge la energía solar y su transporte (vía metanoducto o vía marítima), transporte de la energía eléctrica (vía cables submarinos o aéreos sobre tierra firme) y generación del hidrógeno cerca de las zonas de consumo o, en fin, la construc-

ción de un sistema mixto. Esta última solución parece ser la más válida, las mayores centrales solares para la producción de hidrógeno no deberían superar los 100 MW, para mantener una adecuada descentralización.

A partir de los estudios del citado instituto de Stoccarda, Suiza organizó el proyecto SHEE-TREE (hidrógeno obtenido por la energía solar y producción de energía eléctrica), redactado por el profesor Joaquín Sobek, de Wiesbaden. Este proyecto fue presentado en el Simposio Internacional efectuado en Zurich, el 1^{ro} de noviembre de 1989, sobre la «Utilización del hidrógeno producido por la energía solar para evitar una catástrofe ecológica». En él participaron más de trescientos especialistas provenientes de todo el mundo, entre los cuales se encontraban Sevin Kiciman, de la ONU, y Hermann Scheer, presidente de Eurosolar.

El proyecto SHEE-TREE se propone cubrir 50 % de todo el consumo de energía en Suiza únicamente con el hidrógeno solar; además, prevé la participación eventual e implicación de los países colindantes, por tanto, también de Italia. Por el momento, los países africanos que se han declarado disponibles son Marruecos y Túnez. Las inversiones necesarias fueron calculadas, solamente para Suiza, en doscientos veinte mil millones de francos suizos, que corresponden a ciento cuarenta mil millones de dólares.

Naturalmente, estos proyectos a gran escala son compatibles con el camino del Sol sólo en el caso de una verdadera colaboración entre el Norte y el Sur, sin formas de explotación por parte de los países del Norte, y una fuerte utilización de hidrógeno en los lugares en que se produce.

Proyectos y realizaciones de pequeñas y medianas dimensiones para la producción y la utilización del hidrógeno

El experimento realizado en Suecia, aunque de pequeñas dimensiones, resulta muy interesante, pues se construyó un generador eólico de 55 kW de potencia eléctrica que se utiliza en parte directamente para el consumo doméstico normal y en parte para la producción de hidrógeno, que después es almacenado en un contenedor de hidruros y posteriormente utilizado como combustible para la cocina de gas y como carburante para alimentar un automóvil. Este sistema funciona sin fallas desde 1986.

Consorcios automovilísticos, como la BMW alemana, están experimentando, con buenos resultados, la utilización del hidrógeno como carburante de los automóviles que ellos fabrican, oportunamente modificados. Lo mismo hace la MAN alemana con sus ómnibus.

Existe también un proyecto piloto europeo-canadiense (Euro-Quebec) en el cual está prevista la utilización de energía eléctrica producida en Canadá por centrales hidráulicas para la producción de hidrógeno que, más tarde, se llevará por vía marítima a Europa, donde será utilizado para poner en funcionamiento 800 ómnibus del sistema de transportación urbana, un avión, una celda combustible y centrales de cogeneración para la producción de electricidad y calor.

Un proyecto piloto de producción fotovoltaica de hidrógeno fue realizado en Neunburg vom Wald en Baviera, Alemania, por la empresa Solar-Wasserstoff (H₂)-Bayern, donde se producían 50 000 m³ de hidrógeno al año a finales del pasado siglo. Ahora este proyecto terminó su función, pero en el 2005 se están desarrollando otros proyectos para que circulen autobuses abastecidos con hidrógeno alrededor de la ciudad de Munich en dirección al aeropuerto.

El Programa para la Investigación y el Desarrollo Hysolar, fruto de la colaboración entre Alemania y Arabia Saudita (en Alemania llevado adelante por la DLR de Stoccarda), ya terminó a finales de 1995 su segunda fase, y no pasó a la tercera porque concluyó esta colaboración. En Arabia, en el Solar Village –cerca de Riyadh–, está funcionando una instalación demostrativa de 350 kW, que incluye un sistema fotovoltaico con concentradores de lentes Fresnel, el cual consigue un rendimiento superior a 13 %, un equipo avanzado para la electrólisis del agua y un acumulador de hidrógeno en contenedores de presión. En Stoccarda está funcionando un equipo fotovoltaico de 10 kW conectado a un electrolizador.

El hidrógeno es también utilizado para estudiar los diferentes tipos de combustión catalíticas, una de las formas más seguras, limpias y eficientes de utilización de este combustible para desarrollar nuevos motores diésel y de hidrógeno, así como para proyectar celdas de combustible del tipo ácido fosfórico (*Phosphoric Acid Fuel Cell*) y del tipo alcalino con electrodos de difusión de gas (*Gas Diffusion Electrodes Alkaline Fuel Cell*).

La Universidad de Campina, en Brasil, está estudiando la posibilidad de desarrollar, en cooperación con otros países, un programa similar al Hysolar, ya que en la región nordeste de ese país podría realizarse una utilización potencial muy elevada del sistema fotovoltaico (1 800 kWh/m² al año; en Arabia Saudita está en el orden de los 2 400 kWh/m²).

Algunos países de América Latina están, de hecho, fuertemente interesados en el hidrógeno solar. La XII World Hydrogen Energy Conference, que tuvo lugar en Buenos Aires en junio de 1998, es una prueba evidente. En el campo del hidrógeno no debe dejarse de men-

cionar un país latinoamericano, aunque faltan realizaciones efectivas por las dificultades económicas causadas por el bloqueo al que se encuentra sometido: Cuba.

Varias universidades, entre ellas la Universidad Técnica de Energías Renovables de La Habana, el Instituto de Materiales y Reactivos para la Electrónica, la Universidad de Oriente y el Centro de Investigaciones de la Energía Solar (CIES), ambos en Santiago de Cuba, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) y el Ministerio del Azúcar (MINAZ), están llevando adelante estudios interesantes. Uno de estos se refiere a la utilización del hidrógeno solar como combustible para transportar la caña de azúcar a su industria de elaboración, utilizando para la hidrólisis del agua la energía eléctrica producida por centrales de cogeneración alimentadas con bagazo y paja.

3.4.3. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO A GRAN ESCALA: ASPECTOS TÉCNICOS

Se trata de estudios interesantes, pero es muy importante evitar errores de centralización a fin de mantener el sentido del camino del Sol.

En el estudio de Winter y Nitsch, de Stoccarda, *Wasserstoff als Energietrager-Technik Systeme, Wirtschaft*, se expresan los aspectos técnicos para la producción industrial del hidrógeno.

Con respecto a la investigación y al desarrollo, el acento tiene que ser puesto sobre los puntos siguientes:

- Proyectos pilotos de diferentes magnitudes para la producción de energía eléctrica, ya sean térmicosolar, fotovoltaicos, energía eólica o hidráulica.
- Investigación en el campo de los materiales semiconductores para la mejoría del rendimiento de las celdas solares fotovoltaicas (de silicio policristalino, amorfo, etc.).
- Mejoría de las técnicas electrolíticas para la transformación del agua en sus componentes: hidrógeno y oxígeno.
- Mejoría de los medios de almacenamiento y transporte del hidrógeno (la industria química alemana de la Renania-Westfalia adquirió una larga experiencia en este campo, al poner en funcionamiento hace décadas una gran tubería de hidrógeno, con una longitud aproximada de 300 km).
- Desarrollo de las técnicas de utilización del hidrógeno.

Según el profundo estudio de Winter y Nitsch es necesario también desarrollar, a partir de hoy y para los próximos decenios, una estructura industrial capaz de poner en el mercado cantidades cada vez mayores de módulos para captar la energía solar y su transformación en hidrógeno, de modo que a partir del inicio del 2000, pueda empezar la era del hidrógeno. Se pueden distinguir tres fases de este proyecto (Tabla 3.2).

TABLA 3.2
Tres fases del desarrollo de las técnicas
para la producción de hidrógeno

PRIMERA FASE	SEGUNDA FASE	TERCERA FASE	
AÑO 2000	AÑO 2030	AÑO 2060	
1 300 MWp/año Potencia máxima de los módulos solares	130 MTep/año de hidrógeno de origen solar	350 MTep/año de hidrógeno de origen solar	Europa occidental ↑
AÑO 2000	AÑO 2030	AÑO 2060	
9 000 MWp/año Potencia máxima de los módulos solares	900 MTep/año de hidrógeno de origen solar	3 500 MTep/año de hidrógeno de origen solar	↓ A nivel mundial

Primera fase, hasta el 2000. En este período las tecnologías solares todavía se encuentran en desarrollo, hasta que alcancen la madurez tecnológica y una capacidad económica competitiva. La producción de los módulos solares crece hasta alcanzar un nivel anual de gran producción en serie. En Alemania se deberían alcanzar capacidades aproximadas a los 350 MWp por año (Wp = potencia pico de 1 W en condiciones óptimas), en Europa occidental 1 300, y a escala mundial, 9 000. Durante este período se prevé la utilización de la energía solar (directa o indirecta) solamente a nivel local, sin producción en escala industrial del hidrógeno proveniente de los países cálidos. Se trata, por tanto, de una fase preparatoria.

Segunda fase, del 2000 al 2030. La capacidad productora de los módulos crecerá a un ritmo constante y alcanzará al final del período su nivel máximo: más de 15 000 MWp/año en Alemania, valores superiores a 80 000 MWp/año para Europa occidental y superiores a 800 000 MWp/año a nivel mundial. Al final de este período deberá alcanzarse una capacidad productiva de hidrógeno correspondiente a una energía de 35 Mtep (Mtep = 10⁶ tonela-

das equivalentes de petróleo) en Alemania, más de ciento treinta en Europa occidental y más de novecientos a nivel mundial.

Tercera fase, del 2030 al 2060. La capacidad productiva de los módulos solares permanece constante con su nivel máximo alcanzado al final del período precedente. Con estos valores se tiene en cuenta la necesidad del reciclaje de los módulos por avería y envejecimiento.

A partir del final de esta fase se obtendrían producciones de hidrógeno del orden de 70 Mtep/año (aproximadamente 40 % de la necesidad energética actual) para Alemania; 350 Mtep/año (cerca de 40 % de la necesidad energética actual) para Europa occidental, y 350 MMtep/año (alrededor de 70 % de la necesidad energética actual) a nivel mundial (en este último caso a partir del 2080).

Las necesidades energéticas que se expresan son naturalmente a nivel del consumidor.

La tabla 3.2 resume los datos de las tres fases mencionadas. En el estudio de Winter y Nitsch se le presta particular atención al problema del abastecimiento del material para la fabricación de los módulos solares.

Los países industrializados poseen la capacidad económica e industrial para desarrollar las tecnologías del hidrógeno en gran escala. Sin embargo, es evidente que deberían crearse nuevas industrias adecuadas a este fin. Solamente en Alemania, por ejemplo, deberían ser producidos más de cinco millones de módulos solares fotovoltaicos por año, cada uno con una superficie de 30 m², y la producción de espejos para colectores solares debería igualar en superficie a la producción actual de vidrios planos.

La estructura modular de las celdas solares permite su reciclaje, como ya fue analizado en el epígrafe 3.3.2, factible desde el punto de vista técnico y económico, con una fuerte reducción de empleo de materias primas. Por esta razón no es necesario sustituir instalaciones enteras, como ocurre hoy en las centrales eléctricas, sino que pueden ser sustituidos módulos individuales de forma continua. Se obtendría así una fuerte interrelación entre reparación, mantenimiento y sustitución de componentes, manteniendo siempre la mayor parte de las instalaciones en funcionamiento.

Esto exige la realización de unidades de producción de los equipos en el mismo lugar, con notable beneficio para los países del Sur productores de hidrógeno.

La energía empleada para la conformación de una celda solar es de 1,6 kWh, mientras ella produce aproximadamente 1,4 kWh/año. Al tener

éstas una vida útil de aproximadamente treinta años, se deduce que en 1/30 de su vida se consigue producir una energía correspondiente a la de su fabricación. No existen, por tanto, objeciones al respecto.

3.5. FACTIBILIDAD DEL CAMINO DEL SOL

Se ha comprobado que la vía energética suave es realizable desde el punto de vista técnico; también lo es desde el punto de vista económico, como será demostrado a continuación.

Los defensores de la elección energética dura insisten en que hoy no existen fuentes alternativas que sean capaces de sustituir los medios actuales de producción de energía, en particular de electricidad, y que las fuentes renovables están todavía en fase de estudio. La realidad es bien diferente.

Inicialmente, en la primera fase del paso de la vía antigua a la nueva hay que poner atención principalmente en la recuperación de energía y la reducción de la demanda energética, es decir, en una utilización inteligente de la energía. Para esta fase los medios técnicos ya están disponibles y aprobados en varios países. Como ejemplo se puede citar a Dinamarca, donde el desarrollo de sistemas para la utilización inteligente de la energía, y en particular la realización de sistemas de telecalentamiento, llevaron a una reducción de la necesidad energética doméstica residencial de aproximadamente 25 %. En Finlandia un tercio de las viviendas recibe agua caliente vía telecalentamiento y las tres cuartas partes de la ciudad de Helsinki es calentada por un sistema análogo.

En los Estados Unidos la cogeneración industrial, realizada a través de la inserción en los establecimientos de una caldera con generador eléctrico para recuperar el calor residual está en pleno desarrollo, y según un estudio de la Applied Energy Company –una firma del sector–, el mercado de la cogeneración podría alcanzar y superar para el 2000 el de la energía nuclear, llegando a 15 % de la oferta nacional de energía eléctrica. En Italia se han construido solamente pequeñas instalaciones de telecalentamiento en Brescia y Reggio Emilia.

En una segunda fase, dentro de pocas decenas de años las fuentes renovables y el hidrógeno podrán desempeñar un papel importante. De todas maneras ya hoy muchos sistemas de energía eólica, hidráulica (minihidroeléctricas), geotérmica, biomasa y solar directa a través de la utilización de los colectores están funcionando a nivel industrial. Simplemente se trata de perfeccionar los sistemas y pasar de una producción reducida a otra en gran escala.

En una tercera fase, que en parte solapa a la segunda, se construirán las centrales para la producción de hidrógeno en los desiertos con potencias del orden de 50 a 100 MW.

La falta de voluntad política y la resistencia de grandes industrias interesadas en la opción energética dura explican el retraso de la aplicación de las nuevas tecnologías. Dos ejemplos documentan esta realidad: el desequilibrio de las inversiones en la investigación y el desarrollo de las fuentes energéticas en muchos países desarrollados a favor de la opción energética dura, hablan por sí solo (Tabla 3.3). Suecia y Dinamarca, que favorecieron más la opción energética suave, ya han obtenido resultados considerables. Alemania, desde el inicio del siglo XXI, está muy adelantada en el desarrollo de las fuentes renovables, sobre todo con los sistemas eólico, fotovoltaico, solar térmico y biogás.

TABLA 3.3

Balances a nivel de gobiernos (en millones de dólares)
para la investigación y desarrollo en los países desarrollados,
para 1986, desglosados por tipos de fuentes energéticas

TIPOS DE FUENTES ENERGÉTICAS					
PAÍSES	FÓSIL	NUCLEAR	RENOVABLE	EFICIENCIA	TOTAL
JAPÓN	310	1,801	99	78	2,311
ESTADOS UNIDOS	294	1,134	177	275	2,261
ITALIA	4	658	30	48	761
ALEMANIA OCCIDENTAL	122	352	66	21	566
GRAN BRETAÑA	20	271	16	43	378
CANADÁ	138	144	11	34	336
SUECIA	9	12	17	29	79
GRECIA	3	2	10	0	15
DINAMARCA	5	0	3	5	14
TOTAL	990	4,503	484	622	7,113

NOTA: El total incluye algunos gastos adjuntos. Los datos referentes a Francia no se consignan. (Fuente: *International Energy Agency, Energy Policies and Programmes*, 1986, y *Organisation for Economic Cooperation and Development*, París, 1987).

Un segundo ejemplo: la Europa sin fronteras de los años noventa debe llevar, según los defensores de las centrales nucleares, a un relanzamiento de esta forma de energía. ¿Cómo? Tratando de reconquistar la confianza de la población. Se muestra interés en la vía alternativa, como indican solapadamente los numerosos anuncios publicitarios de las firmas pro-nucleares, pero presentándola como demasiado costosa. Al mismo tiempo se realiza el

efecto invernadero con una observación adjunta de que las centrales nucleares que no emiten CO_2 constituyen la única vía factible. La renuncia del gobierno de Alemania, hecha pública el día 6 de junio de 1989, de completar la ultracuestionada estación de reprocesamiento de combustible nuclear en Wackersdorf, confirma esta afirmación.

El doctor Kramer, presidente de la Preussen Elektra, una de las grandes productoras de electricidad, afirmó pocos días después del anuncio del gobierno que la decisión sobre Wackersdorf no es ciertamente una señal de abandono de la energía nuclear, y que los acuerdos rubricados con la COGEMA francesa para utilizar la estación de reprocesamiento de La Hague indican el inicio de una nueva etapa en la utilización de las centrales nucleares a nivel europeo.

Él subraya, además, que entre las energías del futuro, la energía nuclear es, por supuesto, la más interesante, y que si se quieren reducir las emisiones de CO_2 se deben construir centrales nucleares.

Poco antes, el doctor Benz, presidente de la Badenwerken, otra empresa eléctrica, había afirmado estar profundamente convencido de que dentro de pocos años las expectativas de muchos en el campo de las energías alternativas se desvanecerían y que, por tanto, a mediados de los años noventa la única elección posible sería entre el desarrollo de la energía nuclear o los combustibles fósiles.

Mientras tanto, la Siemens alemana y la Framatome francesa deciden desarrollar de conjunto un nuevo tipo de reactor de agua a presión, apto para el mercado europeo de los años noventa y, con esta finalidad, los ministerios del medio ambiente alemán y francés aprueban el acuerdo para conseguir las debidas autorizaciones.

Urge, por tanto, no perder más tiempo en regocijarse pasivamente sobre la viabilidad del camino del Sol, mientras se deja que otros vayan por la vía opuesta. Es necesario pasar a los planes concretos para transformar la alternativa en realidad.

3.5.1. FACTOR ECONÓMICO

Una comparación de los costos entre las dos vías es evidentemente compleja y contiene muchos factores indeterminados. Sin embargo, es posible un análisis conciso con indicaciones aclaratorias:

Primero, se debe notar que el precio actual del petróleo se mantiene artificialmente bajo por razones políticas de varios tipos. Un aumento de este precio, como es lógico, inclinaría la balanza hacia su

sustitución a favor de las fuentes alternativas. A propósito, es interesante una consideración sobre las reservas concentradas de energía.

Según un cálculo hecho en los Estados Unidos, resulta que los costos militares para controlar las vías de acceso al petróleo en el Medio Oriente (donde se encuentra 60 % de las reservas mundiales) harían duplicar su precio (*The Yearbook of Renewable Energies*, 1994).

En segundo lugar, los análisis económicos nunca tienen en cuenta los costos sociales que caen sobre cada ciudadano y que incluyen los costos referentes al impacto ambiental, los efectos ocupacionales, el gradual agotamiento de las reservas y los subsidios públicos. La publicación *Social Costs of Energy Consumption* (1988), que cita los resultados de un estudio encomendado por la Comunidad Económica Europea al Fraunhofer Institut fur Systemtechnik, hace un análisis en detalle y muestra que los costos sociales referentes a los medios de producción de energía convencional, como los combustibles fósiles y nucleares, son muy superiores a los derivados de la producción de energía de las fuentes alternativas.

Los costos sociales no son tomados en consideración en las valoraciones económicas de la mayoría de los gobiernos. Esto ha hecho demorar la introducción de las energías renovables, y en particular de la energía fotovoltaica, en aproximadamente diez años. En otras palabras, decisiones óptimas de intervención que tuviesen en cuenta los costos sociales priorizarían las fuentes alternativas con una anticipación de diez años, como se puede ver en la figura 3.18, en la que se muestran los costos sociales (para las fuentes alternativas los costos sociales son despreciables). Para datos cuantitativos precisos y referentes a las diversas fuentes alternativas se recomienda la publicación antes mencionada.

En tercer lugar es necesario tener en cuenta que los costos todavía relativamente altos de algunas fuentes alternativas se reducirían drásticamente cuando se llegue a una producción industrial en serie. En este aspecto se han presentado resultados sorprendentes respecto a los sistemas fotovoltaicos –la fuente alternativa más costosa actualmente–, por un estudio económico concluido en 1987, pedido por el Ministerio para la Investigación y la Tecnología de la República Alemana, preparado por el Ludwig Bolkow Systemtechnik, de Munich, bajo la dirección del profesor Bolkow, uno de los principales especialistas mundiales del sector.

Este estudio es extremadamente realista porque está basado en las tecnologías que se emplean hoy, como el silicio policristalino y

sobre una previsión a muy corto plazo. Es decir, se toma en consideración un período de cinco años para pasar de una producción experimental a una producción en serie: no es un escenario futurista, sino un sólido análisis de los costos.

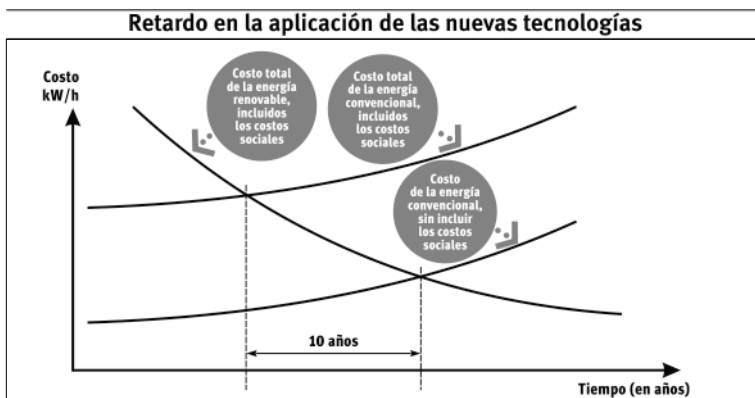


Fig. 3.18. Comportamiento del costo de diferentes tipos de energía con relación al costo social.

Fue utilizada la experiencia de firmas alemanas líderes en este campo, como la Wecker-Chemitronic de Burghausen y la AEG de Wedel, cerca de Hamburgo, Alemania, que produce más de 50 % del silicio utilizado por el sistema fotovoltaico a nivel mundial.

Se llega a la conclusión de que en un período de cinco años tendríamos costos un poco más altos, sin embargo, del mismo orden de los costos de la energía eléctrica convencional.

Otras fuentes alternativas, como el viento, el agua y la biomasa son ya desde hoy concurrentes con las fuentes energéticas convencionales. Igualmente puede afirmarse, con respecto a la utilización inteligente de la energía, que en algunos casos es mucho más ventajosa económicamente que la producción de energía nuclear equivalente (ver epígrafe 2.6.8).

La energía solar térmica resulta un poco más cara que el petróleo. Por fin, en la evaluación de los aspectos económicos es fundamental tomar en cuenta el problema de los subsidios públicos para las fuentes de energía, como se encuentra en la publicación *Words into Action for the International Conference for Renewable Energies*, de la Conferencia celebrada en Bonn, del 1 al 4 de junio de 2004. Las energías convencionales no renovables (fósiles y nucleares) son privilegiadas y reciben subsidios públicos que ascienden en el mundo

más o menos a trescientos mil millones de dólares por año. Las energías renovables, por el contrario, recibieron subsidios públicos que llegaron a lo mejor a un total de cincuenta mil millones de dólares a nivel mundial en los últimos veinte años, es decir, a ¡2 500 millones de dólares por año!

No hay que extrañarse que con una política de este tipo las energías renovables pasan mucho trabajo para entrar en el mercado mundial, en particular en los países en vías de desarrollo.

3.5.2. EXAMEN DE LA VIABILIDAD DEL CAMINO DEL SOL EN ALEMANIA

En un estudio encargado en 1978 por el entonces Ministro de Investigación Tecnológica de Alemania, Volker Hauff, a un grupo de científicos dirigidos por K. M. Meyer-Abich y C. F. von Weizsacker y recomendado por la Enquete-Kommission del Parlamento, responsable para los problemas energéticos, se consignaron los resultados siguientes:

- Las dos vías –suave y dura– son técnicamente realizables y económicamente comparables, con una ligera ventaja económica para la vía suave.
- La vía energética suave es mucho más ventajosa desde el punto de vista de la soportabilidad social. La utilización del plutonio (reactores rápidos) no sería soportable socialmente y el orden público correría un grave riesgo.
- La vía energética suave, al contrario de la otra, permite una economía de mercado orientada en el sentido ecológico-social.

En los últimos años Alemania logró buenos resultados en el desarrollo de las fuentes renovables de energía, sobre todo por la ley de las energías renovables (EEG), vigente desde el 2000 y modificada en el 2004. Esta ley favorece con ayudas económicas estatales a los que producen energía eléctrica con fuentes renovables (préstamo a bajo interés y altos precios por la energía eléctrica producida). Algunos resultados son los siguientes: en el 2004 se instalaron calentadores solares con una potencia de 425 MW y se llegó a una potencia global de 4 040 MW (ver revista *ISES*, Italia, abril, 2005); la potencia instalada con módulos fotovoltaicos llegó a 734 MW (ver revista *ISES*, Italia, marzo, 2005).

Alemania es el segundo productor de módulos fotovoltaicos a nivel mundial, después de Japón (ver *Solar Photovoltaic Report*, marzo, 2005). La potencia instalada mediante generadores eólicos llegó a finales de 2004 a 16 630 MW, por lo que ocupa el primer lugar en el mundo (ver revista *ISES*, Italia, febrero, 2005), y a finales del 2003 ya tenía dos mil plantas de biogás en funcionamiento, con una producción de potencia eléctrica de 400 MW (ver revista *ISES*, Italia, marzo, 2005).

Alemania, como fue planteado en el *White Paper 2003* de la revista *ISES*, se propone cubrir, con las fuentes renovables, hasta 25 % de sus necesidades, y lograr un fuerte aumento de la eficiencia energética en el 2030. En el 2050 las fuentes renovables deberían cubrir alrededor de 60 % de las necesidades energéticas del país. Este desarrollo podrá crear nuevo empleo para 250-350 mil personas. El Germán Advisory Council on Global Change en su informe del 2003 afirma que estas medidas pueden ayudar al mundo a encaminarse en dirección de una política energética que, además de permitir la vida de la naturaleza, puede reequilibrar un poco las diferencias entre países ricos y pobres.

3.5.3. CONFERENCIA ENERGÉTICA NACIONAL ITALIANA: VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL CAMINO DEL SOL

Aunque el estudio que a continuación se relaciona fue realizado hace algunos años, aporta resultados bastante realistas para la actualidad.

A finales de los años ochenta, en Italia había un consumo de energía primaria de aproximadamente 150 Mtep/año, es decir, cerca de 100 Mtep al nivel de los consumidores. En 1995, el consumo de energía primaria fue de aproximadamente 160 Mtep. La previsión del aumento de los consumos hasta 180 Mtep/año para el 2000 parece sobrestimada.

Para cubrir esta necesidad, el camino energético suave ofrece inversiones análogas en términos económicos y resultados equivalentes en términos de servicios para los usuarios, comparado con el camino de la oferta energética dura (de la cual forman parte los proyectos de mejorar las centrales nucleares y de carbón).

La misma Conferencia Energética Nacional, que tuvo lugar en Roma en febrero de 1987, y en particular la Primera Comisión llamada «Economía, energía y desarrollo», aunque por la mayoría pronuclear, estableció la posibilidad de diferentes caminos para satisfacer las exigen-

cias energéticas del 2000, como se resume en las tablas 3.4 y 3.5, donde el camino suave está indicado con la expresión «economía energética intermedia» y el camino duro con «nuclear y carbón».

Estas tablas fueron extraídas de las ponencias de la Comisión, y exponen en la primera columna los resultados del camino energético suave (correspondiente a una economía energética intermedia) y en la segunda columna los resultados del camino energético duro. Como se puede ver en la tabla 3.4, el camino energético suave prevé inversiones consistentes en intervenciones para el ahorro de energía y las fuentes renovables, mientras el camino energético duro prevé grandes inversiones para nuevas megacentrales nucleares y de carbón. Los siete mil quinientos millones de liras indicados en el camino suave con el título

TABLA 3.4

Dos escenarios energéticos: diferencias de los costos de las inversiones para el 2000 (en miles de millones de liras italianas, a los precios de 1986)

	ECONOMÍA ENERGÉTICA INTERMEDIA	NUCLEAR Y CARBÓN	
ACCIONES DE AHORRO	37,600	830	
FUENTES NUEVAS Y RENOVABLES			
CALOR	12,100	2,630	
EÓLICO Y FOTOVOLTAICO	10,600	—	
MINIHIDRO	7,200	700	
GEOTÉRMICO	5,500	—	
TOTAL	35,400	3,330	
SISTEMA ELÉCTRICO CONVENCIONAL			
NUCLEAR	7,470	32 000	(62,700)
CARBÓN	4,540	17,200	(21,000)
TURBOGÁS	140	100	
COGENERACIÓN	13,800	—	
REPOWERING	1,800	—	
HIDROELÉCTRICAS	9,200	9,200	
GEOTÉRMICO	3,650	3,650	
TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN	24,100	33,800	
TOTAL	64,700	96,000	(140,000)
OTROS			
METANODUCTOS, REFINERÍAS,			
ACTIVIDAD MINERA	96,800	95,300	
TOTAL GENERAL	234,500	195,500	(230,000)

«nuclear» se deben al desmantelamiento de las centrales existentes, los datos entre paréntesis en la segunda columna de la tabla 3.4 indican los costos de las centrales, corregidos con los datos provenientes del Ministerio de Industria basados en los costos efectivos de la central de Montalbo. Se tuvo también en cuenta el *decommissioning*.

Se trata, por tanto, de datos fidedignos y, como se puede observar, los totales de las dos columnas de la tabla 3.4 son equivalentes (los datos actualizados son aquellos entre paréntesis). Igualmente se puede observar que el total de las columnas de la tabla 3.5, referente a la producción de energía es equivalente. Los datos correspondientes a *otros* (poco menos de 150 Mtep en total) especifican el consumo de 1985.

La tabla 3.6, por su parte, indica el consumo en 1985 y la necesidad energética italiana para el 2000 con relación a los dos caminos, subdivididos por fuentes primarias.

TABLA 3.5

Dos escenarios energéticos: previsión de la energía producida y ahorrada en el 2000 (en millones de toneladas equivalentes de petróleo por año)

	ECONOMÍA ENERGÉTICA INTERMEDIA	NUCLEAR Y CARBÓN
ACCIONES DE AHORRO	20,0	5,0
FUENTES NUEVAS Y RENOVABLES		
CALOR	6,00	2,0
EÓLICO Y FOTOVOLTAICO	1,34	—
MINIHIDRO	2,23	0,29
GEOTÉRMICO	1,40	—
TOTAL	11,0	2,29
SISTEMA ELÉCTRICO CONVENCIONAL		
NUCLEAR	—	15,7
CARBÓN	—	15,7
TURBOGÁS	0,03	0,03
COGENERACIÓN	2,20	0,03
REPOWERING	2,24	—
HIDROELÉCTRICAS	1,38	1,38
GEOTÉRMICO	1,40	1,40
TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN	—	—
TOTAL	7,25	34,2
OTROS		
METANODUCTOS, REFINERÍAS...	114,0	106,2
PARTE RESTANTE DEL SISTEMA ENERGÉTICO	32,3	37,4
TOTAL GENERAL	184,5	185,1

TABLA 3.6
 Necesidades energéticas para el periodo 1985-2000
 (en millones de toneladas equivalentes de petróleo)

	1985	ECONOMÍA INTERMEDIA	2000 NUCLEAR Y CARBÓN
PETRÓLEO	86,0	65,5	62,2
GAS NATURAL	28,0	48,5	44,0
CARBÓN	15,0	21,9	42,6
NUCLEAR	1,5	—	15,7
HIDROELÉCTRICA	9,8	13,4	11,5
GEOTERMOELÉCTRICA	0,6	3,4	2,0
RENOVABLE	—	7,3	2,0
ELECTRICIDAD DE IMPORTACIÓN	5,2	—	—
TOTALES	146,1	160,0	180,0

En particular, en lo que atañe solamente a la energía eléctrica, el actual consumo en Italia es de cerca de doscientos mil millones de kilowatt-hora al año. El aumento previsto para el 2000 es de cerca de noventa mil millones de kilowatt-hora, aunque pudiera ser redondeado por encima de los cien mil millones de kilowatt-hora.

Al seguir el camino energético suave, los cien mil millones de kilowatt/hora pueden ser obtenidos del modo siguiente:

- Diez mil millones de kilowatt-hora por un sistema de cogeneración y telecalentamiento.
- Setenta mil millones de kilowatt-hora por una renovación tecnológica (motores, lámparas, electrodomésticos, etcétera) que permita una utilización racional de la energía.
- Diez mil millones de kilowatt-hora con los ciclos combinados.
- Diez mil millones de kilowatt-hora de las fuentes renovables (en realidad para el 2000 ya se podrían obtener veinte o treinta mil millones de kilowatt-hora).

En las figuras 3.19 y 3.20 se presentan gráficos extraídos de los estudios de Paolo Degli Espinosa y Enzo Tiezzi, referentes al consumo energético italiano hasta el 2050. Para esa fecha se podría reducir el consumo en un tercio; de 150 a 100 Mtep, de los cuales cincuenta podrían proceder de las fuentes renovables.

Los 51 Mtep de combustibles fósiles indicados en la figura 3.19 podrían, además —si Italia comprendiese su importancia—, ser sustituidos por biomasa y por hidrógeno.

Perspectivas para los consumos globales en Italia

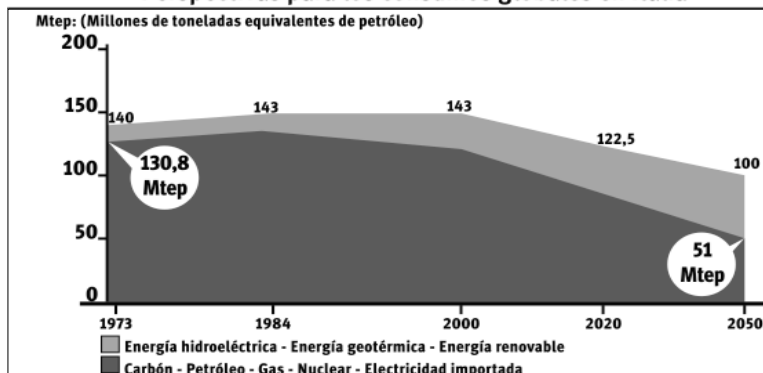


Fig. 3.19. Perspectivas de los consumos globales de las fuentes primarias en Italia. (Fuente: Espinosa, P. y E. Tiezzi. *I limiti dell'energia*. Garzanti, 1987).

Perspectivas para el consumo energético en Italia

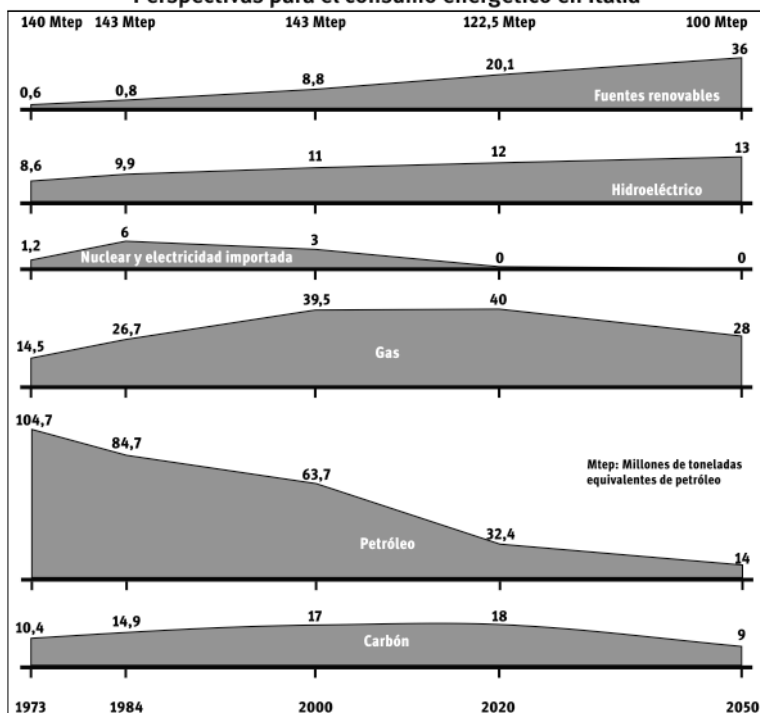


Fig. 3.20. Consumo energético italiano hasta el 2050, dividido por fuentes primarias. (Fuente: Espinosa, P. y E. Tiezzi. *I limiti dell'energia*. Garzanti, 1987).

3.5.4. ¿ES REALISTA PENSAR EN EL CAMINO DEL SOL EN EUROPA?

Un estudio que solicitó la CEE a la Asociación Euro-solar, concluido en el 1994, y que trató sobre la factibilidad del camino del Sol para los países de la comunidad europea, arrojó los siguientes resultados:

Para el 2020, 50 % de las necesidades energéticas podrían ser cubiertas sin dificultades con una mezcla de fuentes renovables asociadas a la utilización inteligente de la energía que mantenga los consumos en los niveles de 1990. La producción a gran escala transformaría en competitiva todas las fuentes renovables, incluyendo la fotovoltaica. Se crearían más de un millón de nuevos puestos de trabajo (400 000 en la fotovoltaica, 100 000 en el uso solar térmico, 250 000 en el aprovechamiento eólico y 500 000 en la biomasa).

Un estudio muy reciente mencionado en «Words into Action» for the International Conference for Renewable Energies, Bonn 1-4 de junio de 2004 (pág. 150), afirma que en Europa sería posible sin dificultades técnicas y económicas llegar a una reducción de 80 % de CO₂ en el 2050, con un uso masivo de las fuentes renovables (solar directa, biomasa, viento y agua), y que en sesenta años todas las fuentes de energía podrían ser renovables.

El camino del Sol no es, por tanto, un sueño lejano de difícil realización; sino, por el contrario, una vía concreta que se puede tomar en un tiempo relativamente breve.

3.5.5. ¿EL CAMINO DEL SOL PODRÁ HACERSE REALIDAD PARA TODO EL PLANETA?

En 1997 se dio un primer paso importante en dirección de la era solar en el Taller Internacional de Kyoto, en Japón, con la propuesta que se encuentra en el Protocolo de Kyoto. Los puntos clave son los siguientes:

- Los países industrializados tienen la obligación de reducir las emisiones de CO₂ (que producen el efecto invernadero) por lo menos de 5 % respecto a los niveles del 1990, entre el 2008 y el 2012.
- Los mismos países deben favorecer medidas que reduzcan las emisiones de CO₂ en los países pobres, cuidando las riquezas de las forestas tropicales, etcétera.
- Se debe dar impulso a las fuentes renovables de energía, programando, por ejemplo, una eco-tasación que golpee los productos

más contaminantes y favoreciendo al mismo tiempo los productos limpios con ayudas económicas.

Para que el Protocolo de Kyoto pudiera hacerse realidad se necesita que los países productores se comprometieran con reducir al menos 55 % de emisión a nivel mundial. Esto aconteció a finales de 2004, cuando Rusia aceptó firmar el Protocolo, que es obligatorio para la mitad del planeta, incluida por supuesto Europa. Faltan, como se sabe, los Estados Unidos, responsables de 25 % de las emisiones de CO₂ en el mundo, porque se retiraron en el 2001 argumentando que este Protocolo le había ocasionado daños a su economía. Así, el Protocolo de Kyoto funciona desde febrero de 2005. Se trata de un primer paso importante para salvar la vida de nuestro planeta (ver *Lifegate Magazin*, enero-febrero, 2005). Ahora se necesita actuar con fuerza y convicción, y recordar que, como dicen los revolucionarios cubanos, «si se quiere, se logra».

The European Renewable Energy Council (EREC), después de años de estudio con otros grupos sobre las fuentes de energía, llegó a la conclusión en el informe *Renewable Energy Scenario*, presentado en el Taller Internacional para las Energías Renovables (Bonn, 1-4 de junio de 2004), que es realmente posible pasar de 13-14 % actual de fuentes renovables a nivel mundial, a 50 % en el 2040; y en particular la producción de electricidad, de 20 % actual a 80 % en el 2040. A resultados semejantes llega también *ISES*, como expresó en su *White Paper 2003*. De estas fuentes, 51 % sería biomasa; 8,56 % agua; 10,8 % viento; 12,3 % fotovoltaica; 8,6 % solar térmica; 6,9 % energía geotérmica (casi renovable), y entre 1 y 2 % energía del mar (mareas y olas). Este escenario (*Advanced International Policies Scenario*), mencionado en el Informe EREC, es posible si los países hoy en día ya activos en el campo de las energías renovables incrementan considerablemente los esfuerzos en la dirección correcta y la mayoría de los otros países siguen este ejemplo. Este escenario será posible si el Protocolo de Kyoto se implementa, si se toman a nivel internacional medidas rigurosas para la protección del medio ambiente y la promoción de las fuentes renovables, y si se actúa con una colaboración muy estrecha entre todos los países, con una clara voluntad de los países del Norte de ayudar económicamente a los países del Sur.

Con las tecnologías existentes, estas energías utilizadas de manera eficiente son totalmente limpias, seguras, fiables y desde el punto de vista económico, realizables. Resulta interesante el resultado de un estudio que muestra cómo la energía eólica técnicamente utiliza-

ble a nivel mundial podría cubrir dos veces las necesidades energéticas que están previstas para el 2020. Caminando en esta dirección, el informe subraya cómo dos mil millones de personas que viven ahora en la total pobreza podrían gozar de las fuentes renovables disponibles en forma descentralizada en todos los lugares.

Se puede así concluir que el camino del Sol a nivel mundial puede hacerse realidad.

3.6. CONDICIONES SOCIOPOLÍTICAS PARA LA ENTRADA EN LA ERA SOLAR

El paso hacia la era solar requiere de la reestructuración de la industria energética y por tanto de la concertación de los empresarios en este campo. Sobre todo es necesaria una nueva política energética, que se puede resumir en los puntos siguientes:

- Fuerte descentralización del poder de decisión en el campo energético. El gobierno central tendrá únicamente la función de coordinación y de elección de las líneas directivas de base. Los órganos locales poseerán gran autonomía para permitir elecciones más adecuadas al ambiente y a las estructuras sociales de cada lugar.
- Revitalización de las empresas municipales e implicación de ellas en la realización de proyectos en sintonía con la nueva política energética.
- Incentivo al ahorro de energía eléctrica con tarifas que penalicen los altos consumos.
- Impuestos fiscales para las industrias contaminantes y altos consumos energéticos, e incentivos para las industrias que desarrollen tecnologías solares.
- Medidas para favorecer el desarrollo de los medios de transporte colectivo y desalentar la utilización de los medios personales.
- Fondos para la extensión de la red de gasoductos, en previsión de la distribución descentralizada del hidrógeno solar.
- Promoción, de acuerdo con el nivel internacional, para la protección de la atmósfera terrestre.
- Constitución de una agencia internacional para la energía solar que pueda ofrecer, sobre todo a los países del Sur, consultas sin intereses y objetivas para permitir la difusión y la transferencia de las tecnologías solares sin condicionamientos o presiones de los grupos de poder.

- Desarrollo de formas de cooperación internacional entre países del Sur y del Norte (por ejemplo, Arabia Saudita, Túnez, Argelia y Marruecos, y los países europeos). Entre los Estados mencionados del Norte de África y la Comunidad Europea existe desde 1976 un acuerdo de cooperación, es decir, el marco político del cual se puede servir el proyecto del hidrógeno. Las ventajas para los países norafricanos serían notables.

Como contrapartida, por poner a disposición los desiertos, ellos podrían disponer de energía gratuita en forma de hidrógeno y la posibilidad de cultivar amplias fajas hoy desérticas, utilizar parte de las instalaciones y de las tuberías de agua desalinizada necesaria para la producción del hidrógeno a través de la electrólisis. Europa contribuiría así a resolver la crisis socioeconómica del Norte de África, una importante deuda histórica de la política exterior del Viejo Continente.

Otro tipo de colaboración podría nacer entre los países de América Latina, donde las condiciones climáticas para la producción de hidrógeno solar son particularmente favorables. Una participación conjunta en proyectos comunes podría atenuar el problema de las dificultades económicas.

Una consideración de fondo sobre los sistemas políticos

Tanto los países con una fuerte estructura capitalista, como aquellos organizados sobre un rígido estatalismo, con escasa participación popular, no se adaptan a la promoción de la era solar. En estos países el poder vertical y centralizado del Estado lleva a elecciones dictadas por los intereses de grupos.

Solamente una democracia horizontal y descentralizada, es decir, territorial, como les llaman P. Espinosa y E. Tiezzi en el libro *I limiti dell'energia*, permite elecciones ventajosas para la colectividad. Un sistema político de este tipo es el terreno propicio para construir el camino del Sol.

Emblemática es, en esto también, la pequeña isla de Cuba, donde la revolución de la solidaridad y del compartir, apoyada por la mayoría de la población, hoy se enriquece y fortalece con la revolución del Sol.

3.7. VENTAJAS DEL CAMINO ENERGÉTICO SUAVE

Se pueden resumir en los puntos siguientes: el mantenimiento del equilibrio energético de la biosfera, la reducción drásti-

ca de la contaminación, la elevada seguridad y la promoción de un verdadero desarrollo democrático, y la independencia.

La descentralización de las fuentes de energía y la consecuente descentralización del poder favorecen la autonomía de los órganos locales y la responsabilidad social del ciudadano. Además, la imposibilidad de accidentes graves evita el ocultamiento de la información, contrariamente a lo que acontece en el caso de la vía energética dura y, en particular, de la elección nuclear (ejemplo de esto fue el bloqueo total de noticias en el caso del accidente de Windscale y el escándalo de los transportes de las escorias radiactivas entre Bélgica y Alemania, tratados en el epígrafe 2.6.7). Se debe también subrayar que la distribución de las fuentes de energía en todo el territorio aporta seguridad porque un enemigo no puede paralizar a todo un país con ataques militares concentrados.

El desarrollo armónico e independiente de cada país, en particular de aquellos en vías de desarrollo, debe lograr sistemas energéticos diversificados y proyectados según las características geográficas y ambientales de la zona.

Ninguna utilización para fines bélicos es apropiada, pues la baja potencia específica de las fuentes alternativas no es adecuada para planes de destrucción. Además, la descentralización de las fuentes las hace un difícil blanco para acciones militares.

La relación capital invertido/fuerza de trabajo es baja, respecto al caso de tecnologías estandarizadas, como aquellas utilizadas en la vía energética dura. Se favorece el desarrollo de una gran cantidad de pequeñas y medianas industrias. Según un estudio del World Watch Institute, de Washington, resulta que a igual energía eléctrica producida, la industria atómica da trabajo a cien personas, mientras que la industria solar térmica y eólica, a casi quinientas cincuenta personas.

3.8. MENTALIDAD DE PAZ VS. MENTALIDAD DE GUERRA

Podemos preguntarnos: ¿Por qué tanta oposición a la vía energética suave?

Nacidos y crecidos en una cultura de guerra, la tecnología agresiva y peligrosa nos impresiona y se impone. La tecnología del camino energético suave, pacífica y en armonía con la naturaleza, ni se toma en consideración.

¿Es esto sensato? ¿Es lógico rechazar el camino que permite un equilibrio ecológico y social para el futuro de la humanidad?

La vida cómoda y privilegiada que llevamos en el Norte del mundo no permite ni siquiera mirar la situación desesperada de los países pobres, ni tampoco comprender hacia dónde nos encaminamos. Por el contrario, preferimos no pensar.

Quizá sea necesario que toquemos con las manos el sufrimiento causado por la vía energética dura, para estar dispuestos a cambiar. Como dice Gandhi: «El reclamo de la razón es dirigido al cerebro, pero el corazón es tocado solamente a través del sufrimiento. Éste abre la comprensión interior del hombre. El sufrimiento y no la espada es el símbolo de la raza humana».

CAPÍTULO 4

Asociaciones nacidas en el Norte para la promoción de las fuentes renovables

4.1. A NIVEL MUNDIAL

La Asociación más conocida es la International Solar Energy Society (ISES) (<http://www.ises.org>), fundada en los años cincuenta para promover la energía solar. La sede central está en Friburgo, Alemania, con funciones administrativas y de coordinación de proyectos internacionales. Existen más de cincuenta secciones nacionales con un total de 35 000 asociados inscriptos. La sección para América Latina se encuentra en la Universidad Nacional de Salto, en Argentina. Con una frecuencia bienal tiene lugar el ISES Solar World Congress, donde son presentados los estudios más recientes y las realizaciones en el campo de la energía solar.

Particular valor tiene el «White Paper» de ISES (*Transitioning to a Renewable Energy Future*) (<http://whitepaper.ises.org>), publicado en el 2003, donde se encuentran informaciones y propuestas concretas a los gobiernos para acelerar en el mundo el uso generalizado de las fuentes renovables de energía.

El World-Watch Institute, relacionado con varias asociaciones para la protección del medio ambiente, tiene su sede en Washington. Su presidente es Lester Brown, especialista en problemas referentes a la energía y la ecología. Cada año este instituto publica el *State of the World*.

Otra asociación en defensa del ecosistema, que en estos últimos años está activamente comprometida con la promoción de las fuentes renovables de energía, es Greenpeace.

A inicios de los años setenta nació la International Association for Hydrogen Energy (IAHE), con sede en Coral Gables, Estados Unidos, que promueve las tecnologías para la producción y utilización del hidrógeno solar, y organiza con frecuencia bienal la World Hydrogen Energy Conference.

Otra organización no gubernamental de particular importancia para la promoción de las fuentes renovables de energía es The World Council for

Renewable Energy (WCRE) (<http://www.wcre.org>), nacida en Bonn, Alemania, en el 2001. En un primer encuentro internacional de la WCRE, First World Renewable Energy Forum, organizado en el 2002, fue elaborada una propuesta global para la proliferación de las energías renovables («A Global Action Plan for the Proliferation of Renewable Energy»), con la propuesta de crear alianzas entre países que quieren desarrollar estrategias y acciones políticas en dirección a esta propuesta. En realidad es una idea que la Asociación Eurosolar propuso en el 1993 (ver epígrafe 4.2.1). Fue en este sentido que el Canciller de la República Federal de Alemania, Schroder, en el Summit de Johannesburg en 2002, hizo una invitación a los gobiernos para una «Intergubernamental Conference on Renewable Energy», que tuvo lugar en Bonn del 1 al 4 de junio de 2004, una conferencia que sin duda puede dar en el futuro resultados positivos. La WCRE, además, organizó en Bonn entre el 29 y 31 de mayo de 2004 su segundo encuentro internacional («Second World Renewable Energy Forum»), donde se presentaron programas concretos para tomar el camino de las fuentes renovables y se subrayó la necesidad de crear Instituciones Internacionales para sobrepasar las dificultades debidas a las políticas energéticas equivocadas de nuestro tiempo. Se presentó también la «WCRE's World Renewable Energy Agenda», en la cual se propone la creación de una Agencia Internacional, la International Renewable Energy Agency (IRENA), para desarrollar una capacidad humana en el desarrollo de las fuentes renovables con intercambio de experiencias a través de centros de alta especialización, de manera que todas las actividades en el campo solar sean coordinadas con eficiencia y se puedan lograr resultados concretos.

4.2. A NIVEL EUROPEO

El abandono de la vía energética dura con los problemas relacionados con la energía nuclear y derivados de la utilización de los combustibles fósiles, y el camino hacia la vía energética suave que lleva a la era solar, capaz de asegurar a la humanidad de forma duradera un abastecimiento de energía ecológica y socialmente compatible, son los objetivos que se propone la Asociación Eurosolar (<http://www.eurosolar.org>), nacida en Bonn en 1988. Se trata de una tarea principalmente política, toda vez que no existen dudas sobre la factibilidad técnica y económica de la vía solar.

Eurosolar no tiene, por tanto, la función de privilegiar técnicas específicas (en este caso se volvería un grupo de presión); sino, por el

contrario, fijar objetivos ecológicos y sociales que puedan ser alcanzados mediante el uso de tecnologías solares diferentes.

Su creador y primer presidente, Hermann Sheer, es miembro del Parlamento por el SPD, especialista en desarme y desde hace mucho tiempo uno de los convencidos defensores de las fuentes renovables de energía. Los socios fundadores vienen del mundo europeo de la política, la ciencia, la industria, la economía y la cultura. Hay grupos de trabajo constituidos que organizan seminarios de estudios y congresos. Eurosolar, en octubre de 1988, formuló también un memorándum como plataforma de una convención internacional para la protección de la atmósfera terrestre, que contiene propuestas de compromisos internacionales, condiciones financieras, medidas institucionales y otras consideraciones para llegar a resultados concretos.

Fue sugerida una lista de deberes, no necesariamente del mismo tipo para todas las naciones, pero que conducen a los mismos resultados. Una deliberación de las Naciones Unidas u otra organización internacional debería encaminar tales obligaciones vinculantes. Al no existir la posibilidad de sanciones, la realización se debe asegurar por la presión internacional y medidas financieras.

Los países industrializados (o por lo menos los países europeos) deberían ponerse de acuerdo para pagar un impuesto proporcional a los consumos energéticos contaminantes. El fondo anual recogido debería ser puesto a disposición de los países del Sur que se comprometan a mantener y desarrollar las superficies boscosas, así como para invertir en técnicas de utilización racional de la energía y de desarrollo de las fuentes alternativas. Cada nación estaría, por tanto, motivada a seleccionar el camino energético suave.

El memorándum ya fue presentado en congresos y mítines internacionales, y encontró un consenso notable. En la Segunda Conferencia de América del Norte sobre el Clima (principios de diciembre de 1988 en Washington), un senador de los Estados Unidos, Al Gore, apoyó totalmente la propuesta.

También el gobierno canadiense acogió favorablemente el memorándum; por tanto, Canadá asumió la responsabilidad informal de redactar el texto de una convención internacional para la protección de la atmósfera.

En la sesión del 11 de mayo de 1989, el parlamento europeo de Strasburgo, teniendo en cuenta el memorándum, votó unánimemente una moción sobre el tema «Destrucción de las forestas tropicales: causas y contramedidas».

Un compromiso concreto del parlamento de Strasburgo y de los parlamentos y gobiernos europeos para la realización de una convención acorde con la línea del memorándum, podría dar credibilidad a una Europa hoy encerrada por intereses egoístas e incapaz de pensar en programas de amplio respiro para la solución de los dramáticos problemas de nuestro tiempo (ver anexo VI).

Otra propuesta de la Asociación Eurosolar, oficializada por su comité directivo el 15 de enero de 1990 y enviada a los gobiernos de los países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y a su Secretario General, fue la creación de una Agencia Internacional para la Energía Solar (International Solar Energy Agency, ISEA), con una sede principal y sucursales en varios países, entre los cuales uno es de América Latina, y representantes del Norte y del Sur del mundo. La agencia dependería de la ONU y tendría el fin de promover el intercambio de conocimientos y tendencias en el campo de la energía solar de modo imparcial y, por tanto, libre de los grandes intereses industriales de las empresas multinacionales y a favor de los países del Sur.

Para poder disponer de los medios financieros necesarios, debería ser instituido un Banco Financiero Internacional de la Energía Solar que opere en el ámbito de la ISEA y que ofrezca la posibilidad de invertir y de hacer empréstitos para el desarrollo de la energía solar (ver anexo VII).

Una tercera propuesta de Eurosolar fue el Tratado de Proliferación Solar a la Cumbre Solar de París (julio de 1993) y al Congreso Mundial de Energía Solar de la International Solar Energy Society (ISES), celebrado en Budapest en agosto de 1993.

¿Cuál es la razón de estas propuestas? La sugirió el Tratado de No Proliferación Nuclear, que comenzó a funcionar en 1970 con una duración inicial de 25 años (hasta 1995). Este Tratado estableció que los Estados firmantes que no poseían armas nucleares renunciarían a la producción y a la compra de éstas, y que los Estados que sí poseían armas atómicas se comprometerían a una moratoria y al desarme nuclear. Al mismo tiempo, era necesario tener la más amplia colaboración en el campo nuclear para la producción de energía.

El concepto del «átomo para la paz» fracasó a causa de los peligros de las radiaciones nucleares derivadas de los accidentes, los desechos radiactivos y la imposibilidad de separar las tecnologías nucleares civiles de las militares. El 1995 hubiera sido, por tanto, el año oportuno para sustituir el concepto de «átomo para la paz» con el de «energía solar para la paz» a través de la fundación del Nuevo Tratado de Prolife-

ración Solar, que daría una verdadera paz a la humanidad y a todo el planeta. Según este tratado los Estados firmantes deberían comprometerse a desarrollar programas nacionales, para permitir la transformación de las estructuras energéticas actuales a los sistemas solares compatibles con un desarrollo sostenible. Los países firmantes deberían, naturalmente, trabajar juntos a nivel de la comunidad internacional para promover una rápida difusión de las tecnologías solares en todos los países. Los Estados miembros del tratado deberían ser también miembros de la ISEA, estando las dos propuestas estrechamente ligadas entre sí.

Desgraciadamente, a finales de 1995 no se vio ninguna señal hacia esta dirección, al faltar la voluntad política de los países que tienen el poder económico y militar en el mundo. Sin embargo es importante que los países del Sur no se dejen desalentar. América Latina, en la cual está incluida Cuba con su fuerte autoridad moral, puede difundir y mantener viva esta propuesta (Anexo VIII).

La organización European Renewable Energy Council (EREC) (<http://www.erec-renewable.org>) tiene experiencias muy valiosas en el campo de las fuentes renovables. De particular importancia es el estudio *Renewable Energy Scenario 2040* (ver epígrafe 3.5.5). Otras organizaciones europeas también trabajan asociadas con el European Renewable Energy Council.

CAPÍTULO 5

Reconversión de la industria bélica

En el mundo se gastan miles de millones de dólares cada año en armamentos. Los gastos mayores son de la NATO (en español, Organización del Tratado del Atlántico Norte, OTAN), el único gran pacto militar todavía existente. Ahora se prevé su ampliación mediante la incorporación de los países de Europa oriental. Como contraparte quedan solamente ejércitos y armamentos de países aislados, no comparables con la fuerza de la OTAN.

El gobierno estadounidense gastó, entre 1985 y 1989, treinta mil millones de dólares para desarrollar el Proyecto del Escudo Espacial, una idea considerada por algunos premios Nobel de los Estados Unidos y por muchos otros científicos, «tecnológicamente irrealizable».

Todos estos gastos militares son considerados necesarios para la seguridad nacional del país. Representan normalmente un porcentaje relevante del presupuesto de un Estado: en Europa un quinto del total. Los gobiernos deben entender finalmente que la supervivencia de nuestro planeta es un problema de seguridad mucho más importante y, por tanto, empezar un programa de reconversión del mercado de las armas en un mercado de técnicas solares.

La inyección de financiamiento público funcionaría como catalizador. Un estímulo inicial que permitiría al camino del Sol tomar un rumbo seguro y definitivo.

Parece, por el contrario, que los países occidentales, satisfechos por el bienestar y la «seguridad armada» alcanzados, no tienen intención de cambiar sus políticas y cierran obstinadamente los ojos ante las catástrofes ecológicas y sociales en juego.

En particular los países de la OTAN, atemorizados por los pueblos hambrientos que hacen presión en sus fronteras —no solamente del Sur, sino también del Este por causa del neoliberalismo salvaje propagado en Rusia y en otros países del antiguo Pacto de Varsovia, que produjo desequilibrios sociales gravísimos y redujo a la miseria capas importantes de la población—, parecen firmes en mantener sus altos niveles de armamentos.

CAPÍTULO 6

El camino del Sol en el Sur

El Sur del mundo, en manos del neoliberalismo, se encuentra en los inicios de la industrialización; sin embargo, la crisis ecológica y social aparece de manera aún más dramática que en los países industrializados.

El aire en las ciudades es irrespirable, las montañas de desechos se acumulan por todas partes, el abandono de los campos es creciente y la pobreza aumenta vertiginosamente. ¿Cuáles son las causas? A continuación se exponen algunas:

- Las pocas industrias existentes, en su mayoría, fueron puestas en funcionamiento por las multinacionales, por razones bien precisas: bajo precio de los terrenos, mano de obra pagada con salarios irrisorios (en Brasil, por ejemplo, un obrero recibe menos de la décima parte de lo que devenga un obrero en Europa), normas anticontaminación y de seguridad poco exigentes (tragedia de Bophal, en la India). El Norte del mundo envía hacia el Sur sus desechos tóxicos.
- Las multinacionales empujan a los gobiernos locales a escoger opciones que, especialmente en el sector agrícola y el energético, hacen al Sur cada vez más dependiente del Norte.

Algunos ejemplos relativos a Brasil, pero que fácilmente se pueden encontrar en otros países, se presentan a continuación:

- Las industrias automovilísticas de los Estados Unidos y Europa consiguieron imponer en ese país de América del Sur, prácticamente como único medio de transporte, el de carretera. Los ferrocarriles son casi inexistentes, y los transportes por barcos muy limitados, aunque casi todas las grandes ciudades están cerca de la costa atlántica. Es conocido que en los transportes de carrete-

ra, la relación entre la cantidad de peso transportado y el gasto de energía es mucho menor que la del ferrocarril o la vía marítima.

- Millones y millones de hectáreas de tierra de pequeños propietarios y grandes extensiones de la selva amazónica son comprados por multinacionales y por latifundistas a precios irrisorios y, a veces, con acciones intimidatorias. Los pequeños propietarios son obligados a abandonar sus tierras y refugiarse en las favelas de la periferia de las ciudades, que crecen de año en año. Las tierras tomadas de esta manera son posteriormente transformadas en pastos con vistas a producir carne para los ciudadanos de los Estados Unidos y Europa. Este tema se profundiza en el artículo *Le foreste pluviali e la società degli Hamburger*, de los ecólogos estadounidenses Nations y Komer.

La industria nuclear, a causa de la fuerte disminución de pedidos en los Estados Unidos y en Europa, trata de cambiar el destino de sus ventas hacia el Sur; suministrar, por tanto, tecnologías ya peligrosas y mal controladas en el Norte, a un Sur evidentemente no preparado para recibirlas y explotarlas.

Las infraestructuras para un adecuado desarrollo industrial son prácticamente inexistentes. En esos países casi no se cuenta con medios de transporte de energía, como las líneas de transmisión y los gasoductos. Además, el uso de gran cantidad de madera, como fuente de energía, causa un grave daño al patrimonio forestal.

En fin, existe también el problema demográfico, íntimamente ligado al energético. Durante milenios la población del mundo creció con una cierta regularidad: en los últimos siglos hubo un aumento muy rápido que en las décadas más recientes asumió un ritmo impresionante (un crecimiento medio anual de más de un habitante por cada cien). El incremento en los últimos años se produjo únicamente en el Sur del mundo.

Las razones son múltiples. Sin embargo, un peso notable lo tiene el factor pobreza. Según algunos especialistas eso se puede explicar como un fenómeno biológico, ligado a la ley de supervivencia. Las condiciones de miseria al límite de la muerte por hambre llevan a esta reacción natural.

Erradicar estos problemas no es ciertamente fácil. A corto plazo no se vislumbran vías de solución, debido a la actual situación de explotación del Sur por parte de las potencias económicas del Norte. Sin embargo, no faltan señales de esperanzas en dirección al camino del Sol:

- Simples habitantes y grupos de personas en el Norte del mundo se dan cuenta de que los países donde se aplica el neoliberalismo, cuyo bienestar está basado en gran medida sobre la explotación de los pobres del Sur, son los verdaderos responsables de esta situación. Además, comprenden que aquellos pueblos no quieren estructuras de poder soportadas por tecnologías arriesgadas y agobiadoras, sino una colaboración inteligente y respetuosa de las culturas locales, asociadas a tecnologías que se adaptan al ritmo de ellas y al respiro de la naturaleza; en otras palabras: aquellos pueblos piden al Norte el abandono de la mentalidad de guerra, de la cual la era atómica era símbolo, para construir juntos la era solar.
- Varios países en vías de desarrollo, aunque fuertemente condicionados por el neoliberalismo, están llevando adelante proyectos y realizaciones en el campo de la energía renovable.

En la India fueron instalados en zonas rurales del país, numerosos sistemas fotovoltaicos para la electrificación de la población que no estaba conectada a la red, y también instalaciones de biogás y centrales que funcionan con el viento.

Como subrayó la revista *Refocus* (de marzo-abril y mayo-junio de 2005), en China fue aprobada, con un año y medio de antelación al previsto, una ley que prioriza, con medidas eficaces, las fuentes renovables de energía, consideradas de primera importancia para el bienestar del pueblo. El país tiene una potencia muy grande de estas fuentes. Es suficiente pensar que ya existe una potencia eólica instalada de alrededor de 800 MW; y existe la posibilidad real de llegar a un millón de megawatt. Con esta ley se plantea que para el 2020 se pudiera producir 120 000 MW con fuentes renovables, donde el viento tendrá un lugar importante. En ese sentido, la sociedad de generadores eólicos Vestas, de Dinamarca, construirá en Tianjin, con el grupo tecnológico chino TEDA, una fábrica que podrá producir cada año hasta seiscientas aspas de generadores eólicos (ver la revista alemana *Wind News*, del 7 de julio de 2005).

En África, Zimbabwe es en esto el país más avanzado. La sociedad encargada de la energía solar Solamatics produce e instala sistemas solares térmicos y fotovoltaicos descentralizados. En este país se han efectuado también encuentros importantes en el campo de la utilización de la energía solar. En septiembre de 1995 se llevó a cabo el Congreso Mundial de la ISES, *In Search of the Sun*, y en septiem-

bre de 1996 el World Solar Summit, de la UNESCO, promovió el encuentro entre políticos y científicos.

Arabia Saudita, Túnez, Argelia y Marruecos han mostrado interés en participar en programas conjuntos con Estados europeos para la producción de hidrógeno mediante la instalación de sistemas fotovoltaicos en zonas desérticas.

En América Latina se están desarrollando, con un cierto interés, las energías renovables.

En el Caribe, la pequeña isla de Cuba, lejana de la mentalidad neoliberal de los privilegios y en perfecta sintonía con la propuesta solar de una verdadera igualdad, es un país que lucha con fuerza contra la globalización de la economía que pone el destino de los pueblos en las manos de las multinacionales, y propone en su lugar, como dice frecuentemente Fidel Castro, la globalización de la solidaridad y del compartir. Esta Isla tiene, por tanto, una función estimulante para los pueblos del Sur del mundo, para que no se queden satisfechos de pedir como limosna algunas técnicas solares de los países ricos, sino que escojan de forma coherente el camino del Sol enmarcado dentro de su camino de liberación (ver anexo IX).

CAPÍTULO 7

Cuba en el camino del Sol

¿Quién sugirió a Cuba el camino del Sol? Daré una respuesta concisa: su propia Revolución. Se trata, en efecto, de una Revolución con características particulares:

- Nació y vive como Revolución sustentada y querida por el pueblo, sin imposición desde las altas esferas. Si no fuera así, no hubiera sobrevivido al derrumbe de los países socialistas, al férreo bloqueo estadounidense y al aislamiento político.
- Es una Revolución siempre en evolución y que presta atención a las señales del tiempo. Tómese como ejemplo el paso, en el sector agrícola, de un fuerte control estatal a un desarrollo de las cooperativas y del sector privado bajo el control del pueblo, en busca de una mayor responsabilidad de los ciudadanos.
- Es una Revolución que permanece fiel a los ideales que son su razón de existir. A la educación y a la salud, gratuitas para todos, se les da prioridad absoluta, a pesar de las dificultades económicas causadas por el bloqueo.
- Es una Revolución que asume una democracia real, de esencia. Es el pueblo el que elige y controla a sus representantes (mediante los órganos del Poder Popular), tanto a nivel local como nacional, sin que por esto los elegidos tengan privilegio alguno.
- Es una Revolución abierta al mundo. No construye barreras aislantes, sino que siempre está dispuesta al diálogo y la confrontación positiva. Es suficiente recordar los numerosos congresos internacionales y los encuentros organizados en Cuba, como el XIV Festival Internacional de la Juventud y los Estudiantes en julio de 1997 y el Encuentro Mundial de Mujeres en abril de 1998. Además, numerosos estudiantes de los países del Sur del mundo son acogidos en las universidades cubanas.

- Es una Revolución que no busca solamente justicia y amor dentro de sus fronteras, sino que se compromete con estos ideales para todos los hombres. El Che es el símbolo de esta elección altruista.
- Es una Revolución que sabe transformar los sufrimientos en un dolor regenerador. Un ejemplo: en el sector de la alimentación, Cuba a principios de los años ochenta dependía de la Unión Soviética en 57 %. Al desaparecer ésta, junto al bloqueo yanqui se produjo una dificultad muy grande para mantener los abastecimientos. Después se desarrolló un programa de independencia agrícola para pasar de la agricultura de monocultivo a una agricultura mixta diversificada que dio buenos frutos en seguida.

La irritación que esta pequeña Isla provoca en los gigantes del neoliberalismo es una señal de su gran fuerza moral.

El Sol, desde hace millones de años, realiza una revolución animada por los mismos ideales de solidaridad, justicia y de compartir. El Sol quiere una vida plena para todos los seres vivientes del planeta, sin privilegios ni distinciones entre una flor humilde y un pequeño animal, entre un hombre desconocido y un hombre «importante». El Sol quiere que todos se integren activamente a los ciclos de la vida. El Sol amplía el poder popular y propone la globalización de la solidaridad y del compartir a todos los seres, es decir, propone el camino del Sol.

Él, también como Cuba, parece infundir miedo al neoliberalismo.

No es por acaso que el apóstol José Martí, *Padre de la Revolución Cubana*, dijo: «Vengo del Sol y al Sol voy».

7.1. ¿Cómo podía la Revolución Cubana quedarse indiferente a esta propuesta?

Ya en sus primeros años de vida (década de los sesenta), Cuba dedicó una atención muy particular a los problemas del medio ambiente y de la energía. El propio Ernesto Che Guevara encauzó programas en el campo de las energías renovables. Después hubo un período de estancamiento, en virtud de los intercambios comerciales con la Unión Soviética, que garantizaban el suministro de petróleo suficiente para las necesidades del país. Al inicio de los años noventa, como ocurrió en la agricultura, hubo una toma de conciencia del problema energético debido en parte a las dificultades surgidas. Por tanto, se multiplicaron las iniciativas para pasar de la teoría a la práctica.

A nivel gubernamental están comprometidos con proyectos concretos numerosos ministerios, entre ellos el de Ciencia, Tecnología y Medio

Ambiente (CITMA), de Educación (MINED), de Educación Superior (MES), de la Agricultura (MINAGRI), de la Industria Azucarera (MINAZ) y de la Industria Sidero-Mecánica y Electrónica (SIME). Firms y empresas trabajan en el campo de las energías renovables. Hay también organizaciones no gubernamentales particularmente comprometidas con el tema de la energía solar, como Pronaturaleza, la Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre, la Federación de Mujeres Cubanas...

Una particular mención merece CUBASOLAR (ver anexo X).

7.2. CUBASOLAR

CUBASOLAR es una organización no gubernamental (ONG) nacida en 1994. Su presidente es Luis Bériz. Desde hace muchos años, él es defensor de la energía solar, que en una entrevista definió como el «camino de la vida». Muy importante fue el apoyo de la ex ministra del CITMA, Rosa Elena Simeón, como lo expresó Bériz en un escrito del 23 de octubre de 2004:

Con gran dolor hemos recibido la noticia de la desaparición física de nuestra querida Rosa Elena. Nunca olvidaremos cuánto nos ayudó desde el mismo día en que asumió la presidencia de la Academia de Ciencias de Cuba (ACC), en 1985, en el desarrollo de las fuentes renovables de energía en el país. Nunca se nos podrá olvidar que gracias a Rosa Elena, ya siendo Ministra de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, surge el 19 de noviembre de 1994 la Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (CUBASOLAR), y ese mismo día, en la Asamblea de Constitución, fue nombrada por unanimidad Miembro de Honor de la sociedad naciente. Para nosotros, los miembros de CUBASOLAR, Rosa Elena seguirá siendo nuestra guía y nuestro ejemplo, y nos sentimos orgullosos de seguirla teniendo para siempre como Miembro de Honor de nuestra sociedad.

La asociación se encuentra en estos momentos presente en todo el país mediante secciones en casi todas las provincias. Empezó su actividad con un primer evento internacional en junio de 1994, en Ciudad de La Habana. Después tuvieron lugar cada dos años talleres internacionales CUBASOLAR, en 1996 en Santiago de Cuba, en 1998 en Guantánamo, en 2000 en Granma, en 2002 en Pinar del Río y en 2004 otra vez

en Guantánamo. El próximo taller internacional se realizará en Villa Clara y Cienfuegos, en 2006.

CUBASOLAR ha sido capaz, de manera discreta pero muy eficaz, de hacer revivir los tiempos de la primera alfabetización a inicio de los años sesenta, con una nueva alfabetización movida por el mismo impulso revolucionario, fortalecido por la energía del Sol. Una alfabetización que está ayudando al pueblo cubano a escoger y recorrer libremente el camino del Sol en el mismo sentido de la Revolución. El 19 noviembre de 2004 CUBASOLAR cumplió diez años de vida. En esta ocasión fueron organizados encuentros en las diferentes provincias, donde se subrayó la importancia de adelantar con siempre más fuerza por el camino del Sol, fortaleciendo así las ideas de la Revolución (ver anexos XI, XII y XIII).

7.3. REALIZACIONES CONCRETAS DEL CAMINO DEL SOL EN CUBA

Para la realización de este acápite se contó con la colaboración del doctor Luis Bérriz y el ingeniero Emir Madruga, presidente y vicepresidente de CUBASOLAR, respectivamente.

7.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN CUBA

En cada metro cuadrado del territorio cubano se recibe diariamente una cantidad de energía solar equivalente a 0,5 kg de petróleo combustible, valor promedio prácticamente invariable durante todo el año. Otra de las características de la radiación solar en Cuba es que su valor resulta casi igual en todo el país, ya que la diferencia en latitud desde el lugar más al Norte hasta el más al Sur es de sólo tres grados; por lo tanto, es utilizable en todo el territorio y durante todo el año con un valor medio de más de 5 kWh/m² al día, tanto en su forma de bioenergía o biomasa, energía hidráulica, energía eólica, o directamente convertida en calor o electricidad.

7.3.2. BIOMASAS COMBUSTIBLE

La agricultura, además de constituir la más importante fuente de alimentos y materias primas para Cuba, es un componente estratégico del desarrollo de las fuentes renovables de energía en la búsqueda de soluciones técnica y económicamente viables a las necesidades energéticas.

La sucroenergética

En la agroindustria azucarera, para una zafra de siete millones de toneladas de azúcar, hay que moler sesenta millones de toneladas de caña, que producen casi dieciocho millones de toneladas de bagazo y una cantidad similar de residuos agrícolas cañeros –paja, cogollo y hojas–, que se separan en los centros de acopio y limpieza.

Históricamente el bagazo, a pesar de la ineficiencia con que por lo general se utiliza, ha cubierto 30 % de las necesidades energéticas totales del país. Desde el punto de vista de su aprovechamiento energético, su uso integral y eficiente en una zafra permitiría disponer del equivalente a varios millones de toneladas de combustible convencional cada año, en forma de portadores renovables.

Este potencial, junto al Sistema Electroenergético Nacional desarrollado por la Revolución, columna vertebral energética del país, constituye sin dudas una solución energética sustentable, si se le incorpora la cogeneración con alta eficiencia de las fábricas de azúcar y destilerías existentes.

Otras biomásas

El potencial de leña existente, explotable con fines energéticos sin peligro para el equilibrio ecológico, se calcula en 3 500 000 m³ al año y es mayormente de uso local; no se encuentra distribuido de manera uniforme y se concentra en las zonas montañosas y bajas, costas y cayos. Actualmente, a siete provincias y la Isla de la Juventud corresponden 73 % del potencial nacional.

Otras biomásas combustible se ubican localmente con variado potencial, pero el más significativo es el de la cáscara de arroz y en menor medida el serrín y la viruta, el afrecho de café, las cáscaras de coco y otras.

El potencial de biogás, en las condiciones actuales, proviene de unos 78 000 000 m³ de vertimientos y biodegradables que constituyen hoy en día, en su conjunto, una de las principales fuentes de contaminación del país, fundamentalmente concentrados en las fábricas de azúcar, destilerías de alcohol y despulpadoras de café.

Adicionalmente a su beneficio energético por la producción de biogás, el tratamiento de estos vertimientos tiene un efecto inmediato en la descontaminación y significa una producción adicional de biofertilizante rico en potasio y activo como mejorador de suelos.

La energía de la biomasa es utilizada principalmente para la producción de electricidad, suministro de calor industrial y la cocción de alimentos.

7.3.3. ENERGÍA HIDRÁULICA

La hidroenergía, por su aporte energético, estabilidad, autonomía, ventajas operacionales y dispersión territorial es una de las fuentes renovables de energía de importancia en Cuba. El potencial hidroenergético estimado es de unos 650 MW, con una generación anual de 1 300 GWh, que equivalen, teniendo en cuenta su efecto económico en el sistema, a 500 000 t aproximadamente de combustible convencional. De este potencial se explotan en la actualidad sólo 55 MW, con una generación de cerca de 80 GWh por año.

La energía hidráulica ya permite dar soluciones energéticas en zonas rurales, sobre todo en las montañas. Se prevé el aprovechamiento de un potencial de unos 25 MW en algo más de cuatrocientas localidades con minicentrales y microcentrales, de las cuales hay unas doscientas construidas que brindan servicio eléctrico estable y confiable a más de treinta mil usuarios de unos doscientos treinta asentamientos rurales y otros objetivos económicos y sociales.

La posibilidad del mayor aprovechamiento de los recursos hidráulicos se encuentra en el complejo hidroeléctrico Toa-Duaba, con una potencia de 300 MW y una generación posible de 600 GWh por año. También en la cuenca aguas arriba del río Toa, así como en los ríos Agabama y Cuyaguatije, es posible la utilización de hidroeléctricas con un potencial de unos 120 MW y una generación superior a los 300 GWh al año.

A partir del triunfo de la Revolución y como respaldo al desarrollo agrícola y social, Cuba desarrolló una verdadera voluntad hidráulica: en todo el período se construyeron más de mil presas de diversos tamaños. Estas inversiones iniciales permiten con pocos recursos la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas que, en regímenes subordinados al destino final del agua, pueden ser incorporadas al Sistema Nacional o ser usadas para resolver necesidades aisladas, con el consiguiente ahorro de petróleo en las termoeléctricas.

7.3.4. ENERGÍA EÓLICA

Históricamente, en Cuba se utilizan los molinos de viento como solución de fondo al suministro de agua a la ganadería. Hoy están instalados más de ocho mil en casi todas las provincias. Se reactivó, con el apoyo de CUBASOLAR, la producción de molinos multipalas de tipo tradicional en la fábrica de Bayamo y se estudia el

desarrollo de nuevos modelos en el Centro Integrado de Tecnología Apropriada, de Camagüey.

Entre las fuentes renovables de energía con que cuenta el país, la eólica puede alcanzar una importante participación en el balance energético nacional. Su empleo en sectores y sitios adecuados resolverá a corto plazo demandas locales, y a mediano plazo podrá complementar la generación del Sistema Energético Nacional (SEN), o de sistemas eléctricos aislados.

Los resultados de la prospección y evaluación del potencial eólico cubano que conduce el Grupo Eólico de CUBASOLAR desde 1991 y el Ministerio de la Industria Básica (MINBAS), caracterizan las posibilidades estudiadas hasta hoy. Se han analizado ya los datos de veintitrés lugares, con mediciones de más de dos años en los puntos de mejores resultados.

No se dispone de estudios sobre la profundidad de la penetración tierra adentro del viento energéticamente útil ni en las montañas, por la insuficiencia de instrumentos de medición. Sin embargo, con la base de datos elaborada según los estudios realizados hasta el presente por CUBASOLAR y el MINBAS, puede afirmarse que en Cuba hay lugares donde la generación de electricidad a partir de la energía eólica es una solución real y económicamente ventajosa. Este es el caso de Cayo Sabinal, punta de Maisí, Cayo Coco, Cayo Guillermo, Cayo Santa María y la isla de Turiguanó.

Por las razones anteriormente expuestas, se ejecutaron tres proyectos demostrativos: un parque eólico en la isla de Turiguanó (450 kW), un sistema híbrido eólico-diésel en Cayo Romano (10 kW) y un parque demostrativo-comercial en punta de Ganado (3 kW).

El potencial de energía eólica es grande y parece que podría cubrir una potencia eléctrica de más de 3 000 MW, es decir, lo que necesita el país. Ya existen planes concretos para instalar en unos años generadores eólicos, en un primer paso, con una potencia de 100 MW. Para lograr este objetivo se ha planteado instalar treinta equipos de mediciones del viento en diferentes lugares del país.

7.3.5. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y FOTOVOLTAICA

Como es conocido, en Cuba la radiación solar tiene un valor energético considerable, de unas 5 000 kcal/m² al día, índice que varía muy poco de un lugar a otro del territorio, en virtud de la forma alargada y la orientación de Este a Oeste de la isla. Dicha varia-

ción es casi despreciable de un mes a otro, lo que posibilita el aprovechamiento energético de esta fuente durante todo el año.

La radiación solar se utiliza directamente en transformaciones térmicas y fotovoltaicas, es decir, en forma de calor y electricidad.

La conversión térmica es actualmente la forma más eficiente y económicamente más ventajosa de usar la energía solar. La generalización del uso doméstico del agua caliente solar para el aseo personal, el fregado y la cocción de alimentos significará un ahorro potencial considerable del consumo de combustibles contaminantes.

También es muy alto el consumo de combustible en el calentamiento de agua y otros fluidos en la industria, el comercio, el turismo y en edificaciones sociales, como escuelas y hospitales, que pudiera ser satisfecho con instalaciones solares, de forma sostenible y ambientalmente sanas.

Antes de 1989 se producían en el país colectores solares planos y tanques termo, desarrollados de conjunto por el Centro de Investigaciones de la Energía Solar (CIES), de Santiago de Cuba, el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría (ISPJAE) y el Ministerio de la Industria Sidero-Mecánica y Electrónica (SIME). Con el apoyo de la Comisión Nacional de Energía se produjeron e instalaron más de trescientos cincuenta sistemas de calentamiento solar termosifónicos en hospitales, círculos infantiles, hogares de ancianos y otros objetivos sociales; aunque posteriormente, a causa de las dificultades económicas del país, se descontinuaron estas producciones.

En 1993 se comenzaron de nuevo a comercializar por EcoSol y Rensol sistemas a partir de colectores planos importados y fabricados o ensamblados en el país. Recientemente, con el apoyo de CUBASOLAR, se desarrolló la producción de colectores compactos de alta eficiencia, apropiados a las condiciones climáticas de Cuba, con materiales de alta calidad, que produce ECISOFT y comercializa EcoSol.

La puesta en vigor de tarifas en divisas para el cobro de la electricidad en el turismo y otras actividades ha despertado el interés de los empresarios, debido a la rápida recuperación de las inversiones y al ahorro de energía que proporcionan.

El secado de productos agrícolas e industriales, por su alto consumo de energía, es otro de los usos de mayor interés de la energía solar.

Durante casi dos décadas, el CIES y el Grupo de Investigaciones de la Energía Solar de La Habana han desarrollado modelos y tecnologías de secado solar para maderas, hierbas medicinales, granos, semillas y otros productos que ya permiten el uso industrial de estas

cámaras con grandes ventajas económicas. Se trabaja en el desarrollo de secadores con tecnologías constructivas de avanzada, en función de lograr mayores avances en la introducción de esta técnica en casos como el curado y secado de tabaco, y otras líneas.

La utilización de cámaras de clima controlado para la producción de vegetales y semillas de alta calidad, la refrigeración y la climatización, son también procesos de altos consumos de energía que pudieran ser resueltos con energía solar.

En las cámaras de radiación y clima controlado (veraneros) han trabajado desde hace varios años los especialistas del Grupo de La Habana y el CIES, con el apoyo de CUBASOLAR, hasta llevarlos a escala productiva. Ahora se trabaja en la utilización de tecnologías constructivas de avanzada para aprovechar sus ventajas en producciones de la biotecnología y de semillas de alta calidad y valor, tales como las de papa, que evitarían elevados gastos anuales por su importación.

La transformación directa de la radiación solar en electricidad por conversión fotovoltaica es una de las formas más promisorias de su aprovechamiento a largo plazo. Su sostenido desarrollo internacional ya permite ponerla en práctica, en las aplicaciones aisladas y remotas, con una mayor rentabilidad que las restantes fuentes convencionales.

En Cuba existe alrededor de 5 % de los hogares sin electrificación, ubicados en zonas alejadas del Sistema Electroenergético Nacional, cuya solución energética pudiera ser con energía solar fotovoltaica. En virtud de la experiencia adquirida con numerosas instalaciones demostrativas desarrolladas por el CIES, el Ministerio de Comunicaciones (MINCOM), Flora y Fauna, el Instituto Cubano de Hidrología (ICH) y la empresa EcoSol, el país ha podido resolver numerosas necesidades de electrificación en zonas aisladas de la red (Fig. 7.1).

Aplicaciones tales como el Programa de Electrificación Fotovoltaica en las montañas y zonas rurales remotas, a escuelas con 2 364 instalaciones funcionando, a casas consultorio del médico de la familia y hospitalitos con más de cuatrocientas instalaciones, a círculos sociales y salas de vídeo con más de mil ochocientas instalaciones, confirman lo positivo de esta solución. Además, está ahora tomando vida el proyecto de electrificación fotovoltaica de alrededor de cien mil viviendas aisladas. Por otra parte, a medida que se desarrolle la industria fotovoltaica cubana y disminuyan los costos de fabricación de los paneles, podrá ampliarse el campo de utilización de estos sistemas, dirección en la que trabajan la industria electrónica de Pinar del Río y

Electrificación fotovoltaica de las casas consultorio del médico de la familia en zonas de difícil acceso

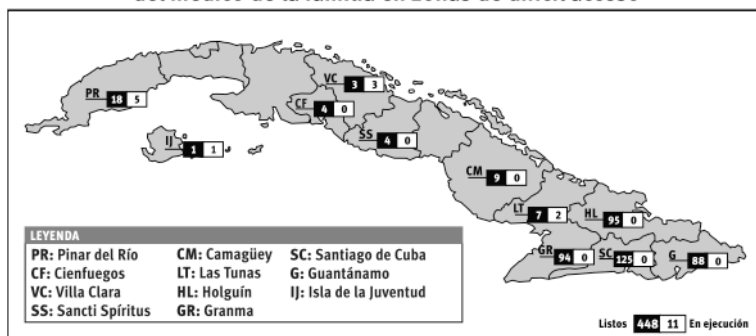


Fig. 7.1. Situación, por provincias, de la electrificación fotovoltaica de las casas consultorio del médico de la familia en zonas de difícil acceso. (Fuente: CUBASOLAR, 31 de diciembre de 2005).

Copextel-Habana. Desde hace algunos años en Pinar del Río funciona con éxito una fábrica de paneles fotovoltaicos que cubre las necesidades actuales de la Isla y exporta a otros países. En unos años se piensa pasar de la producción actual, de una potencia de 1 MW/año a la de 20 MW por año.

La mayor ventaja de estos sistemas es su autonomía e independencia, además de la confiabilidad en su funcionamiento, por lo que son ideales para su generalización a gran escala en el abastecimiento energético del planeta en el futuro, si se tiene una fuente de acumulación como el hidrógeno.

Los llamados usos pasivos de la radiación solar, aplicados a la arquitectura solar o bioclimática, constituyen una de las formas más ventajosas del uso de la energía solar en lo que se refiere al ahorro energético en la iluminación y la climatización de locales o ventilación, principalmente.

En Cuba también será aprovechable, a más largo plazo, la energía del gradiente termo-oceánico provocado por el calentamiento solar de las capas superiores de los mares y océanos. Este gradiente suele ser de 15 a 20 °C en profundidades de 700 a 1 000 m bajo el nivel del mar. La alta proporción de extensión de las costas cubanas con relación a la extensión de su territorio, así como la característica de la plataforma marina en una parte considerable de las costas, hacen posible el uso de esta forma de energía para la producción de electricidad, así como para la refrigeración y la climatización. Fue precisamente en Cuba, a

principios del siglo xx, donde el investigador francés Claude demostró, con una instalación piloto en la bahía de Matanzas, la factibilidad de este tipo de generación al producir 30 kW de potencia eléctrica.

7.4. ESTRUCTURAS ACTUALES PARA EL DESARROLLO DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN CUBA

El desarrollo de las fuentes renovables de energía en Cuba se lleva a cabo en varias direcciones simultáneas:

- Educación y formación de una cultura y de una conciencia energética y de respeto ambiental.
- Investigación y desarrollo científico-técnico.
- Fomento de la industria nacional.
- Aumento del uso de las fuentes renovables de energía.
- Planificación energética.

En el V Congreso del Partido Comunista de Cuba se discutió ampliamente el problema energético cubano, y se llegó a la conclusión de que lo más importante es lograr una alta eficiencia en los procesos y un máximo ahorro, así como desarrollar cada vez más el uso de las energías renovables.

Los ajustes y recuperación de la economía han obligado a perfeccionar la concepción, la ejecución y el control de la planificación a corto y mediano plazos del uso racional y el ahorro de los recursos energéticos. Al ser la disponibilidad del caudal energético uno de los factores esenciales para el desarrollo de la economía, se han establecido un conjunto de políticas y medidas que aseguren un avance sostenible del país.

Por otra parte, el reconocimiento de la planificación financiera en la macroeconomía y su definición en el nivel de cada empresa, junto con el redimensionamiento de las instalaciones, implica que se puede medir el precio de cada portador. Esto exige de cada empresario la mejor gestión financiera de sus recursos, dentro de lo cual deberá modificar su estructura energética con el objetivo de disminuir proporcionalmente los combustibles fósiles importados y aumentar el uso de las fuentes renovables de energía.

La fuerte tendencia hacia la disminución del impacto ambiental por el uso de las energías limpias también contribuye a este fin.

En 1993 fue aprobado por el Consejo de Ministros y ratificado por la Asamblea Nacional del Poder Popular, el Programa de Desarrollo de las

Fuentes Nacionales de Energía, que se basa principalmente en el aumento de la eficiencia energética, la explotación y uso racional del petróleo cubano y el desarrollo de las fuentes renovables de energía. Por su importancia, se le da un peso sustancial a la biomasa cañera, y se incluyen todas las formas posibles de uso de otras fuentes renovables.

Este programa se coordina y controla actualmente por el Ministerio de Economía y Planificación, y casi todos los organismos estatales están involucrados de una forma u otra en su consecución.

Los principales ejecutores de las diferentes acciones son los organismos de la Administración Central del Estado que se relacionan a continuación:

- El Ministerio de Educación (MINED) tiene un plan de formación de los estudiantes en general, con prioridad en la enseñanza media y preuniversitaria en el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, para lo cual ya se han empezado a instalar en varias escuelas calentadores solares, molinos de viento, aerogeneradores, cocinas solares y de biomasa, paneles fotovoltaicos y otras técnicas. Este plan incluye a todas las escuelas del país, y se ejecuta la instalación de laboratorios en los institutos pedagógicos y en los preuniversitarios de ciencias exactas.

También se han editado varios manuales docentes sobre las fuentes renovables de energía, que posibilitan una educación sistemática en esta materia.

- El Ministerio de Educación Superior (MES), con el apoyo de CUBASOLAR, ha creado la Universidad Técnica de Energías Renovables (UTER), paso fundamental en la formación de especialistas en dicha rama, tanto cubanos como de otros países, principalmente latinoamericanos. Además, el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE) introdujo la asignatura de energías renovables dentro del programa de estudios de los futuros especialistas energéticos, y otras universidades imparten cursos de postgrado en varias especialidades dentro de esta rama. La UTER funciona ya en varias provincias del país, incluyendo la Universidad de Montaña de Sabaneta, en Guantánamo.
- El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), que coordina y controla el desarrollo científico y tecnológico del país, en 1995 aprobó, dentro de los programas nacionales científi-

co-técnicos, el de Desarrollo Energético Sostenible, el cual tiene los siguientes objetivos:

- Desarrollar soluciones tecnológicas que, al tener en cuenta las actuales circunstancias económicas, permitan incrementar la eficiencia energética del país.
- Desarrollar y asimilar equipos y tecnologías que amplíen las aplicaciones ventajosas desde el punto de vista técnico-económico de las fuentes renovables de energía, como la biomasa, biogás, hidroenergía, energía solar y eólica.
- Alcanzar un adecuado nivel de actualización en las tecnologías energéticas de avanzada que permita la toma de decisiones sobre su introducción en el país.
- Desarrollar y (o) asimilar tecnologías que posibiliten mejorar la calidad y la eficiencia del uso del crudo nacional destinado a la generación de electricidad.
- Desarrollar soluciones tecnológicas que faciliten incrementar el uso de la biomasa cañera en la producción de energía, disminuyendo la relación consumo-entrega de energía en la industria azucarera.

Este programa agrupa a las unidades ejecutoras que se presentan a continuación:

El Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES) cuenta con filiales en diferentes provincias del país, que desarrollan calentadores solares, secadores de productos agrícolas e industriales, destiladores de agua, veraneros para el cultivo de vegetales en clima tropical, casas solares, molinos de viento, bombas fotovoltaicas, aerogeneradores, sistemas fotovoltaicos, tecnologías de cultivo intensivo de microalgas, saunas solares, cocinas solares y de biomasa, entre otras.

El Instituto de Materiales y Reactivos para la Electrónica (IMRE), de la Universidad de La Habana, desarrolla tecnologías para la producción de celdas fotovoltaicas, así como para la obtención y uso energético del hidrógeno.

El Centro Integrado de Tecnologías Apropriadas (CITA), de Camagüey, desarrolla equipos para el aprovechamiento de la energía hidráulica y eólica.

El Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER), del ISPJAE, realiza investigaciones para el aprovechamiento térmico de las energías solar, eólica y de la biomasa.

El Grupo de Física Ambiental del Ministerio de la Construcción y el Grupo de Arquitectura Solar de la Facultad de Arquitectura del ISPJAE,

trabajan los temas de la ventilación y la iluminación naturales, así como en la realización de nuevos proyectos integrales de arquitectura bioclimática.

Los grupos de Energía Eólica de CUBASOLAR y del MINBAS, y el Instituto de Meteorología, realizan estudios para la determinación del potencial eólico en todo el territorio nacional.

El Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras (ICINAZ), del Ministerio del Azúcar, trabaja en nuevos métodos de utilización de los residuos cañeros, el bagazo y la paja como combustibles, así como en la producción de biogás, la gasificación del bagazo y de la paja de la caña.

Por otra parte, se están realizando investigaciones en la mayoría de las universidades técnicas del país, entre ellas la de Santiago de Cuba, Santa Clara, Cienfuegos y Pinar del Río, en las líneas de la agroindustria cañera y no cañera, la arquitectura solar, la refrigeración y la climatización, los equipos térmicos solares, la energía hidráulica, etcétera.

Un factor muy importante que impulsa el uso de las fuentes renovables de energía es la Ley para la Protección del Medio Ambiente, aprobada en 1997 por la Asamblea Nacional del Poder Popular.

El SIME tiene en funcionamiento varias fábricas dedicadas a la producción de equipos que permiten el uso de las fuentes renovables, como el combinado sideromecánico de Santa Clara y la Planta de Calentadores Solares de Morón. Recientemente, la empresa ECISOFT comenzó la fabricación de calentadores solares compactos de alta calidad.

Se producen, además, cocinas eficientes y turbinas hidráulicas, y existe la capacidad para producir secadores, destiladores, generadores eólicos, bombas y otras tecnologías, a la par que se preparan las condiciones para la fabricación en Cuba de celdas y paneles fotovoltaicos en las instituciones del Grupo de la Electrónica.

El Ministerio del Azúcar (MINAZ) es el organismo que lleva el peso fundamental en el aprovechamiento de las energías renovables en Cuba, debido al alto potencial del bagazo y otros residuales cañeros. Este ministerio tiene tal importancia en el balance energético nacional actual y futuro, que se considera que la producción de energía es, y sobre todo lo será en adelante, una de las funciones principales de este organismo.

En la actualidad se trabaja arduamente en su programa energético, que contempla la instalación de turbogeneradores, la sincronización de centrales azucareros y la ampliación de los enlaces al Sistema

Electroenergético Nacional. Singular importancia tienen los estudios que se están realizando con el Ministerio de la Industria Básica para trasladar a los centrales los turbos condensantes de pequeñas potencias, de alrededor de 5 MW. Se continúan también los estudios de factibilidad para el posible uso de bloques de 50 MW y menores, así como los referidos a la modernización de calderas y la introducción de mayores presiones, y el desarrollo de tecnologías de punta.

El Ministerio de la Agricultura (MINAGRI) desarrolla el programa energético de la biomasa no cañera y ha venido trabajando en el programa de los bosques energéticos. Se prioriza la producción de carbón, mediante la generalización progresiva de los hornos tipo colmena y se continúa trabajando en el aprovechamiento de varios residuos agrícolas, tales como la cáscara del arroz, el afrecho del café y la cáscara de coco. De esta forma y con la utilización directa de la energía solar, es posible abastecer de energía la actividad de secado de los productos agrícolas, altos consumidores en otros tiempos.

El MINAGRI mantiene también la fabricación de los molinos de viento para el bombeo de agua en su fábrica de Bayamo.

Debe destacarse, asimismo, el Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba (PAEC) que lleva adelante el MINBAS, con el principal objetivo de disminuir la demanda en el horario pico y que cuenta con el apoyo de los medios masivos de información y algún nivel de financiamiento estatal.

7.5. OTRAS ENTIDADES ESPECIALIZADAS

En el país existen además varias empresas productoras y firmas comerciales que ofertan productos y brindan servicios técnicos especializados, pero las principales son EcoSol y RENSOL.

RENSOL es una firma radicada en la ciudad de Morón, Ciego de Ávila, que produce calentadores solares para el consumo nacional y la exportación. Tiene capacidad para producir otros equipos solares, como secadores y cocinas.

EcoSol es una firma especializada en el aprovechamiento de todas las fuentes renovables de energía (solar, térmica, fotovoltaica, hidráulica, bioenergía, eólica y otras), para lo cual realiza estudios, proyectos, instalaciones y servicios de mantenimiento. Esta entidad apoya el desarrollo de las investigaciones, la producción y otras actividades que promuevan el uso de las fuentes renovables de energía en Cuba.

7.6. LAS ORGANIZACIONES NO GUBERNAMENTALES CUBANAS EN DEFENSA DEL MEDIO AMBIENTE Y EL USO DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA

La mayoría de las organizaciones no gubernamentales cubanas (ONGs), con el objetivo de crear un mundo mejor, apoyan el aprovechamiento de la energía solar en sus diferentes manifestaciones. Ejemplo de ello lo ha dado la Federación de Mujeres Cubanas (FMC) en su tarea de apoyo a la electrificación rural dentro del Plan Turquino, y el uso de la energía solar en los círculos infantiles de todo el país. Muchas de estas instalaciones están abastecidas de agua caliente con calentadores solares.

Trabajo muy significativo están realizando los Comités de Defensa de la Revolución (CDR) para el cumplimiento del programa de ahorro de energía eléctrica en las horas de máximo consumo, en cumplimiento de las tareas emanadas del V Congreso del Partido Comunista de Cuba.

Se destacan también Pronaturaleza y la Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre, pues con la defensa del medio ambiente defienden también el uso de la energía solar, única fuente no contaminante de nuestro planeta y pieza esencial del desarrollo sostenible.

En noviembre de 1994 se creó la organización no gubernamental CUBASOLAR, la cual tiene como objetivo promover el uso de las fuentes renovables de energía en sustitución de las no renovables y contaminantes, así como el ahorro y la eficiencia energética, para lo cual se propone fundamentalmente:

- Contribuir a la formación de una mayor cultura energética y ambiental para el ahorro, el aumento de la eficiencia y la optimización del aprovechamiento de la energía solar en todas sus manifestaciones.
- Estimular la diseminación de la información sobre el uso racional de la energía y preferentemente de las fuentes renovables, así como la investigación científica y técnica con estos fines, y el desarrollo de la industria nacional de equipos para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.
- Fomentar la colaboración y el intercambio de experiencias en Cuba y con otros países, la elaboración conjunta de proyectos, la asesoría técnica y otras líneas de trabajo para la explotación de las fuentes renovables de energía y el incremento proporcional de su utilización, contribuyendo a la introducción de proyectos demos-

trativos y soluciones energéticas sostenibles ambientalmente sanas, en esferas con repercusión social.

7.7. BASE DEL TRABAJO FUTURO

La energía es un factor fundamental para la subsistencia y el desarrollo. La dependencia energética es razón y fase de la dependencia económica y, por consiguiente, deviene dependencia política.

En Cuba existe una conciencia generalizada, a todos los niveles, de la necesidad de luchar por el bienestar del ser humano y no sólo por el del cubano. Vivimos en un mundo único y toda contaminación atmosférica producida por un país, la sufre en mayor o menor grado el resto del mundo.

A menudo surgen las preguntas: ¿Con qué derecho los países industrializados contaminan el mundo? ¿Con qué derecho afectan la capa de ozono? ¿Con qué derecho provocan la descongelación de los hielos glaciares y ponen en peligro la vida en las pequeñas islas que en número tan grande existen en la Tierra? ¿Con qué derecho ponen en peligro el futuro de la humanidad?

Martí, apóstol y maestro, expresó que nosotros no heredamos las tierras de nuestros padres, sino que las usamos prestadas por nuestros hijos. Esto incluye también todos los recursos que posee la tierra: el petróleo, los minerales, e incluso su poder de seguir generando vida. En otras palabras, nuestra función principal en la Tierra es luchar por el futuro de la humanidad, y en ningún caso tenemos el derecho de vivir mejor a costa de la vida de nuestros descendientes, como tampoco tenemos derecho a vivir mejor a costa de la infelicidad de nuestros coterráneos.

El trabajo va dirigido a lograr, en el futuro, una independencia energética basada en la utilización racional de los recursos que la naturaleza pone en nuestras manos, la energía solar en sus diferentes manifestaciones, contribuyendo a mejorar cada vez más las condiciones de vida de las actuales y futuras generaciones.

7.8. CONCLUSIONES

Después de más de diez años de vida de CUBASOLAR se ven los resultados que hablan muy claro. Además de muchas realizaciones en el campo de las fuentes renovables de energía, por las cuales

el aporte de CUBASOLAR fue muy grande, podemos darnos cuenta de cuánto subió la «cultura revolucionaria solar» en el pueblo de Cuba, y en particular en los jóvenes. En este sentido tiene una importancia fundamental la creación en muchas escuelas primarias (el inicio fue en la provincia Granma) de los círculos de interés «Por el camino del Sol» y la realización del Centro de Estudios Solares, cerca de la Villa del Educador en la Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos (Bartolomé Masó, provincia Granma), inaugurado en septiembre de 2003, rodeado por un bosque martiano. Se trata de un Centro construido con arquitectura bioclimática, donde se encuentran diferentes equipos que utilizan las energías renovables (paneles fotovoltaicos, calentadores solares, etc.) y donde hay una «biblioteca solar» y una sala de computación. Un Centro, entonces, para el estudio de las fuentes renovables, el ahorro de la energía y la protección del medio ambiente. En este Centro se realizan encuentros con estudiantes y profesores y se organizan talleres, por ejemplo, con los niños de los círculos de interés «Por el camino del Sol».

Se trata ahora concretamente de incrementar el uso de las fuentes renovables de energía (FRE) en Cuba con verdadera mentalidad solar, en armonía con las ideas de la Revolución, hija del Sol (ver anexo XV). Unos puntos importantes son los siguientes:

1. Sobriedad en el uso de la energía a través de todas las formas de ahorro; por ejemplo, la reducción de los gastos de energía eléctrica, el desarrollo de medios de transporte públicos, la arquitectura bioclimática, etc. En este sentido resulta muy eficaz una frase de Fidel: «Mientras no seamos un pueblo realmente ahorrativo, que sepamos emplear con sabiduría y con responsabilidad cada recurso, no nos podremos llamar un pueblo enteramente revolucionario» (ver anexos V y XVIII).
2. Utilización de las FRE de forma descentralizada y diversificada (sol directo, agua, viento, biomasa).
3. Creación de las bases institucionales y legislativas para incrementar el uso de las FRE.
4. Continuo desarrollo de los programas de «educación solar» para todo el pueblo.
5. Solarización de un municipio al 100 %. Ya se redactó un proyecto, en fase de estudio, y poco a poco se realiza la solarización total del municipio Bartolomé Masó, en Granma, utilizando únicamente fuentes renovables de energía (ver anexo XVI). Así podremos dar-

nos cuenta de que el camino del Sol no es un sueño, sino una realidad: un primer paso para que la Islita Revolucionaria se haga totalmente solar.

6. Por fin, no se puede olvidar que a inicios del 2005 surgió un ALBA de esperanza, un nuevo amanecer para los países del Caribe y América Latina, del cual Cuba con Fidel y Venezuela con Chávez son promotores de la Alternativa Bolivariana para las Américas, con acuerdos culturales, sociales, técnicos y económicos, para llegar poco a poco a la «Patria Grande», el sueño de Simón Bolívar. En el campo de la energía, como primer paso, Venezuela pone a disposición de los pueblos, y no de las transnacionales, su riqueza petrolera. Importante es ver la utilización de este petróleo como medida transitoria, un petróleo que debe hacerse solar, es decir, creador de condiciones económicas que aceleran la transición hacia la era solar. En este sentido ya se están realizando proyectos de colaboración entre Cuba y Venezuela para el desarrollo de las fuentes renovables de energía: se trata del «alba», de un nuevo día del Sol que anuncia el nacimiento de un mundo mejor.

CAPÍTULO 8

¿Qué puede hacer el ciudadano?

¿Puede un simple ciudadano, no vinculado a este tipo de actividad, contribuir significativamente para solucionar el problema energético? Ante un desafío tan complejo es posible experimentar una sensación de impotencia, y tratar de aislarse en un estéril individualismo y dejar las decisiones en las manos de los poderosos.

Es necesario reaccionar frente a este estado psicológico y tratar de asociar a la toma de conciencia de un problema de dimensiones planetarias, la voluntad de actuar concretamente a nivel local.

Cada uno debe sentirse responsable y comprometido individualmente en la construcción del camino del Sol, poniendo en práctica las medidas de ahorro energético, la correcta utilización de los recursos y de protección del medio ambiente que estén a su alcance.

8.1. UN COMPROMISO DE CARÁCTER EDUCATIVO Y SOCIAL

La información de los *mass-media*, cuantitativamente tan grande y cualitativamente tan carente, es controlada en los países que aplican el neoliberalismo, no por el pueblo sino por los grupos de poder con intereses económicos y políticos. Por eso es importante un compromiso educativo consigo mismo y con los demás mediante las fuentes de información, para promover así el desarrollo de la capacidad crítica del individuo hasta que se vuelva un hombre culto.

Es necesario, en fin, un compromiso de carácter político para convencer a los responsables, de la necesidad de un cambio de dirección. Se trata de salir del viejo hábito, de una cómoda obediencia y de tomar la iniciativa para promover debates públicos con la participación de los políticos, mesas redondas y manifestaciones, dando el voto a aquellos candidatos más comprometidos con el camino del Sol, para que las generaciones futuras no sean obligadas a sufrir las trágicas consecuencias de nuestra falta de voluntad.

Consideraciones finales

El camino del Sol utiliza nuevas tecnologías, pero no se limita simplemente a un conjunto de nuevas medidas técnicas. El camino del Sol es, ante todo, un nuevo modo de pensar, una opción que debe madurar en cada uno de nosotros. Es un camino de liberación del hombre que no lo lleva a ser un dominador de la naturaleza, sino una parte integrante de ella; un hombre nunca más en competencia con otros hombres, sino constructor de vínculos de colaboración y compartimento; nunca más pesimista y desalentado, sino comprometido con la realización de una verdadera democracia, capaz de superar el egoísmo de los intereses individuales o de grupos, en dirección a favor de una solidaridad universal.

Objeciones y respuestas

¿Es real el efecto invernadero?

A nuestra disposición se encuentra una cantidad cada vez mayor de datos que demuestran la clara correlación existente entre el aumento del CO_2 en la atmósfera y el aumento de la temperatura. A través de mediciones hechas en una parte de los hielos polares se han podido determinar los índices de CO_2 y de la temperatura media de la atmósfera a partir de ciento sesenta mil años atrás. Nunca hubo concentraciones de CO_2 tan altas como las que se reportan hoy en día.

Sin embargo, cualquier previsión, aunque esté basada en experiencias y estudios profundos, no puede ofrecer 100 % de seguridad. Pero esta no es una buena razón para seguir acumulando CO_2 . Sería como si una persona decidiese tirarse del décimo piso de un edificio pensando que existe una pequeña posibilidad de salvarse.

¿Podría el efecto invernadero tener consecuencias positivas como afirman algunos científicos?

Regiones localizadas al Norte de Canadá y Siberia podrían aparentemente tener algunas ventajas con el aumento de temperatura, pero se trata, sobre todo, de beneficios circunscritos a esos lugares, irrelevantes frente a las catástrofes climáticas y sociales en el ámbito planetario que el efecto invernadero lleva consigo: elevación del nivel del mar, desertificación de inmensos territorios, aumento de los ciclones y huracanes, migración forzada de poblaciones enteras.

¿Si una instalación nuclear es peligrosa, por qué no construirla en lugares más seguros y no aumentar las medidas de seguridad?

La construcción de reactores subterráneos no mejoraría la situación. Se crearían problemas técnicos, además de los daños que se puedan ocasionar a las aguas subterráneas, etc. Un aumento de los

sistemas de control aumenta la seguridad, pero hasta un nivel determinado.

Un excesivo número de sistemas de control, debido a la complicación creciente, lleva paradójicamente a una reducción de la propia seguridad. Independientemente de todo eso y también tomando en consideración los reactores llamados «intrínsecamente seguros», los accidentes provocados por atentados, el problema no resuelto de las escorias y las amenazas del vínculo entre la energía nuclear civil y la destinada a fines militares permanecerían.

¿No es posible depositar las escorias radiactivas en lugares seguros?

La radiactividad de ciertos radionúclidos se mantiene por millares y decenas de millares de años. Ningún depósito puede ser considerado seguro por períodos tan largos. También se debe excluir el transporte para otros planetas. Sería suficiente la avería de una rampa de lanzamiento espacial, durante el despegue, para provocar contaminaciones inaceptables.

¿Por qué la cogeneración, es decir, la recuperación de la energía térmica en la fuente, no es posible con la opción nuclear?

Técnicamente, la cogeneración sólo tiene sentido cuando se realiza con centrales pequeñas, de hasta 100 MW, cerca de los lugares de utilización.

Las megacentrales nucleares, por tanto, están excluidas. Centrales nucleares de pequeñas dimensiones exigirían el surgimiento de centenares de unidades en un mismo país. ¿Cuáles medidas de seguridad y cuántos policías serían necesarios para proteger de posibles atentados terroristas un número tan elevado de instalaciones?

¿Cómo pueden las fuentes renovables sustituir las grandes producciones de energía convencional?

Se puede obtener una gran cantidad de energía con fuentes distribuidas: la energía solar directa e indirecta, con sistemas técnicamente realizables, los cuales pueden proporcionar sin dificultades energía correspondiente al triple del consumo mundial actual.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que un aspecto fundamental del camino del Sol es la utilización inteligente de la energía, que permite un ahorro energético notable (cerca de 50 % en los países industrializados). Hay una tendencia continuada a hacer creer que el

nuevo camino es un camino secundario y que puede al máximo tener una función complementaria. Estamos a tiempo de cambiar la mentalidad: la utilización inteligente de la energía y las fuentes solares renovables deben ser en el futuro el núcleo del nuevo sistema energético. La energía nuclear deberá desaparecer y los fósiles asumirán una función auxiliar.

¿El Sol podrá tener efectos negativos sobre el medio ambiente?

También las fuentes renovables deben ser seleccionadas por un criterio. Las instalaciones deben tener características y dimensiones que respeten las condiciones ambientales. En el caso de la energía solar directa, por ejemplo, debe ser evitada la destrucción de áreas verdes y utilizar los techos, las paredes de las casas y otros espacios, como naves de fábricas, etc., por no hablar de las áreas desérticas.

El programa de la energía solar puede, por supuesto, provocar algunos desequilibrios térmicos, pero nunca serían comparables con los sistemas convencionales.

Una central nuclear o fósil emite, en un área limitada, una gran cantidad de calor. Con la energía solar la concentración es muy inferior y además no se libera nueva energía, como la de los combustibles, sino simplemente se transforma una parte de la energía proveniente del Sol. Los cálculos hechos sobre los reflejos y las transformaciones de las radiaciones visibles en infrarrojos demostraron que los desequilibrios térmicos son mínimos.

En fin, es necesario recordar que las fuentes alternativas, a diferencia de las otras, no son contaminantes. Sería lo mismo que discutir sobre los posibles daños causados por los zapatos del agricultor a los cultivos y no tomar en consideración los provocados por un tractor de esteras.

¿No son de difícil realización y mantenimiento las instalaciones para la producción de hidrógeno solar?

Estas instalaciones, las más sofisticadas en el campo de la energía solar, presentan una determinada complejidad técnica. Sin embargo, instalaciones electrolíticas para la producción de hidrógeno funcionan desde hace mucho tiempo en Noruega sin problemas. No hay comparación con la complejidad de las instalaciones convencionales.

Un reactor nuclear normal, por ejemplo, para no hablar de los rápidos, es mucho más complejo y requiere, además, de sofisticados sistemas de seguridad y particular atención al peligro de la contaminación.

¿No es peligrosa la explosividad del hidrógeno?

Mezclado con pequeños aditivos de elementos seleccionados, el hidrógeno tiene una inflamabilidad análoga a la del metano normal. Además, el hidrógeno, a diferencia del metano, es mucho más ligero que el aire y por tanto sale fácilmente de los lugares cerrados a través de los respiraderos.

Un gasoducto de grandes dimensiones para la industria química funciona hace muchos años en la zona del Ruhr, en Alemania, sin inconvenientes.

¿El ecosistema no sabrá autodefenderse de la contaminación?

Es cierto que existe un determinado grado de autodefensa, pero lo hemos sobrepasado, y la muerte de las selvas, de millones de lagos y ríos, y la desaparición definitiva de numerosas especies animales así lo evidencian.

¿Las tecnologías alternativas podrían ser también usadas contra el hombre?

Por supuesto, aunque no hay comparación con las tecnologías peligrosas y contaminantes de la vía dura. El proyecto de construcción de una gran presa, con la destrucción de una inmensa superficie de la selva amazónica, va decididamente contra el hombre. La tecnología por sí misma no resuelve todos los problemas. Para cada caso debe ser estudiada una solución que respete al hombre y al medio ambiente. A la meta final no se llega nunca: camino del Sol significa camino de liberación.

¿Es justificado el miedo al black-out?

Los responsables de los programas energéticos repiten a menudo que sin la construcción de nuevas magacentrales eléctricas no se puede satisfacer la demanda creciente de electricidad. Si se permanece en la vía energética dura, es imposible salir de la espiral oferta y demanda. Desgraciadamente no se quieren tomar en consideración las medidas técnicas para la utilización inteligente de la energía, que permitirían grandes reducciones de los consumos.

¿La descentralización no lleva a un aumento de los costos?

Si se toman en consideración sólo los costos de una unidad de producción de energía (por ejemplo, una central eléctrica), una megacentral puede tener un costo menor que la suma de los costos de

pequeñas centrales productoras de la misma cantidad de energía. Sin embargo, al tomar en consideración los costos de las estructuras complementarias, por ejemplo, los costos de la red de distribución de la energía, muy inferiores en el caso de un sistema descentralizado, la situación es diferente. En el caso de fuerte centralización se deben añadir también los costos debido a los daños al medio ambiente.

¿Por qué la alternativa avanza tan lentamente?

Hay gran resistencia de los que tienen el poder. ¿Por qué?

La vía energética dura supone un sistema y una estructura piramidal, fuertemente centralizados, con vínculos preponderantemente verticales: el poder permanece en las manos de pocos, se desarrollan los intereses de grupos.

El camino del Sol no propone simplemente la sustitución de una fuente energética. Exige un cambio estructural, una gran descentralización con la participación de los ciudadanos a través de los órganos locales, de modo que las elecciones en el campo energético industrial están en armonía con las exigencias ecológicas y sociales de la población. Además, comparte el desarrollo de industrias de pequeñas dimensiones con perjuicio de los gigantes industriales; así, los grandes irán perdiendo el poder. Cuanto más poder sea dejado a los grandes lobbies, más obstáculos tendrá el camino alternativo.

En los Estados Unidos, por ejemplo, el gobierno de Carter apoyó las investigaciones y el desarrollo en dirección al camino del Sol, e inmediatamente aparecieron los resultados. Reagan, el presidente siguiente, decididamente a favor de la gran industria petrolera y nuclear, redujo fuertemente los incentivos al desarrollo de la energía solar y en el transcurso de pocos años se registró un fuerte estancamiento en esa dirección.

¿Por qué es fundamental la toma de conciencia de los ciudadanos para la promoción del camino del Sol?

El cambio no vendrá sin la participación popular. Sólo si los ciudadanos estuvieran convencidos de que se trata de una elección fundamental para el futuro de la humanidad y se comprometieran, por tanto, en profundizar y discutir el problema a nivel comunitario, sería posible liberarse de las propagandas de quien tiene el poder en las manos, para deformar frecuentemente la realidad.

La formación de una mentalidad crítica permitirá a los habitantes de los países que aplican el neoliberalismo darse cuenta de que son

esclavos de un sistema que anestesia al hombre en vez de liberarlo. Permitirá también, a través de la educación a todos los niveles, los cambios políticos necesarios para entrar en el camino del sol.

Cuba, donde hay una verdadera participación popular y donde los problemas se enfrentan con capacidad crítica, serenidad y realismo, puede ser un ejemplo y una ayuda para tomar este camino.

Anexos

ANEXO I

Los límites biofísicos de la Tierra y el derecho a la calidad de la vida

ENZO TIEZZI

(De *Pace diritti dell'oumo diritti dei popoli*, Liviana editrice, 1987. El texto del presente artículo es de la conferencia del profesor Tiezzi en ocasión de la inauguración del 746º Año Académico de la Universidad de Siena, el 25 de enero de 1987).

I.1. LOS LÍMITES BIOFÍSICOS DEL PLANETA

Cada minuto 40 ha de selvas desaparecen en el mundo debido a las intervenciones del hombre. Son más de quince millones de hectáreas verdes al año. Las selvas tropicales, a este ritmo de destrucción, desaparecerán completamente en el período de una vida humana, ochenta años, con gravísimas consecuencias sobre los equilibrios de la atmósfera y del clima.

Mientras tanto, la población continúa creciendo a ritmos vertiginosos: trescientos millones de habitantes en el tiempo de Jesucristo, seiscientos millones en el 1500, otra duplicación (de 600 a 1 200) de 1500 a 1800; dos mil millones en 1950 y otra duplicación en apenas treinta años, de dos mil millones quinientos mil a los cinco mil millones actuales. El planeta está sufriendo una presión increíble en tiempos biológicos muy cortos: durante millones de años fue habitado por pocos centenares de millones de personas y ahora, en el período de una generación, está enfrentando aumentos dobles del orden de algunos miles de millones de habitantes.

Un cálculo difícil de hacer podría ser el siguiente: ¿Cuántas selvas, cuántas hojas, cuánta superficie verde son necesarias para permitir la vida de diez mil millones de personas? Es evidente que la presión demográfica es responsable de la desaparición de las selvas: se están rompiendo, por primera vez en la historia de la humanidad, los equilibrios básicos necesarios para el nacimiento y la evolución de la vida sobre la Tierra.

Actualmente, la lluvia, en todo el planeta, posee un pH de 4,6; y hasta de 2,5 en algunas ciudades industriales (por ejemplo, Milán). En

el año 1880 poseía un pH de 5,6. Esto significa que las lluvias hoy son como promedio diez veces más ácidas que las lluvias que caían en los tiempos de nuestros abuelos.

¿Las causas? Óxidos de nitrógeno y de azufre provenientes de las grandes centrales termoeléctricas, de los escapes de los automóviles y de los aviones.

¿Los efectos? 18 000 lagos sin peces en los países escandinavos; 560 000 ha de bosques condenadas a muerte en Alemania; daños irreparables por corrosión a las cariátides de Atenas, a la esfinge egipcia, a la catedral de Colonia, a las iglesias de Cracovia, de San Marco en Venecia, al maravilloso barroco de Lecce, que se está derritiendo como la nieve bajo el Sol.

La ozonosfera, que desde hace milenios nos protege de las radiaciones ultravioleta, recientemente sufrió reducciones y daños causados por la contaminación de los cloro-flúor-metanos (aerosol-spray). Los efectos posibles de esta reducción son el aumento de los tumores en la piel, la inhibición parcial de la fotosíntesis, mutaciones y reducciones en el crecimiento de las plantas.

Investigaciones en la Antártida evidenciaron la presencia de DDT en los animales y vegetales. Este peligroso y prácticamente indestructible veneno químico se encuentra difundido en gran parte del mundo: pingüinos, huevos de pájaros, musgos, líquenes y microorganismos presentan contaminaciones notables de DDT.

El análisis de porciones de zanahorias en el hielo, a 1 500 m de profundidad, siempre en la Antártida, efectuada por investigadores franceses y suizos, demostró que la concentración de anhídrido carbónico en la atmósfera antes de la revolución industrial era de 200 partes por millón (ppm). En el transcurso de cien años esta concentración subió hasta aproximadamente 360 ppm: un aumento demasiado grande en un período infinitesimal en la escala de los tiempos biológicos.

Si esta tendencia continúa, a causa de la utilización de combustibles fósiles, la duplicación de la concentración del anhídrido carbónico en la atmósfera acontecerá antes del 2030. Esta concentración provoca a través del efecto invernadero un aumento de temperatura, con diferencias iguales a las que separaron las mayores eras geológicas. Tales variaciones determinan la desaparición de las estaciones intermedias, una notable desertificación en las zonas tropicales y subtropicales, sequías y graves alteraciones en el clima.

Las centrales nucleares lanzan a la biosfera radionúclidos que pueden concentrarse en partes específicas del cuerpo humano y provo-

car la ruptura de las uniones en las moléculas del DNA (con posibles efectos cancerosos): cesio-137 (músculos y ovarios), estroncio-90 (huesos), rutenio-106 (ovarios), plutonio-239 (ovarios y pulmones), etc. Algunos de estos radionúclidos son artificiales, es decir, completamente ajenos a la historia de la evolución biológica y de la especie humana. Como entran a formar parte de las cadenas biológicas y alimentarias, traen consecuencias imprevisibles para las futuras generaciones.

1.2. TERMODINÁMICA, BIOLOGÍA

Todas las acciones humanas están sujetas a una ley férrea, conocida como el principio de la termodinámica o ley de la entropía. Toda la energía pasa inexorablemente de formas de energía utilizables, a formas de energía no utilizables. Todas las actividades humanas (particularmente aquellas que crean orden y organización) producen inevitablemente desorden, crisis, contaminación y, en análisis finales, deterioro del medio ambiente. La calidad de nuestra vida o la destrucción de la Tierra dependen del respeto de esta ley. La revolución industrial aceleró la destrucción. El hombre alcanzó el poder de acelerar posteriormente el proceso de degradación (para fines de lucro, de consumo, de hegemonía), llevando al planeta a la muerte en decenas o centenares de años o, por el contrario, podrá disminuir tal proceso a ritmos naturales y proporcionar a la humanidad y a la naturaleza millones de años de vida.

La consecuencia lógica de lo que hemos dicho es la búsqueda del concepto de equilibrio biológico y de los modos, aunque complicados, difíciles y delicados, de mantenerlo. Los estudios geológicos, meteorológicos, ecológicos, oceanográficos y biológicos en general demostraron claramente que cada organismo vivo es parte de un gran proceso, que implica el metabolismo de todo el planeta. La actividad biológica es una propiedad planetaria, una continua interacción de atmósferas, plantas, animales, microorganismos, moléculas, electrones, energía y materia, todos parte integrante de una única realidad global. El papel de cada uno de estos componentes es esencial para el mantenimiento de la vida. «El medio ambiente y los organismos vivos están ligados entre ellos, siendo partes inseparables de una única unidad en el proceso planetario» —escribe Harold Morowitz—. «En este contexto la actividad prolongada del sistema biogeoquímico es mucho más característica de la vida que el sistema de las especies individuales que nacen, florecen por un período y desaparecen en el curso de la evolución».

Globalidad significa complejidad. Y la complejidad es necesaria para la vida del sistema: simplificación significa inestabilidad, menores defensas, degradación.

La correlación entre los elementos del sistema natural, las diversificaciones, las individualidades, es decir, su complejidad, permiten al sistema mayor flexibilidad, mayor adaptación a las mutaciones del medio ambiente, mayor posibilidad de supervivencia y, por tanto, de evolución; y viceversa, su especialización significa pobreza de variabilidad interna, mayor vulnerabilidad.

Desde el punto de vista biológico, el aumento de la complejidad de las relaciones y el aumento de la diversidad de informaciones genéticas producen un aumento de la estabilidad del ecosistema. La complejidad biológica es, por tanto, sinónimo de estabilidad.

La capacidad tecnológica del hombre ha creado en nuestros días un sistema artificial, cuya potencialidad para posibles modificaciones de la naturaleza es enorme. Por lo general, estas modificaciones se traducen en destrucción de algunas especies biológicas o del patrimonio genético, por tanto, en destrucción de la complejidad biológica, con reducción de las diversidades y de la capacidad de adaptación a las mutaciones, con explosiones de determinadas poblaciones, en general, simples o simplificadas, aumentando así su vulnerabilidad.

De todo esto se concluye que un serio análisis socioeconómico no puede prescindir del conocimiento científico de los grandes equilibrios biológicos, y de la importancia de los conceptos de renovación y de limitación de los recursos y las leyes de la termodinámica.

Entropía, evolución: no podemos sustraernos a sus leyes; el proceso entrópico y el proceso evolutivo poseen una sola dirección y ésta no puede ser cambiada. El tiempo no es posible ponerlo al revés. Pero nosotros podemos influir sobre la velocidad de este proceso. Nuestro modo de vivir, consumir, comportarnos, determina la velocidad del proceso entrópico, es decir, la velocidad de disipación de la energía útil y, en últimos análisis, el período de supervivencia de la especie humana. Estar convencidos de la segunda ley de la termodinámica no significa ayudar a acelerar el aumento de entropía, así como ser evolucionistas convencidos no significa, necesariamente, acelerar la evolución.

Quiero subrayar el estrecho paralelismo entre los dos conceptos y el papel que pueden desempeñar para forjar nuestro futuro. Comprender cuáles parámetros deben ser frenados en el proceso entrópico y en el proceso evolutivo puede significar un primer paso hacia una lectura cultural globalizante del comportamiento huma-

no y, por tanto, hacia la construcción de una nueva cultura para la sociedad del futuro.

La articulación entre entropía y evolución presenta algunos aspectos complicados que merecen una profundización. A primera vista, el período de evolución de un ecosistema o de una especie coincide con una acumulación de entropía negativa, con una disminución de entropía. Sin embargo, al mirar el proceso en su globalidad se ve que un organismo en su individualidad se alimenta de entropía negativa; crea orden en su interior, con perjuicio del orden del ambiente, sobre el cual descarga desorden y provoca, por fin, un aumento de entropía. La pequeña disminución local de entropía es balanceada por un incremento mucho mayor de la entropía del universo. Para que un hombre mantenga por un año su propia *estructura ordenada* son necesarias, como se ha afirmado, «300 truchas; las truchas, a su vez, deben comer 90 000 ranas, cada una de las cuales debe comer 27 000 000 de saltamontes, los cuales se alimentan con 1 000 t de hierba».

El resultado final de un proceso evolutivo, con su creación de orden y su complejidad biológica, es siempre el aumento de entropía en el ambiente. Es preciso decir que los sistemas naturales conocen muy bien a la termodinámica. El rendimiento termodinámico de sus procesos es muy alto, es decir, el aumento de entropía se reduce al mínimo posible. Permanece el hecho de que evolución biológica significa aumento de entropía global.

Jeremy Rifkin, después de haber notado que la «especialización biológica es uno de los factores que más contribuyen a la extinción de una especie», y por tanto, haber confirmado que los «sistemas para especialistas» son los más inestables, analiza la sociedad tecnológica.

Con una serie de ejemplos y de argumentaciones precisas, Rifkin evidenció la especialización de nuestra sociedad, que «avanza paralelamente al aumento de la complejidad y de la centralización». Es necesario subrayar que Rifkin habla aquí de «complejidad tecnológica», de connotación completamente diferente de la «complejidad biológica». Según Rifkin, este tipo de complejidad es sinónimo de burocracia, de sociedad ultraespecializada, de pérdida de la individualidad y, en fin, de vulnerabilidad. La sociedad tecnológica es caracterizada por una notable producción de entropía. El impacto de la «complejidad tecnológica» sobre la naturaleza se traduce en reducción de la «complejidad biológica» y en un grave riesgo para la supervivencia de los sistemas naturales.

El camino que debe ser evitado, tanto para los sistemas biológicos como para los sistemas sociales, es aquel de la simplificación, de la especialización acelerada. «Al contrario, el criterio de la diversificación se pone fundamentalmente para orientar los nuevos rumbos, si se comprende que la industrialización es un mito, que no es un valor positivo absoluto y, más en general, que también es un mito la capacidad ilimitada del hombre o de la naturaleza de reparar en todos los casos los errores cometidos», escribió, con sintética claridad, Elisabeth Donini.

Pérdidas en la diversificación, aumento de la entropía, superespecialización significa también pérdidas de cultura interdisciplinaria, fragmentación del saber.

En el bagaje de la nueva cultura, seguramente multidisciplinaria, todavía con mucho por descubrir, son necesarios, pero aún no suficientes, los conceptos de entropía y de evolución. Los límites de las culturas económicas, humanísticas, tecnológicas pueden encontrar una nueva frontera en la «nueva alianza» epistemológica entre el hombre y la naturaleza, propuesta por Ilya Prigogine. El libro de Prigogine (químico-físico, Premio Nobel de 1977) y de Stengers fue reseñado con agudeza por un escritor de primer orden y de segura formación humanística, Italo Calvino. Calvino afirma –diez años después de la publicación de *Il caso e la necessità*, Prigogine responde a Monod anunciando una «nueva alianza» entre el hombre y el universo–, y evidencia los puntos siguientes:

- a) El origen de la vida y los acontecimientos evolutivos no son improbables, como afirmaba Monod, sino al contrario, son hijos de la termodinámica, de los procesos irreversibles. No son un accidente de la naturaleza, sino que se encuentran en el camino de su desarrollo más lógico (el hombre, no más ajeno de la naturaleza, no más desesperado, recupera su propia dignidad).
- b) El punto de partida de Prigogine es la separación que ocurre con Newton entre mundo humano y naturaleza física. Kant confirmó la distinción entre ciencia y verdad, y sancionó la separación entre las dos culturas. (Con este propósito Calvino introduce una interesante revalorización de Bergson.)
- c) Michel Serres, el intérprete de Leibniz y de Lucrezio, saluda la publicación de *La nueva alianza* escribiendo en el periódico *Le Monde* con una prosa llena de entusiasmo lírico y densidad de saber que podríamos definir lucreciana, y sobre todo, con un optimismo como no se oía hace tiempo.

No podemos olvidar que la evolución de las estructuras complejas y ordenadas, lógica consecuencia de la termodinámica de las estructuras disipativas (sistemas abiertos que intercambian energía con el propio medio ambiente, los seres vivos) y, por tanto, camino principal y no improbable de la biología, lleva a un aumento de entropía (desorden, degradación) en el ambiente. De nuevo, estar de acuerdo con Prigogine no significa favorecer la evolución de las estructuras complejas y ordenadas y acelerar así el proceso entrópico, si este contrasta con conseguir el equilibrio de la sociedad humana, de la justicia social y de la supervivencia de la especie *Homo sapiens*.

Los conceptos fundamentales para enfrentar los problemas mundiales (alimento, energía, población, recursos) en términos científicamente correctos (biológicamente y termodinámicamente), son el concepto de *límite* y el de *renovación*. Sin embargo, ante todo, para construir una cultura ecológica es necesario el conocimiento de la evolución, cuyos protagonistas son los ácidos nucleicos (DNA y RNA) y un coprotagonista que es el trifosfato de adenosina (ATP), fuente de energía de todos los organismos vivos. Muchas cosas son conocidas sobre los mecanismos y las estructuras subatómicas de estas moléculas; muchas otras deben ser descubiertas.

Estas moléculas son responsables de la vida, de su nacimiento, de su futuro y de su evolución biológica. Centenares de experimentos de laboratorio (como los de S. Miller), demostraron la posibilidad para el material inorgánico, unido a electricidad, de evolucionar en moléculas orgánicas («de la vida»). Millones de descubrimientos construyeron, ladrillo sobre ladrillo, el edificio de la evolución darwiniana. El DNA continuó por millones de años, tanto en seres primitivos –microbios o virus– como en el hombre, desempeñando la función de programador, de transmisor de las características genéticas, de maestro en enseñar a construir las proteínas.

Hoy (con las investigaciones de M. Eigen) también el origen del código genético es aplicado en términos darwinianos, en términos de selección natural de las moléculas más idóneas. Este, como ya fue dicho, puede ser considerado uno de los mayores tributos que la ciencia moderna debe a Charles Darwin en el centenario de su muerte. Paradójicamente, cien años atrás se le rindió homenaje enterrándolo en la Abadía de Westminster al lado de Isaac Newton. Sin disminuir la maravillosa contribución de Newton, es con él que se afirma la separación entre la física y el mundo humano, y es con Darwin que se retorna a esa unión.

Darwin intuyó la idea de la evolución, como él mismo dijo, en el *Ensayo sobre las poblaciones*, de Malthus, y particularmente a partir de la afirmación de que no existen suficientes recursos para la supervivencia de todos, y que los nacimientos son exuberantes con relación a los recursos disponibles. Aparece así el concepto de límite de los recursos, que solamente será superado utilizando las fuentes renovables o «eternas» (Sol, energías hídricas, biomasa, etc.).

Entre las culturas italianas de izquierda prevaleció, hasta hace poco tiempo, la convicción de que el malthusianismo fue sinónimo de teoría reaccionaria. Contemporáneamente la misma cultura siempre defendió, lanza en ristre, el evolucionismo darwiniano. La paradoja es evidente: el evolucionismo se basa completamente en la hipótesis malthusiana.

A propósito quiero subrayar tres conceptos:

- a) En un sistema biológico siempre hay exuberancia de nacimiento con relación a disponibilidad de los recursos hasta el momento en el cual un recurso llega a ser «factor limitante» del sistema y de la utilización de los recursos.
- b) Commoner esclareció cómo el concepto del malthusianismo debe ser entendido en el sentido de «productividad decreciente de las fuentes no renovables»: el carbón o el petróleo serán extraídos de sitios cada vez más pobres y lejanos, hasta que la energía necesaria para extraer, por ejemplo, el carbón más profundo, será mayor que la energía del carbón extraído y, por tanto, inútil.
- c) Los modernos estudios ecológicos demostraron inequívocamente que en la relación entre las actividades humanas y los fenómenos naturales disminuye la productividad de la energía. Este concepto y los datos relativos experimentales estaban ausentes tanto en los conocimientos de Thomas Robert Malthus como en los de Marx, que enfrentaron el problema únicamente desde el punto de vista de la productividad de la tierra y del trabajo. Faltaba el concepto de ecosistema y de su productividad global. Es justamente el rendimiento decreciente de la energía en la agricultura el que pone los límites intransitables de una mayor producción de alimentos para una población en aumento.

Se llega así a la inevitabilidad de los límites del crecimiento (que no son necesariamente los límites del desarrollo), no como resultado de una ideología política, sino como lógica y necesaria consecuencia

de las grandes leyes de la Física y de la Biología. Los problemas más alarmantes son los energéticos y los alimentarios, que están íntimamente relacionados y dramáticamente amplificados por el aumento de la población.

La teoría económica contemporánea aún está ligada al mecanismo positivista y a la cosmología newtoniana: los conceptos de entropía, de indeterminación, de incertidumbre, patrimonio de la ciencia moderna, todavía no han resquebrajado los supuestos incorrectos de determinación y de certeza de la teoría económica. El progreso científico ilimitado que se opone a los rendimientos decrecientes es asumido como un postulado y se confunde la investigación y el desarrollo con el «milagro».

Nicholas Georgescu-Roegen trajo de nuevo la teoría económica en la frontera de la cultura científica de nuestro tiempo, ripostando la noción de valor económico a la luz también de los análisis de los flujos energéticos de Odum, y dando una dimensión cósmica a la ley económica de los rendimientos decrecientes, conforme a los modernos análisis termodinámicos.

Así se ve, por ejemplo, que la energía del carbón es un *stock*, mientras la energía solar es un *flujo*: «Una generación no puede consumir la radiación solar de las generaciones futuras». Al contrario de lo que sucede con los recursos terrestres no renovables, donde «la disponibilidad de cada generación depende del consumo de las generaciones precedentes». Una cantidad de madera o de vegetal que crece estará a disposición para las generaciones futuras, mientras «cada Cadillac o instrumento de guerra significa menos arados e, implícitamente, menos seres humanos». La previsión calculada de los recursos es de 36 años para el cobre, 100 para el aluminio, 240 para el hierro, 26 para el plomo, 13 para el mercurio, 17 para el estaño, 23 para el cinc, según estimaciones del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Números pequeños para la escala de tiempos biológicos y, como hace notar Georgescu-Roegen, la mayor parte de estos materiales no son recuperables.

Hoy se impone una completa reformulación del concepto del valor: según las leyes biológicas no todas las industrias son iguales y no se pueden usar las mismas leyes económicas para un automóvil movido por energía renovable de biomasa, y para otro movido por energía no renovable (petróleo).

Marcello Cini sugirió que la economía debía tomar de la ecología aquella bocanada de oxígeno necesaria para levantarse del estado de

coma en el cual se encuentra; para usar las palabras de Kuhn, una resolución científica en economía sería bienvenida.

Tanto el medio ambiente como las generaciones futuras no pueden estar más excluidos del mercado, ahora que hemos llegado a esta bifurcación histórica de elección entre la supervivencia y la destrucción global del planeta: la economía no puede basarse más en las ciencias «reversibles» (mecánicas), sino en las ciencias «progresivas» (biológicas, termodinámicas). El sistema vivo no posee el determinismo de la tecnología. No es posible reducir el sistema vivo a cantidades, a medidas. La economía clásica es una forma de reduccionismo.

La relación entre economía y ecología, obviamente, todavía está por construirse, pero algunos puntos están bien claros:

- a) La ecología indica a la economía que existen costos económicos lejanos en el espacio (a escala planetaria) y en el tiempo (generaciones futuras).
- b) La ecología demuestra la imposibilidad de reducción a unidades económicas, de elevados costos ambientales y humanos.
- c) Si la producción obedece únicamente a las leyes económicas clásicas, lo que se produce no será necesariamente a favor del hombre.

1.3. TIEMPOS HISTÓRICOS, TIEMPOS BIOLÓGICOS

En realidad, las culturas humanistas (marxista o capitalista) carecen de un parámetro fundamental en su análisis histórico: el tiempo biológico. Son estáticas y extremadamente limitadas en la programación del futuro.

El tiempo biológico sirve para medir la evolución biológica, y su unidad de medida para el estudio del pasado es del orden de millones de años: mil millones de años nos separan de la aparición de las algas, bacterias, trilobites, artrópodos, peces; tres millones de años de la aparición del hombre. Sin embargo, el tiempo biológico también debe servir para medir el futuro, y la ruptura de los equilibrios biológicos está provocando variaciones a escala planetaria en tiempos tan breves que aceleran el reloj geológico. Transformaciones que antes ocurrían en millones de años ahora pueden acontecer –debido al desequilibrio impuesto– en pocas decenas de años, con las consecuentes variaciones para los equilibrios humanos y sociales, que corresponderán a una aceleración de millones de años de historia.

En otras palabras, las escalas biológicas e históricas se invirtieron. Los tiempos biológicos y los tiempos históricos siguen ritmos diferentes. La historia documentada del hombre (pocos miles de años) es un tiempo despreciable comparado con la historia biológica de la Tierra, casi un infinitesimal número matemático y, por tanto, un flash estático en la cultura biológica. Al contrario, las grandes variaciones iniciadas en el ámbito planetario piden, para que se puedan prever oportunas soluciones, que en el futuro diez años sean comparados –desde el punto de vista biológico– con los millones de años transcurridos. Los análisis biológicos, por tanto, deben tener en prioridad la relación a las exigencias «históricas» normales. Un estudio clásico de la historia ha perdido las unidades de medida del pasado y del futuro para decirnos lo que acontecerá.

Mil millones de años, con una complejidad y una evolución irrepetibles, fueron necesarios para crear el patrimonio biológico de una especie; en los próximos decenios la intervención del hombre será responsable de la desaparición de una especie viva cada quince minutos.

1.4. HACIA UN NUEVO PARADIGMA

En muchos casos –clima, radiactividad, guerra nuclear, aumento demográfico y escasez de alimentos–, el riesgo posee dimensiones planetarias. Casi todos estos problemas, como ya se ha visto, implican a las generaciones futuras y las decisiones que se tomen recaerán sobre la piel de nuestros hijos, nietos, etcétera.

La dimensión planetaria y los tiempos largos son dos puntos que no encajan en los parámetros políticos clásicos. Nuestras experiencias histórico-políticas no sirven para enfrentar los graves problemas emergentes. Estamos desorientados.

Es necesaria una gran operación cultural. Un efecto sinérgico de conocimientos y patrimonios políticos y culturales. La base de todo esto debe ser una lectura biológica profunda de los equilibrios naturales, de la evolución del hombre y de su comportamiento.

En fin, el principio de la biología no es una ciencia aséptica que se guíe por la política, sino al contrario, una política penetrada, nutrida por la biología. Si en el mundo occidental industrialmente avanzado y en los países del llamado socialismo real hubo, en el último siglo, un efectivo aumento del «bienestar», y si siempre en estos países, que representan una pequeña parte de la humanidad, hubo una efectiva mejoría de las condiciones de vida de la clase obrera, todo esto se

halla sustancialmente basado en tres factores negativos que permitieron pagar tales beneficios:

- a) El rápido desarrollo de las tecnologías aumentó la distancia entre los países ricos y los países pobres, entre las zonas privilegiadas y las zonas subdesarrolladas: nuestro bienestar está basado en un continuo aumento de muertos por hambre en el mundo, y en un continuo aumento de desempleados y marginados.
- b) El aumento de la organización del orden tecnológico creó necesaria e inevitablemente un mayor desorden en el medio ambiente, es decir, está descargando sobre el planeta daños irrevocables.
- c) Fue posible conceder espacio a las reivindicaciones obreras sacando de manera creciente recursos no renovables de la naturaleza, en otras palabras, explotando la «clase futura», las generaciones de nuestros hijos y nuestros nietos, acelerando la llegada de una crisis económica y ambiental probablemente de graves dimensiones, evitable sólo con un uso normal de los recursos, pasando de un sistema basado en fuentes no renovables a otro basado en fuentes renovables.

Estamos a la expectativa de una gran transformación, de todas maneras inevitable debido a la escasez de los recursos. Si desde ahora ponemos las bases de esta transformación, el pasaje será más tranquilo, menos dramático, con menores probabilidades de «catástrofes» como guerras, carencias, enfermedades, etcétera.

Kuhn, uno de los más grandes filósofos de la ciencia biológica, observa que con el pasar del tiempo se llega a tales anomalías que las teorías existentes no están más en condiciones de explicarlas. La distancia entre teoría y realidad puede hacerse enorme y, consecuentemente, fuente de graves problemas. Es exactamente lo que está aconteciendo hoy entre las teorías socioeconómicas vigentes (sustentadas por axiomas científicos fideísticos) y la realidad natural del planeta.

El fenómeno descrito aquí tiene un nombre en la filosofía de las ciencias: se llama cambio de paradigma. El nuevo paradigma representa, con relación al antiguo, una clara evolución: nuevos criterios, nuevos valores, nuevas categorías (incluyendo también el concepto de tiempo irreversible, como en todos los procesos biológicos y termodinámicos reales).

El ejemplo más famoso referido por Kuhn es aquel de la evolución biológica y de la teoría de sir Charles Darwin. La gran novedad fue el

surgimiento de un nuevo parámetro para el estudio de las especies vivas: el tiempo. Una visión completamente diferente de la realidad que los mayores científicos de aquel momento histórico (los mejores entre ellos, los más viejos, los más respetados) no entendieron, o no quisieron entender.

Darwin mismo decía: «No puedo pretender que los mejores de mis colegas que pasaron toda su vida trabajando dentro de un modelo de una teoría (el viejo paradigma), puedan aceptar una teoría tan diferente (el nuevo paradigma)».

La misma cosa ocurre hoy con el problema ambiental. Por primera vez en la historia de la humanidad se aproximan algunas crisis que podrían comprometer a todo el planeta. El problema demográfico, la posible alteración permanente de la atmósfera y del clima, el riesgo de un conflicto nuclear y el agotamiento de las fuentes energéticas, o mejor, los límites impuestos por la naturaleza a su utilización son los cuatro aspectos más estruendosos de una crisis global (ambiental, energética, económica). Ésta afecta el equilibrio biológico y es la lógica consecuencia de un uso insensato, ya sea desde el punto de vista biológico o desde el punto de vista físico-termodinámico, de los recursos terrestres (considerados erróneamente inagotables), de la naturaleza (considerada erróneamente un sistema capaz de reparar eternamente los daños sufridos) y del hombre (considerado erróneamente capaz de sufrir ileso las agresiones químicas y psicológicas, y de todas maneras capaz de dominar, con su habilidad y sus tecnologías, procesos de desequilibrio de dimensiones planetarias).

La responsabilidad ambiental asume, por lo tanto, un papel fundamental en las elecciones políticas y económicas y se pone con urgencia el problema de la penetración, a todos los niveles, de una seria cultura ecológica.

Las nuevas condiciones del planeta, agredido por un modelo energético concentrado en megacentrales, cambiaron radicalmente en pocos años. La lluvia posee hoy una acidez diez veces mayor que la lluvia en los tiempos de nuestros abuelos, y las centrales de carbón son gravemente responsables por eso. Las centrales nucleares introducen en la agricultura y en las especies vivas radionúclidos que no se encuentran en los ciclos naturales, alguno de ellos completamente ausentes en el planeta Tierra (los artificiales), con efectos imprevisibles sobre las generaciones futuras. El premio Nobel de Medicina y de Biología, George Wald, afirmó, justamente sobre este propósito, que «cada dosis de radiación es una sobredosis». Pocos años de historia

están desorganizando equilibrios biológicos milenarios. Las tecnologías basadas sobre las energías no renovables y de alto riesgo están siendo acusadas justamente. La termodinámica (y en particular el concepto de entropía) y la evolución biológica están en la base del nuevo paradigma; algunos sectores de las viejas teorías científicas (estáticas, mecanicistas) muestran con claridad su insuficiencia para explicar la nueva realidad. Entre éstas se encuentran la tecnología nuclear y las teorías económicas favorables al aumento incontenible del producto nacional bruto, que representa cada vez menos un índice de bienestar y de desarrollo.

Muy bella es la parte final del artículo de Giorgio Ruffolo en *La Repubblica*, el día 28 de mayo de 1989: «es mejor una sociedad en desarrollo sobre la base de energías renovables que una sociedad en crecimiento sobre la base del saqueo y de la contaminación. En fin, una sociedad realmente postindustrial. Si los hombres no saben encontrar los modos para dar esta respuesta al gran desafío del control de la interdependencia económica y ecológica, temo que un día sus hijos se encontrarán, de repente, en una sociedad preagrícola».

La palabra desarrollo, al contrario de crecimiento, es bien aceptada en el nuevo paradigma biológico.

Es importante subrayar que la transición hacia un nuevo paradigma implica la confrontación de éste con la naturaleza, y nunca como hoy este discurso fue tan relevante. Se trata evidentemente de un problema de valores. «La cuestión de los valores –escribe Kuhn– puede encontrar respuesta, en criterios que están completamente fuera de la ciencia normal. Tal utilización de criterios externos hace el debate sobre los paradigmas –de modo evidente– más revolucionario». Está también en juego algo más importante que los criterios y los valores. Los paradigmas no son sólo parte integrante de la ciencia, sino son parte integrante también de la naturaleza.

Se tiene entonces una concepción evolutiva de la ciencia. De todas maneras, el hombre con sus procesos de aprendizaje, con sus descubrimientos científicos, con su tecnología, con su modo de modificar el ambiente es fruto de la naturaleza y del proceso evolutivo. El problema es de hacer las elecciones justas, de tener el coraje de la autocrítica y de abandonar los mitos tecnológicos no controlables de crecimiento ilimitado y de manipulación a alto riesgo de la materia. Todo esto para no correr el riesgo de comportarse como un brujo aprendiz que actúa sobre la base de conocimientos peligrosamente incompletos, encaminando experimentos fuera de su control que ponen en

riesgo el mismo equilibrio del planeta. El realismo ecológico rompe con la utopía productivista.

Una nueva generación de científicos y de investigadores rompe con la vieja generación demasiado confiada en las especializaciones tecnológicas.

Han pasado más de cien años desde que Max Planck pusiera las bases de las leyes de la termodinámica, que Einstein consideró las leyes fundamentales de la ciencia; más de cien años desde el descubrimiento de la teoría de la evolución biológica; más de cien años desde la introducción en la ciencia de un nuevo concepto de «tiempo», pero muchas teorías socioeconómicas dominantes, muchas elecciones energéticas e industriales persisten en ignorar la existencia de estas ideas y las han condenado a cien años de soledad, como la estirpe de los Buendía en la novela de Gabriel García Márquez.

ANEXO II

El sistema nuclear en crisis

ASA MOEBERG

(*Il Postnucleare*, 27 de octubre de 1987, a propósito de la Ley del Ambiente).

Los hombres que aman hoy la energía nuclear son los mismos que comenzaron su desarrollo inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial.

En aquel tiempo eran jóvenes héroes, pero hoy lucen el pelo blanco. Ciertamente, están desilusionados de la vida, en las puertas de la jubilación. Si leemos algunas cosas sobre ellos podemos hacernos una idea de sus personalidades y de cómo es posible que todavía puedan creer que la energía nuclear sea la única solución para el futuro. Como las gentes han dejado de amarlos, tienden a permanecer aislados entre sí. Por regla general, desde los años cincuenta, viajan para tomar parte en conferencias y de esta manera probablemente van encontrando a muchos viejos y queridos amigos. Comen bien, beben bien, duermen bien y se divierten. Al fin vuelven a casa diciendo que todo está bien. «La NEA dice que el clima para el desarrollo de la energía nuclear mejoró en los últimos tres años, así como la confianza en las tecnologías nucleares». Esta es la conclusión de una de sus frecuentes conferencias. ¿En qué año se arribó a esta conclusión? La frase se encuentra en el informe del grupo de especialistas de alto nivel de la Agencia para la Energía de los países altamente desarrollados, reunidos en París del 5 al 7 de noviembre de 1985. Los delegados que asisten a estas conferencias nucleares son hombres de edad entre 50 y 65 años. Algunos son más viejos, pero los jóvenes genios de hoy deben ser buscados en otros lugares, en otros sectores tecnológicos. Los ancianos de las centrales nucleares se entienden entre sí, pero ya no son comprendidos por los demás. En la lista de los obstáculos que deben ser superados para la expansión de la energía nuclear, los otros son apuntados como un problema que debe ser resuelto bajo el título de «consumo de la opinión

pública», algo que puede ser mencionado, nunca discutido. La comunidad de los que defienden la energía nuclear es una comunidad de ingenieros y científicos, no de sociólogos y políticos. Por eso sólo discuten sobre lo que conocen: nuevas tecnologías en el sector nuclear. Casi todos los defensores de la energía nuclear están de acuerdo en que, no obstante ser una cosa buena, los reactores de agua ligera que liderean hoy el panorama energético nuclear no son la solución tecnológica ideal. La comunidad nuclear sueña con algo mejor, pero cuando llega el momento de decir en qué consiste la mejoría, cada uno de los héroes de los años cincuenta, de pelo blanco, tiene sus preferencias. Unos aman los autofertilizantes, un segundo está convencido de la idea de la fusión (que hoy no es nada más que eso, una idea); un tercero sueña con un reactor según la «teoría del agua pesada», y un cuarto piensa que en el futuro se impondrá un «pequeño reactor modular de agua ligera» con seguridad interna, etc. Sucede que la cantidad de concepciones diferentes para los reactores hoy en circulación no tiene un fin.

Los políticos, que al final son los que controlan los fondos destinados a las investigaciones, no saben qué pensar al respecto, aunque ahora muchos comienzan a entender que la energía nuclear no puede cumplir sus promesas. El dinero invertido es muchísimo y la demostración práctica de los proyectos no convence ya a nadie. Probablemente, los fondos para las investigaciones en el campo de los reactores nucleares se agoten, ya que nadie es capaz de decidir dónde invertirlos.

Los políticos son sensibles a la opinión pública. Es una tarea de todos los que defienden las ideas antinucleares: continuar la oposición a su implementación para poder poner un poderoso obstáculo a la expansión nuclear conocido como el «consumo de la opinión pública» o la «reacción de la población». Muchas fuerzas heterogéneas hoy están dirigidas contra la energía nuclear; por eso el movimiento antinuclear en el mundo es uno de los más fuertes. Por otra parte, al parecer no existe ningún nuevo talento listo para entrar en escena, por lo que la energía nuclear pudiera estar próxima a su fin, y ser definitivamente abandonada por la humanidad entre los años 2010 y 2020. Eso acontecerá de una forma lenta y para muchos no será un acontecimiento de primera página en los periódicos. La tecnología desaparecerá por completo sin mucha algarabía, junto con aquellos que ahora la defienden. El fin de la energía nuclear, sin duda, va a ser más rápido después de Chernóbil, así como después de otros acontecimientos análogos que podrían ocurrir de nuevo. Las escorias, al fin, serán dejadas a las generaciones futuras como un monumento perpetuo en memoria de la sociedad industrial del siglo xx y de sus delitos.

ANEXO III

Sostenibilidad energética como una estrategia contra el desorden creciente

PROFESOR HELMUT TRIBUTSCH

El autor agradece a C. Mandler por leer el manuscrito y por sus útiles consejos. (*The Yearbook of Renewable Energies*, 1995-1996).

La vida y las organizaciones humanas existen en un flujo de energía que va desde la alta calidad (baja entropía), hasta la baja calidad (alta entropía). La producción de la entropía o la producción del desorden es, por tanto, la llave para cada sistema que se autoorganiza. Felizmente para la vida sobre la Tierra, la entropía generada por el Sol (el calor) es radiada en el universo; por eso no se va acumulando ningún desorden. Sin embargo, la energía fósil y la energía nuclear, que potencian la sociedad industrial de hoy, producen entropía bajo formas de anhídrido carbónico liberado, desechos nucleares y tierras devastadas. El efecto invernadero desestabilizará nuestro clima y la energía nuclear destruirá la tierra y el ecosistema. Ahora, después de menos de medio siglo de energía nuclear, 1-2 % de la superficie terrestre está contaminada radiactivamente, aunque la energía nuclear suministra sólo 4 % de la energía mundial. Es sólo una cuestión de tiempo el que ante un clima mundial desordenado se llegue a la inhabitabilidad de la Tierra, lo que lleva a la autodestrucción de esos sistemas energéticos.

Sólo la energía solar posee el potencial para proporcionar una real y duradera sostenibilidad. Su aplicación a un nivel tecnológico alto requiere no sólo esfuerzos considerables para el desarrollo, sino también cambios profundos en las estructuras económicas y una reorientación del comportamiento social y político. La sostenibilidad energética funcionará solo como un complejo *limiting cycle* (ciclo limitante) al que debe tenderse mediante un cuidadoso desarrollo de los parámetros de manejo por la vía de una estrategia evolutiva. Puede llevar hasta un siglo para cumplirlo, a condición de que sean tomadas una serie de medidas necesarias a nivel internacional. Sólo estas medidas

reforzadas rigurosamente pueden impedir que cualquier país continúe teniendo ventajas competitivas con la sola utilización de sistemas de energía conservadores y no sostenibles, con perjuicio del medio ambiente.

Parece, por tanto, no sólo inevitable sino obligatorio que una serie de acuerdos internacionales sean logrados con el objetivo de alcanzar la sostenibilidad energética.

III.1. VIDA, ENTROPÍA Y SUPERVIVENCIA: UN PROBLEMA FUNDAMENTAL PARA LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS

En el medio ambiente, cada mecanismo de conversión de energía está asociado a un aumento de la entropía o desorden creciente. Por supuesto, esto vale también cuando la radiación solar incide sobre nuestro planeta. Sin embargo, el calor de baja temperatura que se genera, y que puede ser considerado como el único aumento de entropía, es por suerte radiado continuamente al universo. Se podría llegar a un equilibrio durante tiempos geológicos, de manera que la entropía o el desorden en la biosfera se mantengan como constantes. Esto no es un proceso directo.

La actividad geotérmica, por ejemplo, libera continuamente anhídrido carbónico a la atmósfera a través de las erupciones volcánicas, y eso equivale a un aumento de la entropía en la biosfera. Sin embargo, el proceso de la vida, unido al flujo de entropía generado durante la conversión de energía fotónica de alta calidad en energía térmica de baja calidad, es capaz de reducir localmente la entropía en detrimento de la generación global de entropía. Esto llevó a la fijación del anhídrido carbónico en la atmósfera y al depósito de compuestos de carbono en las estructuras geológicas (depósitos de carbonato, de carbón, de petróleo, de gas natural). Es irresponsable y peligroso para la humanidad no hacer caso a la producción de entropía que resulta de la explotación de las fuentes energéticas no solares. Dado el dramático aumento de la densidad de la población, esta entropía podría amenazar la supervivencia sobre la Tierra. Gradualmente se desequilibrará nuestro ecosistema con la acumulación de productos derivados en baja concentración y alta dilución, y provocará otros cambios irreversibles.

Según mi opinión, el problema de los sistemas técnicos energéticos en nuestro mundo lleno de gente es un problema fundamental y no sólo una cuestión de un producto químico derivado poco deseable, como el anhídrido carbónico. Es la producción de entropía du-

rante la conversión energética que introduce gradualmente un desorden creciente en nuestro ecosistema. Hasta las actividades biológicas de reducción de la entropía ya no pueden controlar este fenómeno (Fig. III.1).

El consumo de los combustibles fósiles lleva a una acumulación de dióxido de carbono diluido en la atmósfera (aumento de entropía), que podría teóricamente ser recuperado y concentrado de nuevo sólo con la misma cantidad de energía que se libera durante la combustión (esto podría ocurrir mediante la energía solar y la actividad biológica durante un tiempo más largo). Nuestra biosfera, sin embargo, es ahora incapaz de compensar la emisión industrial de dióxido de carbono.

La sustitución del carbón y del petróleo con gas natural, que contiene una proporción hidrógeno/carbón más favorable, podría retrasar la acumulación del dióxido de carbono. Sin embargo, hay también inconvenientes/desventajas. La explotación del gas natural en la antigua Unión Soviética, por ejemplo, lleva a pérdidas de 20-30 % del mismo gas a través de escapes y tecnología inadecuada. Esta contribución al aumento de la entropía no puede ser olvidada, porque el metano contribuye al efecto invernadero en magnitud superior al dióxido de carbono.

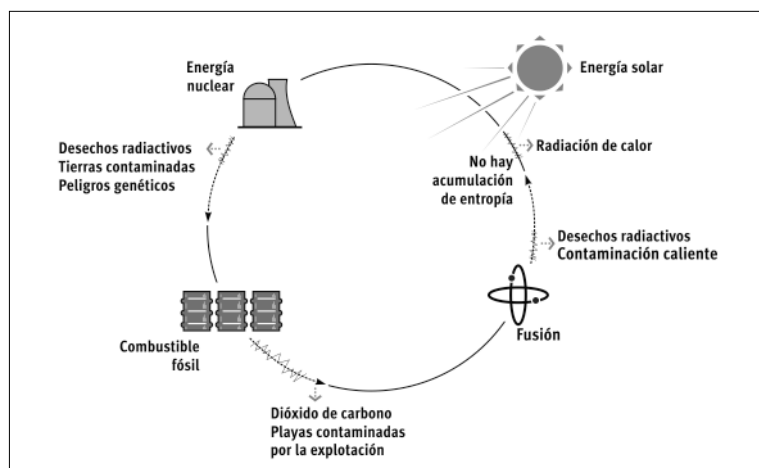


Fig. III.1. Esquema energético que muestra el flujo de entropía por fisión solar, fósil y nuclear, y por fusión nuclear. Sólo la energía solar garantiza un equilibrio estable de la entropía (a condición de que la industria solar no genere entropía excesiva). Todas las otras formas energéticas conducen intrínsecamente a una acumulación de entropía en la biosfera.

La industria del combustible fósil contribuye de un modo significativo a la producción de entropía de varias maneras, por ejemplo, a través de la devastación ambiental y la destrucción de los lugares de producción (incluso las acciones de guerra contra estas instalaciones, como en Kuwait), y a través de la devastación de oleoductos y de las vías marítimas. Los efectos de gran alcance sobre los biosistemas, como la contaminación de las playas, son también un fenómeno de producción de entropía; además, la destrucción de los bosques y los problemas de salud provocados por sustancias químicas originadas por la tecnología de los combustibles fósiles.

En total hay aproximadamente veinte veces más carbón en los depósitos fósiles que en la biosfera entera. No podemos permitirnos explotar una porción más grande que esa. La conversión de energía produce desorden, que pone obstáculos a nuestras necesidades de supervivencia y que nosotros debemos controlar utilizando cada vez más energía adicional.

Una investigación parecida sobre la entropía se puede hacer en relación con la energía nuclear. La producción perjudicial de entropía a través de la liberación de radón en las minas de uranio es conocida, pero este no es el problema central de la energía nuclear. Los desechos radiactivos producidos por las reacciones nucleares son una fuente mortal de entropía cuando son expuestos a cualquier forma de vida. Teóricamente, los especialistas nucleares piensan que pueden enfrentar este problema, pero falta todavía una experiencia concreta. Nuestra Mecánica Cuántica y Física Básica no consideran un tiempo directo; éste debe ser reportado como un hecho empírico dentro de la segunda ley de la termodinámica, por la cual nosotros sabemos que el flujo de entropía define la dirección del tiempo.

Por la práctica también conocemos que una técnica segura para la colocación o el tratamiento de los desechos radiactivos no se ha encontrado, y que solamente en Rusia 4 000 000 km² de tierra se contaminaron radiactivamente y ahora no existe seguridad para la gente, las plantas y los animales. En total, sólo después de 45 años de energía nuclear, la cual contribuye sólo 4 % del consumo energético mundial, aproximadamente 1,5-2 % de la superficie terrestre mundial ya está contaminada por la lluvia radiactiva, casi siempre con isótopos que continuarán existiendo por decenas o hasta centenares de miles de años.

Los mares de Barents y Kara, en el ártico ruso, hace años que son los basureros para grandes cantidades de desechos nucleares, un factor desastroso de desorden o de entropía para la cadena biológico-

alimentaria. Un suministro pleno de energía nuclear para la humanidad requeriría aproximadamente diez mil reactores y miles de toneladas de plutonio en el ciclo de los combustibles. La entropía producida por tal empeño al fin nos estrangulará dentro de algunos centenares, o quizás miles de años. No quedará ningún pedazo de tierra con nivel de radiación bastante bajo para tolerar el desarrollo biológico seguro.

Un ejemplo explícito de la negligencia de nuestra conciencia científico-tecnológica y económico-política es el apoyo a la tecnología para la fusión nuclear, que todavía sobrepasa la de la energía solar. Celebrada como una fuente de energía «limpia y fundamental», con recursos ilimitados, la energía por fusión, de hecho, no es mucho menos limitada por problemas de entropía que la energía nuclear convencional. Una adecuada divulgación de toda la información disponible es decisiva.

En una reciente difusión de noticias por televisión en Alemania sobre experimentos de fusión, fue parcialmente explicada la reacción del deuterio con el tritio para la producción de energía. En ésta sólo se le dio relieve a la disponibilidad del deuterio en los océanos. No fue mencionado el hecho de que el venenoso tritio radiactivo debe ser producido en los reactores nucleares, ni tampoco que los altos flujos de neutrones generados activarían en seguida muchos elementos en la compleja reacción torus, incluyendo muchas partículas de polvo. Surgirían inmensos problemas por causas de los desechos. Los argumentos a favor de la energía de fusión «limpia» omiten siempre el hecho de que el uranio podría ser fácilmente convertido en plutonio, y que enormes problemas locales de pérdidas de calor serían provocados por los equipos destinados a la fusión. A causa de su enorme tamaño, determinado por la necesidad de intercambio de calor, éstas serían también mucho más caras que las actuales instalaciones nucleares. La energía de fusión podría, por tanto, llevar a un gradual aumento del desorden y (o) a un aumento de la entropía sobre la superficie terrestre.

III.2. LA ENERGÍA SOLAR: NO HAY OTRA ALTERNATIVA A LARGO PLAZO

La energía solar es la única fuente mayor de energía que no lleva a una acumulación de la entropía a largo plazo en la biosfera, ya que el calor es radiado de nuevo al universo. La energía solar fue la única fuente de energía de la humanidad hasta hace doscientos años. Así, es aún responsable de casi toda la energía suminis-

trada en la actualidad. En la figura III.2 se comparan los flujos de energía, y se muestra que la energía solar incidente anual sobre nuestro planeta es aproximadamente diez mil veces mayor que toda la energía consumida por la humanidad.

Esta figura cuestiona si, dado el potencial de la energía solar, es realmente conveniente explotar estas fuentes de energía con sus costos asociados relativos a su desarrollo, a las infraestructuras y especialmente a las desventajas respecto a la entropía.

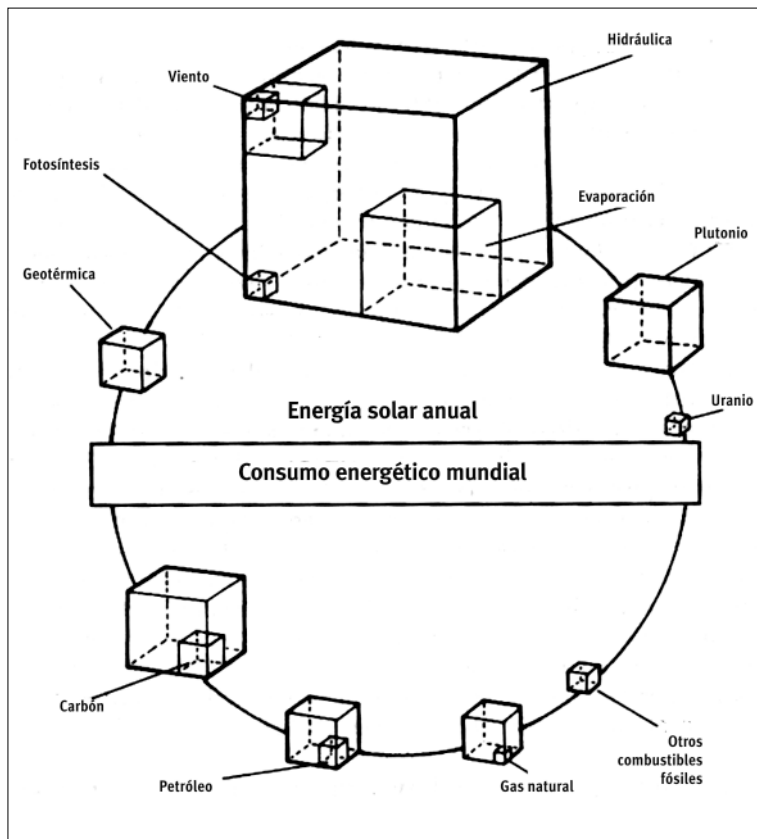


Fig. III.2. Comparación entre las fuentes disponibles de energía, la incidencia anual de energía solar y el consumo mundial de energía.

El índice del aumento de la población hace necesario reconsiderar las opciones energéticas, porque la producción de entropía (por ejemplo, a través de la emisión de dióxido de carbono o de la contamina-

ción radiactiva) aumentará en forma proporcional al crecimiento del consumo de energía. Sin embargo, la tecnología energética solar no está completamente exenta de los riesgos de la entropía. La cantidad y la cualidad química de los materiales utilizados en la tecnología para la obtención de energía solar son factores importantes. La tecnología para las celdas solares basadas en el uso de grandes cantidades de elementos químicos tóxicos (cadmio, arsénico, galio, selenio) llevarían a un aumento de la entropía en forma de contaminación, con desventajas significativas para la humanidad y el medio ambiente.

La naturaleza ha enseñado cómo las celdas solares y la energía solar pueden ser hechas muy eficientes y compatibles con el medio ambiente, con un mínimo de cambio de material y de energía. Dado que los límites termodinámicos de la conservación de la energía solar aún permiten progresos significativos, nosotros podemos ser optimistas con relación al potencial de la energía solar para nuestra moderna civilización tecnológica. La conversión de la energía solar es especialmente evidente en las áreas siguientes.

El desafío más inmediato en la utilización de la energía solar es el ahorro energético. Las instalaciones técnicas, desde edificios hasta equipos eléctricos y carros, deben ser construidas de manera que puedan ser utilizables eficientemente desde el punto de vista energético.

Así mismo, se podrían lograr ahorros energéticos mediante una arquitectura solar activa y pasiva. Pasos básicos como la incorporación de elementos de arquitectura tradicional en los edificios modernos, hasta ahora menospreciados en muchos países, podrían ya alcanzar progresos significativos. En los países de clima cálido, por ejemplo, los edificios tradicionales con frecuencia ofrecen buenas condiciones de habitabilidad sin necesidad del aire acondicionado. En las latitudes centrales europeas, un aumento medio en los costos de construcción de 7 % (por la inclusión de eficientes estrategias energéticas) podría reducir el consumo de energía hasta 80 %.

Una reorientación educativa y sociológica parece necesaria. Un sistemático y consciente entrenamiento energético de los estudiantes de arquitectura es imprescindible para preparar la sociedad a enfrentar la crónica crisis energética que nos golpeará dentro de algunas décadas. Algunas formas de utilización de la energía solar, como la potencia del viento y los sistemas de calentamiento solar, ya son comercialmente viables. No se debe olvidar el hecho de que los precios de los combustibles fósiles son artificialmente bajos, dado que no están considerados los costos energéticos sociales (por ejemplo, la

contaminación, la salud, las subvenciones, la extinción de los bosques, «las guerras del petróleo»).

Estos costos sociales han sido estimados en cerca de cien mil millones de marcos en Alemania y en doscientos mil millones de dólares en los Estados Unidos. Cerca de 14 % del suministro energético para la humanidad hoy es directamente solar, aunque gran parte de este suministro ocurre en los países en vías de desarrollo. El potencial de la biomasa podría aumentarse significativamente a través del sistemático cultivo y reforestación de plantas de crecimiento rápido. Toda la biomasa ahora creciente sobre la tierra puede ser equivalente a diez veces la energía que la humanidad está consumiendo en la actualidad, pero sólo una fracción de ella se explota económicamente.

Para la utilización de la energía solar a un alto nivel técnico es preciso producir energía de alta calidad –energía eléctrica– para potenciar los sistemas de abastecimiento energético (baterías, electrolizadores) y mover los equipos eléctricos. Esto explica el interés en la energía fotovoltaica, aunque todavía cuesta aproximadamente diez veces más que la energía eléctrica producida por las fuentes fósiles.

Hoy en día la producción de energía fotovoltaica está basada casi por completo en las celdas solares de silicio, que requieren porciones bastante espesas de silicio bien cristalizado. Para 1 GW de potencia, el tamaño de una instalación grande, se necesitaría aproximadamente 8 000 t de silicio puro, que asciende a cerca de un cuarto de la producción mundial de silicio para la microelectrónica.

Esto muestra la magnitud del impacto ambiental de las celdas solares de silicio durante la producción en masa de este sistema de energía solar. También esto demuestra la necesidad del desarrollo de las celdas solares de espesor fino. Los estratos semiconductores requeridos en las celdas solares hechas de materiales que absorben en alta cantidad la luz, podrían ser de mil a diez mil veces más finos (del orden del espesor de las membranas biológicas). Esto aumentaría significativamente su eficiencia material y energética durante la producción.

Como en otros sectores de la utilización de la energía solar, hay un gran potencial para el progreso científico y la innovación técnica. Una vez que los retornos financieros de la tecnología energética solar sean suficientes para estimular la competencia, el sector crecerá. Habrá un progreso técnico y un aumento sistemático de la eficiencia de acuerdo con las limitaciones impuestas por las leyes naturales. Puede tardar varias décadas o tal vez un siglo para desarrollar la tecnología energé-

tica solar hasta un alto estándar técnico. Nada más que 0,5 % de la superficie terrestre será necesaria para atrapar los rayos del Sol. Un uso secundario de los techos de las casas facilitaría la mayor parte de las instalaciones.

III.3. ¿CUÁLES ACCIONES SE DEBEN TOMAR PARA GARANTIZAR LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA?

Los combustibles fósiles se han convertido de varias maneras en un factor ambiguo para la civilización moderna. Ellos han ayudado a la gente a vivir mejor, pero las consecuencias sobre el medio ambiente afectarán las generaciones futuras. Una conciencia social de disciplina y determinación se requerirá para gobernar la transición de la tecnología energética de los combustibles fósiles a la tecnología solar. Dado que la explotación del medio ambiente es una ventaja económica e inmediata a corto plazo, la gente tratará de continuar la explotación y utilización de los combustibles fósiles como un medio para aumentar su capacidad de competir. La transición hacia una tecnología energética solar sostenible debe ser, por tanto, un esfuerzo coordinado internacionalmente y planteado con cuidado de modo que se puedan evitar mayores problemas económicos.

Las siguientes decisiones políticas se requerirán para iniciar una transición gradual hacia una tecnología energética solar sostenible:

1. El cobro de los costos totales para cada energía alternativa, después de un cierto período de ajuste. Los costos de los combustibles fósiles deben incluir los gastos para la contaminación, las guerras del petróleo, la destrucción forestal, los costos sanitarios con relación a la contaminación del aire, las playas contaminadas y el efecto invernadero. Los costos de la energía nuclear deben incluir lo que se invierte en el procesamiento de los desechos. También deben incluirse los costos estimados que las generaciones futuras serán obligadas a pagar para proteger las escorias por millares de años y los costos por la tierra contaminada, así como también aquellos del seguro para las instalaciones nucleares.
2. La utilización de un aumento gradual de los impuestos, sacados de las energías no sostenibles, tanto para el desarrollo y la realización de las energías regenerativas, como para el ahorro energético.
3. La creación de una Agencia Internacional para la Energía Solar (ISEA) financiada por estas tasas energéticas, con la tarea de

sostener proyectos mundiales para la educación y la tecnología hacia los sistemas energéticos sostenibles.

4. La aprobación de leyes nacionales que lleven a la realización de sistemas energéticos solares y de ahorro energético. Por ejemplo, incentivos fiscales o algún tipo de rebajas para aquellas casas nuevas o restauradas, y aquellos edificios equipados con elementos de ahorro energético. También son importantes las leyes que exijan la instalación de los sistemas energéticos solares en todas las casas recién construidas, y las leyes que estimulen alcanzar altos índices de ahorro energético en los sistemas de transporte.
5. La creación de un órgano científico adecuadamente financiado y una junta consultiva científica internacional, sustentados por fundaciones científicas nacionales, con el objetivo de identificar las necesidades de investigación, seleccionar los proyectos útiles a la Agencia Internacional para la Energía Solar y controlar la eficacia de las medidas tomadas.

La decisión uno aumentará de manera significativa la capacidad de competir de los sistemas energéticos sostenibles, mientras la decisión dos dará a la industria perspectivas financieras a largo plazo e incentivos para inversiones en la investigación. La decisión tres es un paso necesario para garantizar una realización mundial de la energía solar con proyectos que varían desde la repoblación forestal para la producción de biomasa y el retardo del efecto invernadero, hasta las viviendas solares en zonas climáticas muy diferentes. La decisión cuatro acelerará la adopción de los sistemas energéticos sostenibles, mientras que la cinco creará un mecanismo de control a través del cual se tendrá la posibilidad de la retroalimentación. Este mecanismo es necesario para vencer un complicado proceso de aprendizaje.

La formación de una Agencia Internacional para la Energía Solar (ISEA) podría de hecho desempeñar un papel importante para la realización y coordinación a escala mundial de la tecnología de las energías renovables.

La tecnología de las energías renovables puede ser difundida con eficacia sólo cuando cada país interesado se pueda aprovechar de una infraestructura adecuada para facilitar el aprendizaje, la producción, operación y la participación en el progreso técnico. La ISEA fue propuesta en 1990 por la organización Eurosolar, y formó parte esencial de las recomendaciones de 1992 del Grupo para la Energía Solar de las

Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNSEGED), a la Secretaría General.

Los mayores países industrializados que tradicionalmente han apoyado la Agencia Internacional de Energía Atómica en Viena, para la distribución y el control de la energía nuclear, no respaldaron la idea de una nueva agencia enfocada hacia el desarrollo de la energía solar. Sin embargo, esta posición podría cambiar cuando aumenten los problemas ambientales.

El compromiso de la comunidad científica para preparar un futuro basado en las energías renovables es importante. Las leyes naturales permiten una utilización muy eficiente de la energía solar con considerable ahorro material (en parte aplicado a los sistemas fotosintéticos naturales); pero los sistemas técnicos disponibles alcanzan, por ahora, una eficiencia material y económica relativamente baja. Además de eso, la utilización de la energía solar es un trabajo altamente interdisciplinario, que implica a muchos sectores de la ciencia y que requiere esfuerzos interdisciplinarios para la enseñanza y la investigación.

La junta consultiva científica internacional tendrá la tarea de dar un alto relieve científico a los proyectos sostenidos por la ISEA, valorar su impacto sobre el medio ambiente y el clima, proponer nuevos proyectos y financiar la ciencia de base con el objetivo de una innovación científica en el campo de la energía regenerativa. Su papel será cooperar con el poder financiero e intelectual, estimulando la autoorganización en la comunidad científica para el beneficio de la investigación y del desarrollo energético. La razón principal para que los científicos no se sientan particularmente atraídos por la investigación energética solar es que ellos no ven posibilidades significativas con relación al triunfo científico individual, que es tan importante para las carreras profesionales.

Mejorar la eficiencia de una celda solar en una fracción de tanto por ciento es considerado un trabajo de ingeniería, mientras el desarrollo de los sistemas basados en materiales nuevos y la solución del problema de la fotoelectrólisis del agua, o de la fijación del carbono, son considerados demasiado difíciles para un grupo único de investigación. La junta tendrá la tarea de organizar y coordinar el financiamiento de la investigación básica sobre las energías renovables, de modo que estos problemas sean superados y se enfoque el interés científico sobre los problemas energéticos.

En la figura III.3 se explica una estructura de organización propuesta para abordar la gran tarea de dirigir gradualmente el sistema

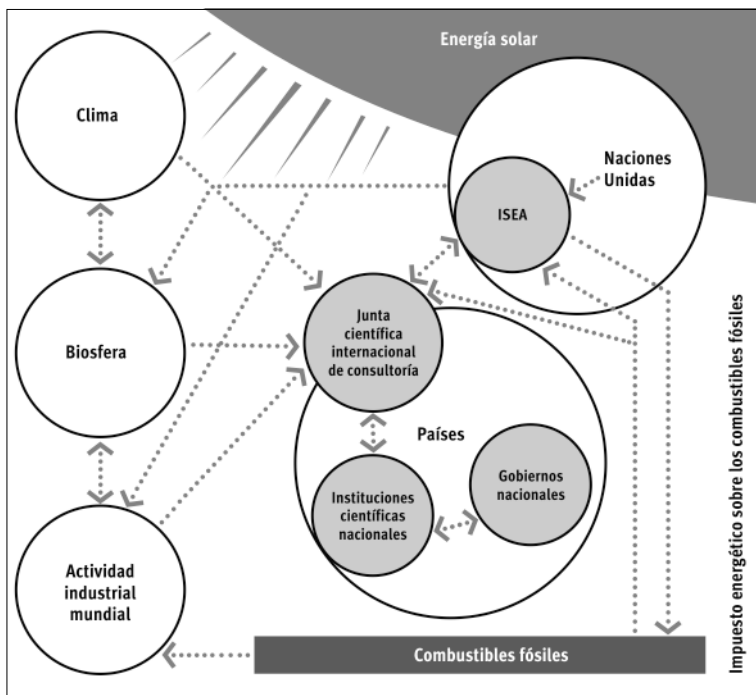


Fig. III.3. Curvas interactivas para lograr la autoorganización y el control necesario de la estabilización de la biosfera y el clima a través de las tecnologías energéticas renovables, donde la Agencia Internacional de la Energía Solar (ISEA) desempeña un papel decisivo.

energético mundial por un camino regenerativo. Dado que la industria, la biosfera y el clima son sistemas que se autoorganizan altamente intervinculados, alimentados por flujos enormes de energía, un sistema de control debe tener propiedades similares. Debe tener una entrada suficiente de energía para trabajar con eficacia, además de vínculos que por retroalimentación se regeneren para controlarse a sí mismo y permitir los procesos de aprendizaje a través de la estrategia evolutiva. La ISEA debe, por tanto, ser financiada por el principal flujo de energía industrial, que por fin debe ser sustituida, es decir, la energía fósil. Este financiamiento podría empezar con un nivel bajo, pero debería gradualmente aumentarse con relación al desarrollo y a la situación del medio ambiente y del clima.

Al comienzo algunos países, especialmente aquellos que producen combustibles fósiles, rechazarán los impuestos sobre el dióxido

de carbono. La comunidad internacional debe tomar medidas para darles fuerza, por ejemplo, cobrando tasas de importación sobre los productos de estos países. La ISEA apoyará, en gran escala, los proyectos que tengan una influencia positiva en la biosfera (re población forestal, producción de biomasa) y la actividad industrial (introducción de las fuentes de energía regenerativas). Muchos empleos nuevos serán creados así. La Junta Consultiva Científica Internacional, interactuando con las fundaciones científicas nacionales, tendrá la función de evaluar la situación ambiental y de recomendar proyectos a la ISEA.

Además, la Junta será capaz de sostener directamente la ciencia base y aplicarla en muchas disciplinas con relación a la realización de las energías renovables. En todos los sentidos, nosotros estamos tratando con muchos subsistemas que se autoorganizan, que operan sin energía, pero de manera recíproca, que deberían ser capaces de trabajar hacia el objetivo de la sostenibilidad energética según el principio de la estrategia evolutiva. Por lo tanto, serán introducidos cambios y los resultados serán analizados para aprender y mejorar. Esta es la única manera en la cual estos sistemas complicados e interconectados pueden ser organizados seriamente para tener alguna posibilidad de éxito. El objetivo será reducir gradualmente el consumo de energía, fósil y nuclear, aumentando los impuestos sobre estas energías hasta que las energías renovables puedan constituir una base razonable para potenciar la economía mundial.

Unido al año solar, el sistema de sostenibilidad energética debe ser optimizado de manera que se acerque a un «ciclo limitante» estable. Esto significa que experimentará oscilaciones sostenidas que reflejarán la entrada periódicamente diferente de energía solar durante el año, según la posición geográfica y las necesidades para el almacenamiento de combustible químico (por ejemplo, el hidrógeno solar), produciendo mientras tanto un total abasto de energía con un mínimo de pérdida energética. A largo plazo, un objetivo tal podría ser logrado siguiendo con cuidado el efecto de los cambios a energía renovable, introducidos en el sistema, y el aprendizaje sistemático a través de la entropía evolutiva.

III.4. CONCLUSIÓN

La extensiva explotación de todas las fuentes energéticas, excepto la solar, lleva a una acumulación de la entropía o el desorden en la biosfera de la Tierra. Esto acarreará, tarde o temprano, terribles problemas para la humanidad.

Si se considera la cantidad de energía solar incidente sobre la Tierra, que es diez mil veces mayor que la energía consumida por la humanidad, parece posible un abasto energético sostenible basado sobre la energía solar y un alto nivel tecnológico. La energía solar puede ser utilizada en una forma descentralizada, y esto también confirma lo que puede ser considerado como una columna de la sostenibilidad, es decir, la confianza en sí mismo. La base de la sostenibilidad no es la alta especialización ni tampoco la competencia mundial con perjuicio del medio ambiente, sino un máximo de autosuficiencia y una economía que requiera niveles mínimos de materiales y de energía.

Puede tardar un siglo en llevar a efecto una tarea de tal magnitud en el campo del abasto de la energía renovable. Sin embargo, permanece el problema de cuánto la sociedad, en su totalidad, pueda reorientarse hasta que abandone detrás de sí un estilo de vida bastante cómodo y malgastador, para el beneficio de las generaciones futuras.

La naturaleza ofrece oportunidades extraordinarias con relación al suministro de energía y su utilización. La historia da ejemplos excelentes de sistemas energéticos autosostenibles. Todas las sociedades preindustriales se tuvieron que ajustar a la utilización de la energía solar, en ausencia de cualquier sofisticación técnica para la conversión energética. La sociedad, de hecho, tiene una obligación para con las generaciones futuras. Las alternativas concretas se pueden crear si se enfocan todos los esfuerzos tecnológicos y los nuevos esfuerzos científicos en la vía del desarrollo de la energía solar.

De otra manera, las generaciones futuras podrían pensar que nosotros hemos cometido una especie de pecado original renunciando a una situación paradisíaca –en la cual la energía no tenía que ser producida–, con todos los problemas de la producción de entropía o del desorden creciente, sino ser inteligentemente recogida del Sol. Si la humanidad no toma una decisión para establecer un sistema sostenible de energía renovable, las generaciones futuras tendrán que invertir enormes cantidades de energía para contrapesar la entropía o el desorden en el medio ambiente. Los problemas envolverán los cambios climáticos, la elevación del nivel de los mares, la contaminación radiactiva y la contaminación de los ríos, y más allá de un cierto punto no existirá más solución.

ANEXO IV

Presentación del libro *I limiti dell'energia*

ANTONIO CERDENA

(Espinosa, Pablo y Enzo Tiezzi. *I limiti dell'energia*. Garzanti Editore, 1987).

Entre los males no secundarios provocados por el desastre de Chernóbil existen también los artículos con los cuales nuestros más conocidos «*opinion makers*» inundan los periódicos subestimando, tranquilizando, ironizando, en nombre de las centrales nucleares seguras, económicas, indispensables para el progreso.

Al estar informados sobre todas las otras cosas del mundo, nosotros nos extrañamos al ver tal resistencia en reflexionar racionalmente sobre los problemas del desarrollo y del consumo, sobre las relaciones entre el hombre y el medio ambiente, etc., y que la cultura moderna nos impone enfrentar de manera totalmente nueva con relación al pasado, ya que, como todos saben, por primera vez en la historia el hombre posee los medios para acabar con la vida en todo el planeta (pero también, si la quiere usar, la capacidad cultural y científica para evitar tal holocausto).

Las argumentaciones de ellos son las mismas de la vieja cultura industrial con sus mitos tenaces: el culto de la expansión productiva y el crecimiento ilimitado, el mito de la inagotabilidad de los recursos y de la infinidad de las necesidades, la ciega confianza en los poderes taumátúrgicos de la tecnología y en la adaptación del medio ambiente a cualquier tipo de agresión. Son frutos de aquel amasijo cultural donde se formó nuestra sociedad industrial: el hombre como déspota de la creación (no es extraña la antigua tradición judaico-cristiana), la naturaleza como simple escenario (según la tradición del idealismo), la escasa atención que durante tiempos demasiado largos fue dispensada por la cultura marxista a los problemas del medio ambiente, considerados de la superestructura y portanto reenviados a la palingenesis universal.

Estos mitos tienen sus correspondencias en las opiniones del hombre común: el crecimiento y la producción son, sin falta, sinónimos de progreso, la tutela del ambiente es antieconómica (primero el hombre, después los animales), etc., tópicos hábilmente alimentados por los demagogos y por todos aquellos que deben sus fortunas al sistemático saqueo del ambiente, de la naturaleza y de los territorios.

Otros maestros de pensamiento evocan los sacrificios y los sufrimientos de las épocas pasadas, como si quien advierte contra los riesgos de las nubes radiactivas fuese un nostálgico de la peste y de la trepanación del cráneo a mano y quisiese volver (los lugares comunes abundan) a la arcadia, a la luz de la candela; y es acusado de emotividad, de alma sensible.

Un poco de emotividad sería, de hecho, lícito esperarla de esos mismos hombres, si no por otros motivos, al menos por las previsiones sobre lo que la destrucción ambiental reserva a la humanidad y a las generaciones futuras.

Además de ser una historia narrada con mucha claridad, de la energía del Sol al inicio de la Revolución Industrial hasta nuestros días, este libro es un saludable antídoto contra la mentalidad corriente, un examen profundo de las distorsiones y de los desequilibrios causados por el actual tipo de desarrollo, una propuesta detallada, una guía para el futuro, para una nueva política energética finalmente orientada a un sentido ambiental y social.

«Consumir energía no es ya una virtud», escriben los autores y eso es verdad, si apenas pensamos en cómo la producimos, consumimos y malgastamos hasta ahora, causando las pestes modernas, el envenenamiento químico del aire, del agua y del suelo; las desertificaciones, el empobrecimiento genético de las especies, la transformación de las obras en desechos, la ruina de territorios enteros, la inhabitabilidad urbana, el saqueo de los recursos no renovables en provecho de una minoría de privilegiados y con perjuicio de la mayoría de los desheredados.

El mundo de la escuela, los jóvenes, los profesores, los sindicatos, «los adultos dotados de elasticidad mental» encontrarán aquí la documentación necesaria para informarse exhaustivamente sobre la energía, la documentación indispensable para el largo debate que tenemos por delante: quien escribe este artículo (que no tiene familiaridad con la ciencia) cree poder indicar a los lectores lo que, según su opinión, es el principio fundamental de este libro.

Es la convicción de que la producción y el consumo ocurridos hasta hoy no tienen futuro ni garantizan un crecimiento equilibrado y

duradero, porque ha sido un crecimiento sin calidad y sin meta, desconocedor de las finalidades que se deben perseguir y de las consecuencias que hubiera encontrado. Es, por tanto, necesario un drástico viraje de mentalidad y de criterios; es necesario crear una nueva relación entre la energía y la sociedad.

Para nosotros esto significa no solamente renunciar a la energía nuclear –inversiones de decenas de billones para llegar, en la mejor de las hipótesis, a una contribución de pocas unidades de porcentaje al consumo global–, y utilizar las fuentes renovables significa, sobre todo, renunciar a la viciosa hipótesis de que el progreso esté en la producción máxima de energía para un consumo máximo; significa también que una sociedad consciente y responsable debe saber ante todo para cuáles finalidades producir, evitando los despilfarros, los consumos inútiles, los daños irreversibles.

El problema es, por tanto «consumir menos para vivir mejor»: y hacer del ambiente, al que hasta ahora le fue reservada una atención marginal, el interés fundamental al cual subordinar todas las elecciones para la producción y el consumo. Esta es la interpretación ambientalista de la crisis energética; éste es el compromiso ético y cultural para un nuevo desarrollo basado en la utilización racional y en el ahorro: el único capaz de garantizar la calidad de la vida, el bienestar y los empleos.

Ha llegado, en efecto, el momento de hacer algunas cuentas, contabilizar el uso vergonzoso de los recursos que estamos haciendo hace decenios, de las cantidades astronómicas de energía que hemos consumido para alimentar un crecimiento hecho solamente de despilfarro: despilfarro inmobiliario, en las carreteras, industrial, territorial, ambiental, por aquella que puede muy bien ser llamada «la barbarie de los consumos».

Despilfarro inmobiliario. Como se sabe –recientemente confirmado por el Libro Blanco del Ministerio del Trabajo Público–, en Italia hay cerca de cien millones de habitaciones para cincuenta y seis millones de habitantes, en gran parte ubicados en segundas y terceras casas de un mismo propietario, ocupadas por veinte días al año como promedio; mientras para millones de personas todavía falta la primera.

Debemos preguntarnos si queremos continuar así, por un camino inútil y superfluo, mientras se descuida la restauración y la recuperación del ingente patrimonio de los inmuebles históricos o simplemente viejos, y consumir energía para construir, calentar e iluminar este continuo y drogado *boom* inmobiliario. En el decenio, entre los dos últimos

censos, la cantidad de habitaciones aumentó en veintidós millones, diez veces más que los habitantes. Con frecuencia el espacio per cápita es de 500 m².

Despilfarro en las carreteras. Una red de asfalto cubre a Italia –1,5 km de carreteras en cada kilómetro cuadrado, una vez y media más que en Francia, que posee una renta per cápita dos veces mayor que nosotros. No es suficiente tener 5 000 km de autopistas: entre el plan decenal para el gran transporte, el Anas, el Lipe, las leyes financieras, etc., se prevén inversiones de cerca de quinientos mil millones de liras para nuevas supercarreteras y autopistas.

Se destruye la Valle d' Aosta, y no es suficiente transformar la Vía Aurelia en supercarretera, sino que se construye también la autopista Livorno–Civitavecchia: el proyecto más insensato (tres mil millones de liras) es la carretera exclusiva Florencia-Bolonia, reservada a los TIR (camiones pesados, sigla del francés *Transporte Internationaux Routiers*, Transportes Internacionales por Carreteras, ndt), es decir, al transporte de mercancías sobre ruedas, consumiendo así mucha más energía que el transporte ferroviario (y aún más que mediante el transporte costero). Un proyecto contra el cual se levantaron algunos municipios de la región afectada: un proyecto absurdo, si pensamos que dentro de diez años el gobierno austriaco habrá transferido a los trenes todos los TIR en tránsito entre Italia y Alemania, por puras razones de conveniencia económica y de respeto ambiental.

No hablamos de otra iniciativa megalómana, el puente sobre el estrecho de Messina, construido en una zona sacudida violentamente en los últimos tres siglos por dieciséis terremotos, de los cuales cuatro «fortísimos» y cuatro «desastrosos», cuando sería más razonable potenciar los 450 km de ferrocarril entre Reggio Calabria y Nápoles, para evitar que las naranjas sicilianas lleguen podridas a Alemania.

Despilfarro industrial. Acero, petroquímica, refinerías: amontonamos en regiones de la costa, destruyéndolas, las instalaciones más contaminantes, con el más alto consumo de energía y el más bajo empleo de mano de obra, económicamente un fracaso.

Por todos estos despilfarros conquistamos un récord negativo que hace de Italia la mayor productora-consumidora de cemento del mundo.

Producimos 700 kg por habitante, una vez y media más que la producción de Francia, el cuádruplo de Gran Bretaña y en proporción de los habitantes, el doble de la antigua Unión Soviética y Japón, el triple de los Estados Unidos. Una desmesurada cantidad de energía para diseminar en el país decenas de millares de cráteres, para ex-

traer y triturar la materia prima, nivelando lomas y revolviendo el cauce de los ríos: una verdadera y propia «industria del desastre» para incrementar el culto de la pista doble, la invasión de la construcción superflua y de la abusiva y ligada a la mafia y a la camorra, y la construcción de instalaciones colosales y ruinosas (como el puerto de nada de la Gioia Tauro).

La incontrolable expansión inmobiliaria, de carreteras e industrias destruye los terrenos agrícolas a un ritmo de 130 000-150 000 ha al año (300-400 ha al día). En el último cuarto de siglo se perdieron 3 000 000 ha (10 % de la extensión de Italia), con la perspectiva de que en menos de dos siglos todo el país agrícola, de verdes paisajes se consumirá y desaparecerá totalmente, se tornará irreconocible y se encontrará sumergido en una ininterrumpida y repulsiva costra de cemento y asfalto, cráteres y basureros.

Este es el efecto desastroso del crecimiento irresponsable y sin objetivos: la destrucción de la última y escasa reserva, limitada y no reproducible; es decir, el territorio. Nuestro espacio de vida, que debería ser considerado un patrimonio colectivo a utilizarse con la máxima moderación, al contrario, por una antigua y radical deformación mental continuamos tratándolo como un objeto que puede ser violentado impunemente, una mercadería barata, una tierra de nadie, un vacío, un receptáculo para manipular y llenar.

Para limitarnos a los aspectos más vistosos, sólo recordemos la destrucción del litoral, tres cuartos del cual ya transformados en congestionados y contaminados aglomerados urbanos, perdidos para cualquier uso recreativo racional: mientras tanto, por iniciativa del Ministerio de la Marina Mercantil se vuelve al despilfarro de energía y territorio que son los puertos turísticos, eliminando así las últimas ensenadas naturales de Italia.

A la agresión de las costas corresponde el asfalto a las montañas con carreteras, reparto de terrenos en lotes (asignaciones), instalaciones de ascenso: la montaña corre el riesgo de ser totalmente contaminada y mecanizada con máquinas, cables y bidones, y por tanto ser destruida en sus valores naturales, ambientales, culturales. Ésta es la urbanización salvaje del territorio, realizada en la más completa ignorancia de las características del suelo.

Cementamos y asfaltamos ciegamente, transformamos las zonas húmedas en campos de papas, cambiamos los cursos del agua, construimos casas e industrias al lado de los ríos acumulando millones de metros cúbicos de construcción sobre terrenos frágiles: derribamos

árboles, construimos barreras, obstruimos, perforamos, rellenamos, destripamos y el suelo responde destrozándose.

Es el colapso hidrogeológico acelerado, que es otra plaga italiana: tres mil desmoronamientos al año, una muerte por desmoronamiento cada diez días, inundaciones bi-trimestrales, 57 % de los municipios en peligro de ruina (treinta años atrás eran 37 %).

El culto del crecimiento, de la energía y del hiperconsumo es, por tanto, la causa de la destrucción de nuestras más preciosas reservas y, consecuentemente, de las ruinas de nuestra economía. Este libro desafía a los economistas para que calculen los costos no contabilizados tradicionalmente; los enormes costos sociales que la tragedia ambiental descarga sobre la comunidad entera; los costos de las facilidades fiscales y crediticias concedidas a los «cementificadores del bello país»; los costos para dotar de los servicios elementales, los aglomerados legales y abusivos diseminados sobre el territorio por el analfabetismo urbanístico de los municipios; los costos para reparar los daños de la contaminación del aire, del agua y del suelo; los costos de aquel otro despilfarro, es decir, los desechos (60 000 000 t al año, producidos por dos terceras partes de las industrias existentes) que no se sabe cómo seleccionar y transformar en recursos; los costos para recuperar las erosiones de las playas causadas por la extracción criminal de los materiales inertes de los cursos de agua y la venta de la propiedad estatal marítima a los privados (gracias a la insensatez de las capitanías de los puertos); los costos para el saneamiento del suelo martirizado por las excavaciones y las explosiones; los costos para reparar los daños de la ruina hidrogeológica, calculados en cerca de tres billones de años (son por lo menos cincuenta billones al año, que los especialistas juzgan necesarios, durante treinta años, para restituir al suelo italiano un mínimo de seguridad).

El gran mérito de este libro es poner en evidencia el vínculo entre el consumo energético irresponsable y el caos territorial y urbano. Cuando se habla de desechos, se debe reconocer que todo lo que nos circunda es tratado como basura: el territorio, el medio ambiente, las grandes ciudades, cuya estructura deforme y opresiva, alimentada por el uso impropio y desmesurado de los flujos energéticos, es un permanente atentado contra la salud y los valores, contra la convivencia civil. La expansión radiocéntrica, como una mancha de aceite, provocada por la especulación gracias al fracaso de todas las políticas de planificación urbanística, dio cuerpo a inmensas periferias más inadecuadas a la vida moderna que los barrios contruidos en los

siglos pasados: el desorden en las destinaciones de uso exaspera el movimiento pendular casa-trabajo, y el uso del transporte individual lleva a la parálisis del tráfico, al malestar psicofísico, a la contaminación intolerable (en Roma, la magistratura italiana está estudiando el asunto).

Por decenios, los políticos y los administradores consideraron el incremento de los automóviles como garantía de libertad y descuidaron el potenciamiento del transporte público: hoy todos los nudos han llegado al tope, estamos al límite de la ingobernabilidad urbana, pero ninguna administración municipal parece capaz de efectuar una drástica reducción del tráfico privado, por lo menos en las zonas centrales. La sociedad del tiempo libre se convierte en la sociedad del malestar y del tiempo perdido. Barry Commoner tiene razón cuando escribe que la línea de demarcación entre el éxito y el fracaso del automóvil es la puerta de la fábrica: mientras está en la línea de montaje la tecnología celebra sus triunfos, cuando sale de la fábrica se convierte en un desastre ambiental. Además, nuestras ciudades son inhabitables también, porque –y aquí la comparación con las ciudades alemanas, escandinavas, holandesas, etc., es humillante–, el sadismo urbanístico basado en el acaparamiento privado de la renta inmobiliaria eliminó los espacios vitales, los espacios públicos para los servicios, el verde de los parques, los campos deportivos, concentrando a la gente en los guettos con mil habitantes por hectárea. Los nuevos barrios de ciudades como Nápoles o Roma poseen una reserva de verde per cápita igual al tamaño de una hoja de lechuga o de perejil. Son ciudades de las cuales, quien puede hacerlo, está obligado a huir en los días de asueto (los fines de semana) para la búsqueda afanosa, siempre más distante y consumiendo siempre más combustible, de aquel poco de ambiente natural todavía existente: una búsqueda muchas veces frustrada por encontrar al fin, condiciones de degradación parecidas a aquellas de las cuales se quiso huir.

Estos también son costos sociales: son costos «infinitos» y no contabilizables; los costos de los valores perdidos, sustraídos por el crecimiento sin desarrollo, los valores culturales, estéticos, contemplativos de la naturaleza, del paisaje, de la belleza del mundo.

Una nueva alianza entre producción, sociedad y ambiente, ésta es la propuesta: la industria de la descontaminación, gran consumidora de energía, que gana tanto más cuanto más se contamina, debe ser sustituida por la industria de la prevención y del ahorro energético, con vistas a las necesidades auténticas, para garantizar una auténtica calidad de vida. Los cálculos de los autores son precisos.

Sobre un consumo actual de cerca de 150 000 000 t equivalentes de petróleo al año en fuentes primarias, se calcula que un tercio puede ser ahorrado y sustituido por más avanzados sistemas de consumo, y por modificaciones en la producción industrial; que un tercio sea sustituido por fuentes renovables, mientras que el resto permanecerá todavía suministrado por fuentes fósiles, en parte italianas (gas natural), en parte de importación (petróleo, carbón, una parte del metano), para que sea empleado de forma conveniente al ambiente. El consumo actual, por tanto, sería modificado en dos tercios. Así, un tercio de los consumos para el calentamiento doméstico puede ser ahorrado modificando determinados métodos constructivos (está bajo acusación la «negligencia bioclimática» de los arquitectos y constructores), evitando así la degradación de la energía eléctrica en energía térmica; mejorando la eficiencia de los electrodomésticos y restaurando la red de distribución. Un tercio del consumo actual de combustible puede ser ahorrado si se aplica una política racional del tráfico, otro tanto puede ser obtenido al modificar el transporte de las mercancías (ferrocarriles, cabotaje, etc.), y así sucesivamente: para un ahorro total de veinte a treinta millones de toneladas equivalentes de petróleo al año, igual a un quinto del consumo global.

Una política moderna de ahorro, contrariamente a lo que creen los defensores del crecimiento sin objetivos, produce empleos; representará doscientos mil y trescientos mil nuevos puestos de trabajo creados; y otras iniciativas igualmente importantes podrían ponerse en práctica con vistas a la recuperación ambiental.

Ahorro energético significa, en efecto, también ahorro de territorio, posibilidad de inversiones para la valorización de aquella otra extraordinaria reserva, el ambiente natural, hasta ahora riqueza olvidada, agredida y malgastada. Sólo 2 % del territorio natural en Italia está de alguna forma protegido, un promedio cinco o seis veces inferior a los otros países, incluidos los países en vía de desarrollo: si se consiguiese tutelar, como los naturalistas sostienen hace años, por lo menos 10 % (en recompensa, podemos decir, de lo que fue destruido por la bárbara urbanización) creando un sistema articulado de parques nacionales y regionales, podríamos satisfacer la creciente «demanda de naturaleza» de la gente, crear cerca de sesenta mil puestos de trabajo, entre directos e indirectos, por un costo de cincuenta a trescientos millones por empleo (en vez de los mil millones por empleo por las industrias contaminantes), y canalizar con el turismo en zonas marginales un giro de negocios de al menos diez mil millones.

Se trata de pasar de la oferta energética, de la industrialización pesada, del ataque al territorio, a una nueva industria de servicios territoriales y urbanos, que tiene un primer campo concreto de aplicación en el ahorro de energía. A la industria del ahorro se juntaría así «la industria verde», y otros innumerables empleos podrían ser creados por todas aquellas actividades con las cuales una sociedad moderna y responsable debe comprometerse: recalificación de las áreas degradadas; recuperación del patrimonio histórico inmobiliario; valorización, manutención y restauración de los bienes culturales; planificación de las cuencas hidrográficas; saneamiento físico del suelo; reservas geológicas; repoblación forestal; biotecnologías; reestructuración de los transportes ferroviarios; reciclaje de los desechos; etc. Esta nueva cultura del desarrollo obviamente presupone un compromiso político e institucional que va más allá del problema energético. Un compromiso, del resto, para dotar a nuestro país de aquellas leyes de las cuales, entre los países civilizados, el nuestro es el único que carece de ellas.

Una ley para la defensa de los suelos, una ley para el cuidado de la naturaleza, una ley para la reglamentación de las actividades de extracción, una ley para la estimación del impacto ambiental. Y el compromiso para una efectiva aplicación del principio que el daño ambiental es un daño público y exige prevenciones mucho antes que reparaciones.

Por un tiempo demasiado largo, arquitectos, urbanistas y planificadores ignoraron los problemas de la energía y del ambiente: el libro reúne crítica energética, crítica ambiental y crítica urbanística. Reconocer los límites y los vínculos puestos por el ambiente, anteponer el derecho del ambiente al derecho del consumo (los gastos exagerados individuales son, dicen los autores, una recompensa por la baja calidad de vida), privilegiar los servicios en vez de los bienes, repudiar la ciega expansión cuantitativa basada en la arcaica presunción de la ilimitada disponibilidad de energía, consumir sólo la energía estrictamente necesaria con un mínimo de modificación de los equilibrios ecológicos, hacer del ahorro una virtud en beneficio del bienestar y de la economía: este es el nuevo paradigma del desarrollo que Espinosa y Tiezzi ofrecen a nuestra meditación. Esta es la «nueva ecología de la mente», este es el desafío para la capacidad de organización de nuestra sociedad, el desafío para nuestra inteligencia.

ANEXO V

Hacia un sistema de transporte en armonía con el Sol

ENRICO TURRINI

Ponencia presentada en el Taller Internacional CUBASOLAR '96,
en Santiago de Cuba y Guantánamo, del 3 al 7 de junio de 1996.

V.1. RESUMEN

El sistema de transporte es de gran importancia, a causa del elevado porcentaje de energía que se utiliza en él. En un país industrializado, como promedio, un tercio del consumo de energía es utilizado por los sistemas de transportación.

Para Cuba es seguramente un tema muy importante. Como es bien conocido, en el presente la situación es muy difícil en este país debido a la limitada cantidad de petróleo de que dispone. Sin embargo, esta situación nos muestra también aspectos positivos. De hecho, es posible desarrollar en Cuba un nuevo concepto de sistema de transporte que armonice con la estructura sociopolítica del país y de acuerdo con el «camino del Sol».

Es labor fundamental del pueblo cubano estudiar y desarrollar un sistema real que se pueda llevar a cabo gradualmente de acuerdo con los recursos financieros disponibles.

Este artículo sólo presentará algunas ideas y ejemplos que pueden ser útiles al pueblo cubano como información y punto de partida, en particular a los expertos de esta nación.

V.2. ¿QUÉ CLASE DE SISTEMA DE TRANSPORTE ES EL MÁS INDICADO PARA CUBA?

Antes de contestar esta primera pregunta se debe encontrar respuesta a una segunda: ¿Cómo es la estructura de la sociedad?

Es por esto la verdadera sociedad en armonía con la política del Sol. Es ahora posible encontrar una respuesta orientadora a la primera pregunta.

Con relación al hecho de que un sistema de transporte tiene una gran influencia en la vida de la sociedad y en la naturaleza, debe existir un acuerdo entre los tres. En relación con esto, los factores que caracterizan un buen sistema de transporte para Cuba pueden ser los siguientes:

- a) Un sistema en función del pueblo y que no sea un privilegio de categorías particulares. Esto significa prioridad del transporte público sobre el privado.
- b) Un sistema que tome en cuenta a la naturaleza (bosques, campos, ríos, lagos) y minimice el consumo de energía (evitando de esta manera emisiones dañinas a la atmósfera).
- c) Un sistema que tome en consideración todos los aspectos de la sociedad. Escuelas, hospitales, centros sociales, tiendas, oficinas, industrias, etc., deben ser construidos de una forma propia y descentralizada y lo más cercano a la residencia de los usuarios para reducir el tráfico al mínimo. Esto significa que el pueblo como un todo debe dar su contribución en la solución de los problemas concernientes con el sistema de tráfico, desde los expertos de la planificación urbanística y los arquitectos, hasta los expertos de tráfico, los sociólogos y los ciudadanos.

Estas son las características típicas que debe poseer un sistema de transporte en armonía con el Sol.

Se debe tener en cuenta que esta opción tan revolucionaria enfrenta una fuerte oposición, debido a que la tendencia actual va en un sentido totalmente contrario. De hecho, la industria automovilística de los países desarrollados trata de incrementar el mercado de los autos privados y empuja a los países en desarrollo en la misma dirección. Típica en este contexto es la presión ejercida en los grandes países como China, Rusia, etc. Pero Cuba, que resistió y resiste a muchas presiones externas, seguramente no temerá a éstas.

V.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL TRÁFICO EN EL MUNDO

El tráfico tiene una gran responsabilidad en la actual crisis ecológica. Los más de quinientos millones de automóviles que circulan en la actualidad en todo el mundo producen más de dos mil millones de toneladas de CO y otros gases (sulfurosos y óxidos de nitrógeno, etc.). La tierra cubierta por asfalto (calles, autopistas, etc.) en un país industrializado ocupa un promedio de 5 % de la superficie

total del país. Sólo en Alemania, en 35 años se registraron cerca de quinientos mil casos de muertes debidas a accidentes del tránsito.

Pequeñas modificaciones al sistema actual no servirían de mucha ayuda. Para poder encontrar el escape a esta vía sin salida es necesario alterar sustancialmente el curso, con la cooperación de todos.

V.4. SISTEMA DE TRANSPORTE EN ARMONÍA CON EL CAMINO DEL SOL: BÚSQUEDA DE UNA NUEVA ESTRUCTURA

Cuatro son los principales medios de transporte: automóviles, aviones, trenes y barcos. Los primeros dos tienen en estos días la mayor reputación y son los que producen la mayor contaminación ecológica y social (en detrimento de los que no tienen voz: la naturaleza y las personas pobres). Afortunadamente, también en los países europeos y en los Estados Unidos hay algunas advertencias (por ejemplo, el World Watch Institute) acerca de los peligros de estas opciones.

La nueva estructura debe modificar la correlación de fuerzas entre los cuatro principales medios de transporte antes mencionados e integrarlos de una forma adecuada (encontrando también medios alternativos).

V.4.1. NUEVO DESCUBRIMIENTO DEL FERROCARRIL

La revolución en el sistema de transporte comenzó con la primera línea férrea inaugurada en Inglaterra en 1825. Al final del siglo XIX se introdujo el ferrocarril eléctrico, lo que le dio más fuerza a esa revolución. Desafortunadamente, en las últimas décadas las compañías automovilísticas de los países industrializados han tomado ventaja y los ferrocarriles han perdido importancia. En la actualidad, en los Estados Unidos el promedio de kilómetros recorridos por una persona en un año es de trece mil en automóvil y ochenta en tren, con una relación mayor de ciento cincuenta veces entre la carretera y la ferrovía. En los países de Europa occidental esta misma relación oscila entre seis y diez. En la antigua Unión Soviética la relación era de 0,1 antes de la caída del sistema socialista. Ahora, por supuesto, los automóviles están ganando espacio por la presión de la industria automovilística.

El punto central del nuevo sistema de transporte que se estructure debe ser el ferrocarril, tanto para largas distancias como para el servicio urbano y suburbano.

¿Cuáles son las ventajas principales?:

- a) La primera de todas es una fuerte *reducción del consumo de energía* y, por lo tanto, de la contaminación que se podría lograr. De hecho, una persona que recorre 1 km en tren necesita un promedio de 1 000 kJ de energía; si lo hace en automóvil necesita 3 000 kJ, y si lo hace en avión necesita 3 000 kJ (considerando que todos estos medios de transporte están bien cargados). Entonces, por tren se puede ahorrar entre 60 y 70 % de la energía. En casos de transporte de mercancías, el tren presenta mayores ventajas: 400 kJ/km por cada tonelada transportada por ferrocarril y entre 2 300 y 2 400 kJ/km por carretera (para una relación cercana a ocho).
- b) Otra ventaja de los ferrocarriles es el ahorro del espacio. Un ferrocarril de dos vías (15 m de ancho) puede transportar el mismo número de personas por unidad de tiempo que una autopista de 16 vías (120 m de ancho).
- c) El ferrocarril disminuye el ruido. El ferrocarril produce menos ruido que los surgidos en aeropuertos, carreteras y autopistas. En los países industrializados 90 % de la población tiene problemas en casa debido al ruido causado por el tráfico, con efectos negativos sobre la salud (estrés, disminución de la audición, etc.). En iguales condiciones (igual número de pasajeros o de mercancías a iguales velocidades), el ferrocarril produce cerca de la mitad del ruido con respecto al producido por los automóviles.
- d) Otra ventaja de los ferrocarriles, que no se debe despreciar, es su mayor seguridad. En los países industrializados el riesgo de resultar herido o morir en un accidente automovilístico, en comparación con un tren, es entre veinte y treinta veces mayor.
- e) El ferrocarril presenta grandes ventajas sociales y una mejor calidad de vida. De hecho, ofrece un servicio público para todo el pueblo. Niños, personas mayores y discapacitadas pueden tener ventajas con su utilización. Los viajes son tranquilos, sin sobresaltos debido a congestiones del tráfico y frenajes de emergencia. Es posible emplear el tiempo en hablar, leer, estudiar, etc. Las estaciones de ferrocarril pueden estar localizadas en los centros de los pueblos, permitiendo de esta forma alcanzar fácilmente los lugares de destino.
- f) El ferrocarril es la columna vertebral de los sistemas de transporte de un país, y puede fácilmente ser interconectado con otros medios de transporte; tiene una función complementaria. Para poder

«absorber» la función de columna vertebral, el ferrocarril debe tener sus estaciones situadas en lugares cercanos a escuelas, hospitales, oficinas, casas residenciales, etc. Es también importante que un gran número de carros de ferrocarril sean capaces de transportar bicicletas junto con los pasajeros, para darles la posibilidad de alcanzar rápido sus lugares de destino y que se encuentren a una distancia razonable de la estación. También existe la posibilidad de cargar en trenes especiales pequeños automóviles junto con los pasajeros, que es de gran interés. Las estaciones principales del ferrocarril deben ser también las terminales de los ómnibus, para ofrecer una conexión con poblaciones situadas a cortas distancias de la estación. Un objetivo puede ser la realización de un sistema de ferrocarril en forma de red con puntos de cruce, en los cuales los trenes que arriban y los que parten con diferentes destinos estén sincronizados para reducir el tiempo de espera de los usuarios (por ejemplo, no más de treinta minutos). Un sistema de este tipo se ha probado en Suiza por más de un año y los resultados son buenos, con un incremento de los pasajeros.

- g) En los transportes públicos urbanos y suburbanos, los «trenes ligeros» o tranvías permiten una fuerte reducción del tiempo requerido para cubrir ciertas distancias. En la ciudad, los tranvías deben tener su propia vía, independiente de la vía de los automóviles. Es también posible, con sistemas electrónicos simples (sensores inductivos, etc.), manejar automáticamente las luces de los semáforos en «verde» cuando el tranvía se acerca a los puntos de cruce, de forma que tenga siempre la prioridad. Con estas medidas, el viaje de los ciudadanos en el tranvía se realiza en un tiempo menor y estos no tendrán interés en utilizar un automóvil privado. Un sistema como éste se encuentra en funcionamiento desde hace años en Munich (Alemania) y está dando excelentes resultados también desde el punto de vista económico. De hecho, el número de tranvías circulando en una línea ha sido reducido, manteniendo la misma frecuencia de tránsito debido al aumento de la velocidad promedio. Es más fácil interconectar las redes de tranvías urbanos con la red del ferrocarril. Un experimento de este tipo se está realizando en la ciudad de Karlsruhe (Alemania) desde finales de 1992. Los tranvías están equipados con los llamados «sistemas de doble modalidad o de doble corriente», lo que permite un doble servicio en la ciudad (servicio urbano) y fuera (servicio suburbano), utilizando las líneas del ferrocarril. Los

resultados fueron sorprendentes: en un período de pocos meses el número de pasajeros subió en 400 %.

- h) Finalmente, el ferrocarril ofrece ventajas económicas. En comparación con las autopistas, el costo de realización de una línea de ferrocarril es pequeño, debido al espacio reducido. Por otra parte, se ha notado que la productividad de las personas que viajan por tren es mucho mayor, en virtud de la reducción del estrés, con las obvias ventajas económicas. No despreciables son los daños causados anualmente a la salud de los humanos y de la naturaleza, por las emisiones de los autos (que son mucho mayores que aquellos producidos por los ferrocarriles), con los obvios problemas económicos: en los Estados Unidos, los daños económicos evaluados causados por el tráfico de carretera tienen un monto de cien mil millones de dólares por año.

V.4.2. EN BUSCA DE UNA CORRECTA UTILIZACIÓN DE LOS AUTOMÓVILES

El auto es de importancia, pero no es de tanta significación como para ser tomado como símbolo del progreso de un país.

En cualquier caso es importante también en el campo automotor dar prioridad a los servicios públicos, como los ómnibus y otros, lo que permitirá una rápida conexión entre las estaciones del ferrocarril y la ciudad, y los pueblos situados a distancias que no excedan de 100 km.

Industrias y oficinas deben ofrecer a sus empleados un importante servicio social: utilizar sus medios de transporte (ómnibus, camiones) durante el fin de semana para darles la oportunidad a sus trabajadores con sus familias de ir a la playa o al campo, con razonable asiduidad. Este servicio está bien organizado en Cuba.

Otro servicio socialmente interesante que permite ahorrar energía es que el pueblo aproveche las oportunidades que ofrecen los «viajes vacíos» de los ómnibus o camiones. También este servicio es bien conocido y utilizado en la Isla.

El uso de los carros privados debe ser reducido al máximo posible, cuando no se pueda contar con los medios públicos de transporte, y ser utilizados para cubrir distancias relativamente cortas (no mayores de algunos cientos de kilómetros). Si el auto es necesario en un lugar remoto, la forma más eficiente de transportarlo es por ferrocarril, como se mencionó anteriormente.

Un sistema interesante que permite la utilización de los autos es el «sistema de autos por acciones». En una ciudad, una asociación

pone a disposición un cierto número de autos estacionados en diferentes lugares. El usuario que normalmente utiliza medios públicos de transporte, pero que en casos especiales necesita un auto, deviene miembro de la asociación y paga una cantidad fija por año y un precio por kilómetro recorrido. Él puede entonces tomar el auto más cercano por un tiempo dado. Es también posible tomar un auto (perteneciente a otra asociación) en otra ciudad. Asociaciones por acciones de autos se han establecido en Suiza y Alemania y los resultados son buenos. Es una solución económica para el usuario y reduce en gran medida el número de autos (un auto para 10-15 usuarios es suficiente).

V.4.3. A LA BICICLETA SE LE DEBE SEGUIR CONSIDERANDO EN EL FUTURO

Para pequeñas distancias la bicicleta es muy útil: limpia, saludable; un sistema muy utilizado en Cuba. Es muy importante construir, por supuesto, una estructura que haga a la bicicleta atractiva en un futuro. El sistema de la bicicleta debe ser seguro. De hecho, las bicicletas deben tener su propia vía o su propio «ciclo-carril». En Munich, Alemania, la red de calles de bicicletas está muy desarrollada (muchos cientos de kilómetros). Es importante también tener la posibilidad de cargar las bicicletas en los medios de transporte público, en particular en los trenes (como se mencionó con anterioridad), y disponer asimismo de una buena red de servicios de reparación.

V.4.4. EL TRANSPORTE MARÍTIMO SE DEBE UTILIZAR MÁS

Los buenos transportes por mar, dondequiera que sea posible, son muy interesantes porque reducen fuertemente el consumo de energía. Como promedio, si el transporte por tierra (por medio de camiones) necesita de una potencia de un caballo de vapor (1 CV) para mover 150 kg, por mar 1 CV es suficiente para mover 4 000 kg. En el caso cubano, su condición insular ofrece grandes ventajas para su uso creciente.

V.4.5. ¿CUÁL ES LA MEJOR MANERA DE UTILIZAR LOS AVIONES?

El transporte por aire es, como ya se dijo, un gran consumidor de energía. Adicionalmente, requiere conexiones costo-

sas entre los aeropuertos y las áreas no habitadas. El avión se debe utilizar entonces sólo para distancias no menores de 700 a 800 km.

Los medios de transporte aéreo basados en el principio de aerobarco pueden abrir nuevas perspectivas en un futuro (ver epígrafe V.4), también prometedoras para Cuba.

V.5. SISTEMAS DE TRANSPORTE EN ARMONÍA CON EL CAMINO DEL SOL

v.5.1. Ferrocarril

La tendencia actual es diseñar trenes que corran cada vez más rápido. Esta no es la opción correcta, porque el consumo de energía aumenta con la potencia cúbica de la velocidad. Más aún, el tren y las líneas férreas requieren de mediciones técnicas muy costosas y la destrucción de tierras aumenta.

Importante es el desarrollo de motores fuertes de bajo consumo de energía y equipados con sistemas recuperadores de energía cuando frenan. Estos sistemas tienen una particular importancia en los sistemas de transporte urbano y suburbano (por ejemplo, los tranvías), donde la frecuencia de paradas es muy alta. En estos casos el ahorro de energía puede alcanzar de 20 a 25 %, resultado que se ha comprobado con los nuevos tranvías de Munich (Alemania).

Si el tren es manejado por una máquina térmica, se pueden emplear fuentes renovables de energía, como aceites vegetales y petróleo biológico (por ejemplo, petróleo de azúcar) para máquinas de combustión interna y biomasa (en fragmento, polvo o en forma gaseosa) para turbinas, máquinas de vapor, máquinas de ciclo Rankine y máquinas Stirling.

Como se subrayó con anterioridad, un gran número de vagones de ferrocarril deben poseer un espacio razonablemente grande y de fácil acceso para las bicicletas. De particular interés es la realización de trenes adecuados para el transporte de autos de la «nueva generación». Esto significa que los autos se hacen de forma compacta y son pequeños. Este tipo de autos pueden entrar en los trenes por un costado perpendicular a su eje longitudinal y salir por el costado opuesto, de la misma forma. El tren debe estar diseñado con dos pisos: el inferior para los autos y el superior para los pasajeros.

La transportación de bicicletas o autos y pasajeros permite la realización de sistemas de transporte mixtos, por ejemplo, transportes públicos e individuales interconectados. Una idea que la sugirió la naturaleza, en particular la biología: las moléculas, medios de trans-

porte individuales, se mueven a través de las membranas de las células del cuerpo, se unen a la sangre, medio público de transporte, y dejan finalmente la sangre después de realizar un largo periplo a través de las arterias; seguidamente penetran en un órgano del cuerpo, donde se mueven solas de nuevo.

Para el transporte de mercancías se deben adaptar particularmente un tipo de camiones, donde los contenedores integrados rígidamente en los camiones son sustituidos por remolques que se pueden mover conectados a la estructura del camión. Los remolques se pueden desplazar fácilmente del tren a los camiones, obteniendo también en este caso un sistema mixto de transporte.

v.5.2. Autos

Como se ha visto en los epígrafes precedentes, el automóvil se debe integrar cada vez más en un sistema de transporte global –como podría ser el de transporte mixto–, más adaptado a las necesidades de la sociedad y de la naturaleza.

Los autos deben construirse con materiales ligeros y reciclables (materiales orgánicos con diferentes estructuras físicas que dependan de las necesidades), para reducir el consumo de energía utilizada en la producción de los autos. Los motores deben funcionar con fuentes renovables de energía.

El cuerpo del auto debe ser compacto y de longitud pequeña (ver epígrafe V.5.1), para reducir el área de parqueo y poderlos cargar fácilmente en los trenes.

Asimismo, es importante diseñar autos multiuso (para el transporte de mercancías y personas) que puedan ser fácilmente modificables de acuerdo con su utilización.

Un auto multiuso, similar a un jeep, se conoce con el nombre de *Africar* y fue diseñado por Anthony Howarth. Puede ser construido utilizando biomateriales (como fibras de palma) en combinación con componentes convencionales.

Las máquinas pueden contar con motores de combustión interna que utilicen como combustible aceite vegetal, biopetróleo (como el petróleo obtenido a partir del azúcar), biogás y también hidrógeno (en diferentes formas) producido con energía solar (por ejemplo, por la electrólisis del agua, donde la corriente eléctrica se produce con energía solar). Los prototipos de autos y ómnibus que utilizan hidrógeno (mayormente Mercedes, BMW y MAN), circulan apropiadamente y los motores se pueden fabricar sin grandes cambios. Para evitar modifica-

ciones de la actual estructura energética (almacenamiento, transporte, distribución y uso como combustible), el hidrógeno se puede combinar con el CO_2 (obtenido por la gasificación de la biomasa) y obtener metanol, que se puede emplear como petróleo normal. Otra forma es alimentar con hidrógeno una célula de combustión, la cual puede mover un motor eléctrico.

Para desplazamientos urbanos y suburbanos (50-100 km) son particularmente apropiados los motores eléctricos alimentados con baterías que se cargan desde celdas fotovoltaicas. En relación con el hecho de que la superficie de los autos es pequeña, es mejor instalar los paneles fotovoltaicos en «bombas o servicentros solares» donde los autos pueden ser cargados.

En lo que concierne a las baterías, son de particular interés las de zinc-aire, de alta densidad de energía y fácilmente reciclables.

v.5.3. Embarcaciones

Las embarcaciones de grandes dimensiones deben ser equipadas gradualmente con motores alimentados con biomasa, biogás o bioaceites.

Las embarcaciones medianas y pequeñas pueden ser propulsadas con motores eléctricos alimentados con energía solar (paneles fotovoltaicos con baterías para el almacenamiento de energía). Un prototipo, la «Korona», está trabajando en el lago de Konstanz, en Alemania. Fue diseñada por el profesor Schaffrin de la Universidad de Konstanz. Un sistema fotovoltaico con baterías de sostén alimenta un convertidor DC/AC que está conectado a un motor trifásico de 2,2 kW. La velocidad máxima es de 12 km/h.

Por supuesto, los botes de velas (energía eólica) se adaptan bien para los tamaños pequeños y medianos, eventualmente también equipados con sistemas fotovoltaicos.

v.5.4. Máquinas voladoras

Los aviones pueden ser adaptados para ser movidos con turbinas que utilicen hidrógeno solar. Experimentos realizados en la URSS, en los años setenta y ochenta, dieron buenos resultados. De todos modos, es importante tener en consideración los fenómenos siguientes: la combustión del hidrógeno produce agua; si el avión vuela a grandes alturas, la descarga del vapor de agua se congela y refleja los rayos infrarrojos, lo que incrementa el efecto invernadero. Este tipo de avión debe, por tanto, volar a bajas alturas. Desde el

punto de vista de seguridad, la utilización del hidrógeno no presenta problemas particulares.

Un tipo diferente de máquina voladora puede tener un futuro promisorio: el barco aéreo. Los contenedores para levantar la máquina se llenan de helio, un gas no combustible. La superficie de estos contenedores puede estar cubierta eventualmente de módulos fotovoltaicos para producir energía eléctrica. El combustible para manejar estas máquinas puede ser biogás o bioaceite. La velocidad de un barco aéreo es pequeña (200 km/h), pero son fácilmente maniobrables; pueden permanecer en la atmósfera y aterrizar en cualquier lugar sin necesidad de estructuras especiales (como aeropuertos). Es, por lo tanto, un tipo de sistema descentralizado muy flexible y de bajo costo.

v.5.5. Nuevos métodos de fabricación de los medios de transporte

En nuestros días es una tendencia producir medios de transporte (por ejemplo autos) comenzando por un alto número de componentes no regulares y altamente diversificados (también muy diferentes de una compañía a otra), y llegar a productos finales muy similares (aparte de algunas excepciones, los autos no son muy diferentes unos de otros).

La mayor atención se le debe prestar a la naturaleza: esto comienza desde un número pequeño de elementos regulares (lo mismo que para animales y plantas) y produce, de acuerdo con el diseño genético, una gran variedad de seres vivos.

En el futuro, el punto de comienzo se debe reducir a un pequeño número de componentes regulares, dando como resultado una estructura simplificada de los componentes, lo que permitirá a la industria reducir los costos. Esto hará posible concentrar los esfuerzos en un diseño flexible de los autos de acuerdo con su función, y obtener de esta manera una diversificación fuerte del producto final. En otras palabras, la simplicidad y la normalización de los componentes iniciales facilitará el diseño de complejos y diversificados productos finales.

v.6. CONCLUSIONES

Cuba, en virtud de su opción social de solidaridad y de su situación de libertad con relación a las grandes industrias transnacionales que operan en el sector del transporte, tiene una posibili-

dad real única en su tipo de planear un nuevo sistema. Las dificultades económicas tendrán seguramente una influencia negativa en sus tiempos de realización. Sin embargo, es preferible andar un camino largo, pero ir en la dirección correcta.

Como un primer paso puede ser útil:

- Restaurar las líneas de ferrocarril en la actualidad obsoletas (o sólo utilizables para el transporte de mercancías), como aquellas de la periferia del municipio El Salvador, modificando dondequiera que sea posible las máquinas para ponerlas a funcionar por medio de biomasa (por ejemplo, los desechos de la caña de azúcar).
- Desarrollar sistemas mixtos trenes-bicicletas (con facilidades para la carga de las bicicletas en el tren).
- Dar en las áreas urbanas y suburbanas prioridad a las bicicletas con sus propias vías.

Un apunte final. Podría ser útil, si aún no existe, formar un pequeño grupo que coordine los estudios del sistema de transporte en Cuba y que actúe como un puente de conexión entre expertos de tráfico, constructores o importadores de medios de transporte, personas responsables de los planes de construcción urbanos y suburbanos, personas responsables para la protección de la salud pública y de la naturaleza, y personas responsables de los servicios sociales.

V.7. BIBLIOGRAFÍA

«Africar». *The development of a car for Africa of Howarth*. Glasgow: Ordinary Road Ltd., 1987.

Ausfahrt Zukunft of Frederic Vester. Munich: Wilhem Heyne Verlag, 1990.

Renewable Energy Technologies of Kristoferson and Bokalders. London: Intermediate Technology Publications, 1991.

Wasserstoff-Energietechnik. Dusseldorf: VDI Berichte 120, VDI Verlag, Box 101054, 1995.

ANEXO VI

Memorándum de la Asociación Eurosolar para una convención internacional de protección de la atmósfera terrestre

(Eurosolar, Postfach 120618 D-5300 Bonn, 31 de octubre de 1988).

VI.1. EL EFECTO INVERNADERO: UN DESAFÍO PARA LA HUMANIDAD

Lo que fue una sospecha durante años, ahora es un hecho científicamente comprobado: la catástrofe ecológica provocada por el calentamiento de la atmósfera terrestre se está haciendo realidad. El 1988 será un año récord para la temperatura media sobre nuestro planeta.

Para los próximos 30-40 años habrá un aumento de la temperatura media global entre 1,5 y 4,5 °C. Si no se toman medidas drásticas, las temperaturas medias anuales subirán 2 °C en las zonas tropicales, entre 2 y 5 °C en las zonas templadas, y de aproximadamente 8 °C hasta 10 °C en las zonas polares.

Las causas fueron identificadas: no dependen sólo del aumento de la concentración de clorofluorocarbono en la atmósfera, sino sobre todo de la liberación de anhídrido carbónico (CO_2) por la combustión de los fósiles (carbón, petróleo y gas); es decir, de la modalidad, estructura y cantidad del consumo de energía. El efecto aumentó a causa de la rápida destrucción del patrimonio boscoso terrestre, en particular en las zonas tropicales y por la mortalidad de los árboles en las zonas templadas, lo cual lleva a una fuerte reducción de la capacidad del bosque de transformar el anhídrido carbónico. El efecto invernadero es, por tanto, causado y acelerado por la liberación, en continuo aumento, del CO_2 en la atmósfera por la combustión en los fósiles (actualmente se liberan veinte mil novecientos millones de toneladas de CO_2 al año, que se distribuyen en: 8,9 por la combustión del petróleo; 8,8 por la combustión del carbón y 3,1 por la combustión del gas), a causa de la reducción de los bosques y la ruina del terreno. Solamente los incendios de los bosques contribuyen con más de 20 % del aumento de las emisiones de CO_2 .

Las consecuencias previsibles son:

- Extensas catástrofes por sequías, expansión de las zonas sin vegetación y en particular de los desiertos, desmoronamientos en las zonas de montañas, erosión del suelo.
- Modificaciones del clima, fuertes oscilaciones de los valores meteorológicos con cambios drásticos en las precipitaciones y en los fenómenos de los temporales, durante los cuales los vientos alcanzarán velocidades nunca conocidas hasta ahora.
- Derretimiento de los hielos polares, elevación del nivel de los mares e inundaciones de zonas habitadas y agrícolas en las cuales vive una gran parte de la humanidad, que de ahí recibe también su sustento.
- Destrucción de centenas de millares de especies animales y vegetales, con la consecuente disminución de la riqueza genética del planeta y desequilibrio de importantes procesos biológicos.

La Conferencia de Toronto «The Changing Atmosphere», de junio de 1988, en el primer párrafo de su documento conclusivo observa que actualmente la humanidad está haciendo un experimento con la atmósfera solamente comparable a una guerra nuclear.

El efecto invernadero es provocado por cada uno de nosotros y tendrá consecuencias sobre cada uno de nosotros. Mientras en los países industrializados los bosques están muriendo, las zonas boscosas de los países en vía de desarrollo son destruidos para cubrir las necesidades de energía o para adquirir nuevos mercados en el exterior y tierras agrícolas.

Los mil cien millones de personas en los países industrializados, 20 % de la población mundial, utilizan 70 % de la energía primaria anual disponible, que corresponde aproximadamente a diez mil millones de toneladas equivalentes de carbón, de los cuales cerca de 90 % consiste en combustible fósil como materia prima. Los países industrializados son, por tanto, los principales responsables de la introducción del CO₂ en la atmósfera. Europa occidental produce 15 % de la emisión global de CO₂; Japón, 5 %; la República Federal de Alemania, 6 %; la Unión Soviética y los otros países del Pacto de Varsovia, 22 %, y los Estados Unidos, 25 %.

El efecto invernadero se forma a causa de los gases liberados en la atmósfera: 50 % por la liberación de CO₂, 17 % por las emisiones de clorofluorocarbono, 19 % por el gas metano (entre otras cosas debido

a la ganadería intensiva), 8 % por el ozono troposférico, 4 % por óxidos de nitrógeno y 2 % por vapor de agua estratosférica. Estos porcentajes permiten percibir con claridad la particular responsabilidad de los países industrializados.

Sería un error, por tanto, atribuir la responsabilidad del calentamiento de la atmósfera terrestre sólo a los países en vías de desarrollo, o exclusivamente a los países industrializados. La comunidad internacional no puede permitirse un intercambio de acusaciones de responsabilidad política, o hacer declaraciones dirigidas a los otros.

El efecto invernadero es un desafío planetario a la comunidad humana y debe ser enfrentado de manera radical. La dimensión de este problema sólo es comparable con una guerra mundial.

Sin embargo, mientras se gastan en el mundo cerca de un billón de dólares al año en la industria de armamentos, no se piensa en ninguna acción concreta ni a escala nacional, ni a nivel internacional, para evitar la catástrofe ecológica. Se debe tener en cuenta que la energía requerida para la producción militar contribuye por sí misma a esa catástrofe de manera considerable.

VI.2. INICIATIVAS PARA PREVENIR LA CATÁSTROFE ECOLÓGICA

Las iniciativas para combatir el efecto invernadero están madurando de todas maneras. En 1987 el *Informe Brundtland* hizo referencia al desafío común de la combustión fósil y de la destrucción de las selvas e indicó como soluciones el potencial de las fuentes renovables de energía y el ahorro energético.

VI.2.1. ACUERDOS

La Convención de Viena para la protección de la capa de ozono tiene la finalidad de proteger la atmósfera terrestre. Sin embargo, esta Convención, como también el Protocolo de Montreal del otoño de 1987, dan respuestas absolutamente insuficientes a este problema. Sobre todo, por lo que dicen con relación a las propuestas para la reducción de las emisiones de cloro-flúor-metano. Las emisiones de CO₂ fueron objeto de la atención internacional por primera vez en ocasión de la Conferencia de Toronto, en junio de 1988, que aprobó una moción no vinculante y de todas maneras insuficiente para la reducción de las emisiones de CO₂ de 20 % en los países industrializados para el 2005.

VI.2.2. PROPUESTAS

La propuesta del presidente de la Comisión Parlamentaria de Alemania Federal para la Cooperación Económica, Uwe Holtz, en la Conferencia de la Unión Interparlamentaria (Guatemala, abril de 1988) fue más completa: para prevenir la catástrofe ecológica los países industrializados y el Fondo Monetario Internacional deberían concordar con una propuesta que condone las deudas de los países en vía de desarrollo cuando estos tomasen medidas concretas para la conservación de las selvas tropicales y para la manutención del ambiente natural. En junio de 1988 la Conferencia Europea sobre la Interdependencia y la Solidaridad entre el Norte y el Sur, organizada conjuntamente por el Consejo de Europa, la Comunidad Económica Europea y por Organizaciones No Gubernamentales, sugirió convertir las deudas en programas para la salvaguarda del ambiente.

El presidente del SPD, Vogel, apeló a la Cumbre Económica Mundial de 1988 con vistas a que se diera prioridad a las estrategias para la prevención de una catástrofe ecológica provocada por el CO₂. En esta ocasión el canciller alemán Kohl propuso vincular la manutención de las selvas tropicales con la cancelación de las deudas de los países en vías de desarrollo.

La primera ministra británica, Margaret Thatcher, el presidente soviético Mijaíl Gorbachov y el presidente brasileño José Sarney propusieron, en octubre de 1988, acciones coordinadas a nivel internacional para preservar los «pulmones» de la Tierra, con particular referencia a las selvas siberianas y amazónicas.

VI.2.3. MEDIDAS DE EMERGENCIA INMEDIATAS PARA EL BLOQUEO DE LA PRODUCCIÓN DE CLOROFLUOROCARBONOS

Se necesitan medidas de reducción inmediatas de los clorofluorocarbonos para la protección de la capa de ozono, medidas que deben ser tomadas sobre todo por los países industrializados.

Las posibilidades actuales de reducción inmediata permitirían una disminución de las emisiones de 80 a 90 % para 1993.

Este proceso debe comenzarse inmediatamente. Para el 2000 se deben reducir las emisiones de por lo menos 95 %, si se quiere que la concentración de los gases destructores del ozono no supere, a mediados del próximo siglo, los índices actuales.

VI.2.4. PUNTOS CLAVE PARA UN PROGRAMA DE ACCIÓN CONTRA EL EFECTO INVERNADERO

Junto a las medidas inmediatas de bloqueo de la producción de los clorofluorocarbonos es necesario desarrollar una estrategia global contra el efecto invernadero que permita realizar, dentro de poco tiempo, una reducción de las emisiones de CO_2 , y paralelamente un alto en la destrucción de las selvas, acompañado por medidas de repoblación forestal. Por eso es necesario establecer una serie de compromisos políticos concretos que definan, tanto las tareas de las instituciones internacionales, como los diferentes tipos de acciones que deben ser efectuados por parte de cada país.

Política forestal

Esta política debe concentrarse en medidas que permitan el mantenimiento de las zonas boscosas, evitando la muerte de los árboles en los países industrializados, medidas que requieren inversiones inferiores a las necesarias para la repoblación forestal. Además, se deben agregar medidas en gran escala para la recuperación de los terrenos degradados y para la repoblación forestal. A nivel mundial sería necesaria una expansión de las superficies boscosas de 20 % para poder compensar la cantidad de CO liberado en los últimos decenios.

A fin de compensar el CO_2 que será emitido en los próximos decenios, será necesario un ulterior aumento de las superficies boscosas entre 13 y 33 %. Como medidas conjuntas podemos recordar:

- *El desarrollo a nivel nacional e internacional de instituciones forestales especializadas.* Los países industrializados deberían poner a disposición de los países en vías de desarrollo los conocimientos científicos y los medios técnicos para llevarlos adelante.
- *Programas de desarrollo agrícola,* incluyendo la salvaguarda del suelo, la reducción de los fertilizantes nitrogenados sintéticos y de la ganadería intensiva.

Los instrumentos para una expansión de las selvas con consecuente reducción consistente del CO_2 podrán estar a disposición solamente de aquí a algunos decenios. Para que las medidas agrícolas y forestales no se reduzcan a un trabajo clandestino, es necesario encaminar al mismo tiempo un cambio radical de las políticas energéticas a escala planetaria. Las medidas para el mantenimiento del pa-

trimonio forestal y la repoblación de los bosques son un puente para una nueva política energética.

Política energética

Es necesario concentrar los esfuerzos en tres partes:

- Uso más eficiente de la energía en los procesos de transformación, utilización e incremento de las técnicas de acoplamiento energético en los procesos de conversión (nuevos conceptos de utilización integrado, de uso del calor usualmente perdido, etc.).
- Utilización acelerada de las fuentes renovables de energía solar (irradiación solar, viento, agua, biomasa), en las formas más adecuadas a las condiciones específicas de cada región.
- Compromiso claro para producir de forma eficiente y económica el hidrógeno por las fuentes renovables, un combustible que por sus características de transportabilidad y almacenamiento puede desarrollar plenamente el enorme potencial de las fuentes renovables.

Los tres puntos mencionados están indicados en la secuencia temporal que corresponde a su realización práctica. En efecto, los éxitos más rápidos en el campo de la reducción de las emisiones de CO₂ se obtienen con la utilización racional de la energía. Estas medidas deben ser, por tanto, absolutamente priorizadas. Sin embargo, los resultados en este sector dependen, en gran parte, del nivel político-administrativo de un país, de la infraestructura económica y del grado de educación y de información de la población. De todas maneras, también en los países en vías de desarrollo se puede mejorar notablemente la eficiencia de las estructuras de abastecimiento de la energía, con oportunas medidas técnico-políticas.

Los complejos industriales trabajan con frecuencia de modo ineficiente y la utilización actual de la biomasa causa grandes pérdidas de energía: los más pobres en el mundo, por ejemplo, para cocinar queman leña o consumen de tres a diez veces más energía de la que se usa en las cocinas de gas. Rápidas mejoras en el campo de la utilización racional de la energía en los países en vías de desarrollo podrían compensar una gran parte del aumento del consumo energético causado por el crecimiento demográfico. Un consumo más racional de la energía permite una notable ganancia de tiempo y amplía la posibilidad de maniobra para la instalación de un sector energético basado en la energía solar.

Por tanto, deben ser paralelamente desarrolladas e introducidas en el mercado todas las tecnologías oportunas para la utilización de las fuentes renovables de energía, en particular en los países con fuerte irradiación, como es el caso de muchos de ellos que se encuentran en vías de desarrollo.

Sin embargo, una drástica reducción de la combustión fósil podrá ser realizada sólo cuando el hidrógeno proveniente de las fuentes renovables sea introducido como combustible. El tiempo ganado con la utilización racional de la energía y con las fuentes renovables deberá, por tanto, ser utilizado a nivel mundial para el desarrollo y la realización de procesos para la producción de hidrógeno de forma eficiente y económicamente ventajosa.

VI.2.5. ¿LA ENERGÍA NUCLEAR COMO MEDIO PARA COMBATIR EL EFECTO INVERNADERO?

Muchos aconsejan el aumento de la energía nuclear porque ésta no provoca emisiones de CO_2 .

La energía nuclear produce energía eléctrica de forma centralizada y, por tanto, ligada a una red de distribución. Sin embargo, cerca de las tres cuartas partes de la humanidad vive en regiones donde no hay ninguna red eléctrica y donde, además, está previsto un fuerte aumento de las necesidades energéticas. Junto a eso, la participación actual de la energía nuclear en la demanda total de energía primaria, a escala mundial, es de aproximadamente 5 %. Las centrales nucleares existentes, con una potencia de 320 GW (gigawatt), son alrededor de cuatrocientas. La tentativa de sustituir una parte notable de la energía proveniente de la combustión de los fósiles por la energía nuclear requeriría que durante décadas, cada año, se pongan en funcionamiento más de cien centrales nucleares con una potencia de 1 000 MW cada una y, al mismo tiempo, se cierre un número cada vez mayor de las viejas centrales. Además, es necesario, por razones de abastecimiento de combustible, encaminar en gran escala la tecnología de los reactores autofertilizantes y del plutonio.

Con este propósito es inimaginable la instalación de nuevas centrales nucleares dondequiera y en particular en el Sur del mundo. Asimismo, es inimaginable como se quiere oprimir al mundo con los problemas asociados a la seguridad de estas instalaciones, las escombrías radiactivas y la necesidad de mantener permanentemente el ciclo del plutonio.

La dimensión económica de una elección energética tal debería ser puesta en discusión. Con los medios disponibles se puede conseguir una rápida reducción de las emisiones de CO_2 , mediante el uso eficiente de la energía a bajo costo. Según cálculos del Rocky Mountain Institut, del Estado de Colorado (USA), con adecuadas inversiones para aumentar la eficiencia energética se puede obtener una reducción de las emisiones de CO_2 siete veces superior a aquella que se obtendría con inversiones análogas para el desarrollo de la energía nuclear. También la tecnología solar producida podrá proporcionar una gran cantidad de energía descentralizada (sin red eléctrica) a costos inferiores que aquellos de las tecnologías de los reactores nucleares conversores. Al considerar todos los gastos, incluso los ecológicos y sociales, se llega a la conclusión de que las ventajas económicas del camino solar son considerables.

Se debe, por tanto, concluir que no se puede evitar la catástrofe ecológica provocada por el efecto invernadero con la hipoteca nuclear.

Sin duda también la realización del camino del Sol requiere grandes inversiones, que de todas maneras están al alcance de los países industrializados. Sólo a través de una redistribución de los recursos económicos mundiales, basada en los cambios de prioridades en la utilización del producto mundial bruto, será posible poner en funcionamiento las medidas contra el efecto invernadero antes de que sea demasiado tarde. Cuestiones relativas a la eficiencia económica, desde un punto de vista estrechamente administrativo-comercial, como se entiende hoy, nunca más puede ser la base de la política energética.

VI.3. PUNTOS CLAVE PARA UNA CONVENCION INTERNACIONAL CON VISTAS A LA PROTECCION DE LA ATMOSFERA TERRESTRE

Los puntos clave contienen principios internacionales vinculantes, propuestas de financiamiento, medidas de control internacionales y programas de realización.

VI.3.1. PRINCIPIO BASE: COMPROMISOS DE IGUAL EFICACIA

Si se tienen en cuenta las distintas causas y los diferentes responsables de los peligros relativos al efecto invernadero, las diferentes condiciones y posibilidades de acción y las diversas

capacidades de intervención de cada Estado, una convención internacional para la protección de la atmósfera debe contener una lista de compromisos de igual eficacia, pero no de igual tipo. Este es el principio básico sobre el cual se establecerán todas las medidas, que serán mucho más que una simple invitación a los países de nuestro planeta.

Medidas obligatorias deben ser aceptables desde el punto de vista financiero y aplicables inmediatamente. Hace falta que sean insertadas en un cuadro económico global. Deben ser también vinculantes por medio de una resolución de las Naciones Unidas, o de resoluciones adoptadas por otras organizaciones internacionales, resoluciones que en seguida deben ser convertidas en leyes nacionales en cada Estado. Puesto que las organizaciones internacionales no tienen la posibilidad de imponer sanciones en el caso de no cumplimiento por los gobiernos nacionales, la realización de las medidas debe ser asegurada mediante la presión de la opinión pública internacional y con incentivos financieros precisos.

VI.3.2. CONTEXTO FINANCIERO: UN IMPUESTO INTERNACIONAL SOBRE EL CO₂

a) Imposición a los países industrializados de un impuesto proporcional a las emisiones de CO₂. El resultado del impuesto confluirá en un fondo internacional. Para encaminar políticamente esta iniciativa a nivel planetario, debería ser tomada en consideración una iniciativa de los Estados de los países desarrollados, o de los Estados Miembros del Consejo de Europa. Una iniciativa tal es tan importante que no se puede esperar conseguir unanimidad de consenso. Eso significaría un atraso de años. Iniciativas locales y de algunos Estados serán necesarias si nos damos cuenta de que una iniciativa planetaria es imposible a corto plazo.

En este contexto será aplicado en cada país el principio que responsabiliza al autor del fenómeno; cada Estado después decide autónomamente si y cuánto impuesto sobre el CO₂ será cobrado a los responsables directos (por ejemplo a las industrias), y cuáles estrategias internas serán adoptadas para la reducción de las emisiones de CO₂, por ejemplo, en el sector de la energía y de la repoblación forestal. Cuanto más éxito tenga un país en la reducción de las emisiones y en la eliminación del CO₂ mediante la repoblación forestal, menor será el impuesto que deberá pagar. Esto será un incentivo para reducir los peligros del efecto invernadero.

b) Los medios financieros que confluyen en el fondo internacional serán puestos a disposición de los países en vía de desarrollo, principalmente para medidas contra el efecto invernadero. Servirán también para la reducción de la deuda. La condición fundamental para recibir los fondos es la utilización de ellos contra el efecto invernadero. El mantenimiento de las selvas será, por tanto, premiado con ayudas financieras, mientras que ulteriores destrucciones de bosques provocarán el bloqueo del financiamiento. Las medidas que además de la manutención de las selvas llevan a un crecimiento limpio de la vegetación que absorbe CO_2 , reduciendo así el efecto invernadero, tendrán como resultados ulteriores las ayudas financieras. En este contexto el principio que responsabiliza al autor del fenómeno se aplica también a los países que reciben los fondos, si ellos dan su contribución positiva al problema climático mundial.

El uso de este fondo internacional para cancelar las deudas de los países en vías de desarrollo sin ulteriores condiciones, aumentaría su independencia económica y política. De acuerdo con estos criterios es posible pensar en la aplicación de los fondos según los siguientes principios:

El porcentaje condicionado (50 %) a la manutención de las selvas, la repoblación forestal, a reformas agrarias estructurales, a la conservación del suelo, a las inversiones en el campo de la utilización racional de la energía y de la introducción de tecnologías para el consumo de energías renovables; 50 % para la extinción de las deudas y otros intereses relativos.

c) Si los daños relativos a la emisión de CO_2 por la combustión de carbón, petróleo y gas fuesen tasados a un centavo de dólar por kilowatt-hora, y si este impuesto fuese pagado por todos los países del planeta, la entrada global correspondería aproximadamente a setecientos mil millones de dólares al año. Tal cálculo es, sin embargo, más teórico que práctico, porque el pago de un impuesto de este tipo por los países en vías de desarrollo no sería realizable; además, un impuesto para los países fuera del sistema monetario internacional no tendría éxito debido a la falta de moneda.

Más realista, también en relación con una política de ayuda respecto a los países en vías de desarrollo, sería tasar los países más desarrollados. Esto acarrearía cerca de trescientos cincuenta mil millones de dólares al año. Si por el contrario, sólo los países del Consejo

de Europa tomasen una iniciativa de este tipo, la tasa acarrearía cerca de cien mil millones de dólares al año.

Además, proponemos que los países del grupo interesado que no quisieran contribuir al financiamiento del fondo sean penalizados con un impuesto de importación sobre los productos industriales. Por causa de las diferencias del contenido de carbono en los combustibles fósiles, las emisiones de CO_2 deberían ser calculadas con referencia a un valor estándar. Un kilowatt-hora proveniente del carbón debería ser tasado con 1,25 centésimas de dólar, 1 kWh de petróleo con un centésimo de dólar, y 1 kWh de gas con 0,67 centésimas de dólar. Consecuentemente, será favorecido el uso del gas, el menos contaminante de los fósiles. Para una utilización correcta de los medios financieros, proponemos para un período inicial de cinco años una reducción del impuesto por kilowatt-hora a un valor de 0,5 centésimas. Para los países desarrollados esto equivale a ciento setenta y cinco mil millones de dólares, y para los países miembros del Consejo de Europa a cincuenta mil millones de dólares.

VI.3.3. REGLAMENTACIÓN INSTITUCIONAL

Aconsejamos la creación de una agencia internacional para la protección de la atmósfera, en el ámbito de las Naciones Unidas. En la agencia las medidas correspondientes serían definidas, intervincladas o al menos coordinadas por organismos internacionales (FAO, UNEP, Banco Mundial, Fondo Monetario Internacional, bancos de desarrollo regional). La agencia tendría la responsabilidad de realizar las tareas conexas con la estrategia de base. Una o más instituciones financieras internacionales deberían ser vinculadas a la agencia, administrar los fondos derivados de los impuestos sobre el CO_2 y actuar en la reducción de las deudas y la asistencia financiera. Las tareas de la agencia incluirían también la creación y el mantenimiento de instituciones científicas y órganos de control, con la finalidad de poder registrar el nivel de peligro alcanzado y poder valorar la eficacia de las medidas contra el efecto invernadero.

VI.3.4. MEDIDAS ULTERIORES

Es necesario examinar numerosos factores adicionales y llevar adelante estudios suplementarios para poder formular una estrategia global. Estos factores son:

- La inclusión de los países del CAME en la estrategia global. Para algunos de estos países es necesaria la cancelación de las deudas para permitir las reformas políticas, económicas y ecológicas necesarias, aunque estos países contribuyen de manera relevante a la emisión de CO_2 ; deberían, por ello, estar sujetos al impuesto internacional sobre la contaminación. En una resolución adoptada hace algunos meses, los gobiernos de los países del Pacto de Varsovia declararon explícitamente su voluntad de asumir una responsabilidad internacional respecto a la salvaguarda del ambiente y, por tanto, también las cargas a ellas asociadas. En el curso del desarrollo de esta estrategia global debería ser estudiado el modo de cómo los países del CAME podrían comprometerse y, también, de qué modo podrían ser exceptuados de la tasa ya mencionada, o en cuáles circunstancias podrían usufructuar de una contribución para la cancelación de las deudas y ulteriores asistencias financieras.
- Resumen y valoración de los esfuerzos nacionales e internacionales emprendidos contra el efecto invernadero para poder, sobre la base de las experiencias adquiridas, definir los pasos futuros.
- Elaboración de programas para la utilización óptima de los medios puestos a disposición por el Fondo Internacional. Con este propósito se debe tener en cuenta que los países que reciben los fondos deben encaminar iniciativas por medio de las cuales puedan, más tarde, mantener con sus propias fuerzas las estructuras para la realización del camino del Sol.
- Elaboración de un catálogo de criterios concretos para la imposición del impuesto sobre el CO_2 , para la reducción de los niveles de la tasa en conexión con las iniciativas aptas a reducir las emisiones de CO_2 , para la distribución de los fondos y por fin para evitar abusos.
- Planes para la organización de las instituciones responsables de la realización de la estrategia global, para implicar organizaciones particulares ya existentes, instituciones bancarias y otros tipos de organizaciones.
- La inclusión de otros problemas globales. El aumento del impuesto de un centésimo de dólar llevaría a un volumen de fondos considerables que, a su vez, podrían ser utilizados en la reducción del crecimiento de la población (por ejemplo, dando financiamientos base para la introducción de un sistema de pensión).

VI.4. CONCLUSIONES

Una iniciativa conducida en el contexto de esta estrategia general podría reducir drásticamente la deuda de los países en vías de desarrollo (actualmente de 1 200 billones de dólares) dentro de un breve período; la utilización de fondos para acciones concretas contra el efecto invernadero crearía una estructura financiera de dimensiones tales de poder obtener resultados concretos en tiempos reducidos. Una considerable parte de los fondos proporcionados por los países industrializados produciría no sólo efectos positivos en lo que atañe al ambiente, sino también espacio para nuevas iniciativas.

No habría ninguna restricción de la competencia internacional de cada economía, dado que esta realidad crearía nuevas posibilidades para todos.

Evidentemente, deberían ser tomadas medidas políticas para que no haya aumento de las fuentes de energía contaminantes fuera de los países industrializados. Las condiciones de financiamiento son adecuadas para prevenir un peligro tal, ya que como contrapartida son previstos costos en las ayudas financieras establecidas.

La estrategia global promueve la responsabilidad individual de cada uno de los países interesados. En efecto, cuantas más iniciativas sean adoptadas para reducir el efecto invernadero, más baja será la tasa sobre el CO₂ por un lado y, por otro, más elevadas las ayudas financieras. Se mantendría la libertad de acción en actividades específicas a nivel nacional. La cancelación de las deudas de los países en vía de desarrollo ocurrirá de modo concreto, sin riesgo de colapso para los sistemas bancarios nacionales. Serían aseguradas a muchos países una prosperidad y un estándar social medio más dignos para el hombre. Serían prevenidas de forma constructiva las crisis sociales y políticas en numerosas regiones del mundo, crisis que de otra forma serían enfrentadas a posteriori, con resultados insuficientes y con el empleo de ayudas para la reparación de los daños con inversiones dudosas en medidas de seguridad.

La producción de las tecnologías solares para los países en vías de desarrollo tiende a una producción en gran escala que reduce automáticamente los costos de producción de las fuentes renovables, acelerando su expansión en los países industrializados y ayudando a reducir las tasas sobre el CO₂. Es decir, toma cuerpo así un sistema de reglamentación para modificar la sociedad industrializada en el sentido ecológico, sistema en el cual las medidas emprendidas se sustentan y promueven recíprocamente.

ANEXO VII

Memorándum para el establecimiento de la Agencia Internacional de Energía Solar (ISEA) de las Naciones Unidas

Memorándum realizado por Eurosolar. (*The Yearbook of Renewable Energies*, 1992).

La Asociación Europea de Energía Solar, Eurosolar, propone el establecimiento de una Agencia Internacional de Energía Solar (ISEA) que forme parte de la red de las Naciones Unidas. Este memorándum se publicó en enero de 1990.

1. La ISEA debe incrementar rápidamente las acciones de las fuentes de energía solar en el suministro de energía para la humanidad en la comunidad mundial. A la Agencia le concernirá la tecnología internacional no restringida transferida en el campo de las energías solares directas o indirectas (en otras palabras: fuentes renovables de energía), su almacenamiento y utilización mundial en forma de electricidad, calor y combustible, así como también los ahorradores de energía potenciales.

Con la ayuda de las fuentes renovables de energía podemos detener las acciones de los combustibles fósiles y nucleares en el suministro de energía mundial. Entonces podemos realizar una contribución indispensable y esencial a la protección de las bases naturales de la vida, a la protección de la atmósfera, al mejoramiento de la salud pública, al suministro autónomo de energía para todos los países, al desarrollo económico, a la conservación de los recursos y a la seguridad interna e internacional para todas las naciones. La ISEA promoverá la cooperación internacional y la paz.

2. La ISEA ayudará a cada país en lo concerniente a confirmar los espacios vacíos existentes entre Estados y las economías nacionales, y la construcción de una infraestructura independiente para el uso de las energías renovables, desde entrenamientos e investigaciones hasta la producción de componentes tecnológicos y la

construcción y operación de las instalaciones. Independientemente de la estructura básica de estas tareas, la ISEA en particular:

- Promueve y subvenciona investigaciones, desarrollo y aplicaciones prácticas de las fuentes renovables de energía, y el ahorro de las energías de los fósiles y la nuclear a nivel mundial.
 - Provee materiales y servicios, así como equipamiento y facilidades.
 - Agiliza el intercambio de científicos e información técnica en el estado del arte de las energías renovables y tecnologías energéticas eficientes, así como en la utilización práctica de dichas tecnologías.
 - Promueve el intercambio y entrenamiento de científicos, ingenieros y administradores que trabajan en estos campos.
 - Aconseja el financiamiento de los proyectos de energía solar.
 - Compra o construye las instalaciones y equipamiento necesarios para llevar a cabo los trabajos asignados a la Agencia.
 - Asesora a los países interesados en cómo construir sus propias líneas de producción para el uso de las tecnologías de energía renovable.
3. La ISEA debe, adicionalmente a su oficina principal, crear organizaciones regionales en África, Asia y América Latina. Los países en vías desarrollo, en particular, son los que deben tener un rápido y extensivo acceso al uso del Sol y de tecnologías eficientes. Esto facilitará el intercambio de experiencias y disminuirá la división Norte-Sur.
4. La ISEA debe ser financiada por las contribuciones de los Estados Miembros. Los aportes de los miembros serán proporcionales a su producto nacional bruto.
5. La ISEA deberá trabajar en estrecha colaboración con otras organizaciones especiales y subcomités de las Naciones Unidas (IDA, UNESCO, FAO, WHO, WMO, UNDP, UNIDO, UNCTAD, UNEP), así como también con el Banco Mundial y los bancos de desarrollo regionales. Deberá desarrollar proyectos conjuntos, supervisarlos y subvencionarlos en la introducción y el uso de las fuentes renovables de energía y el uso de opciones eficientes de energía en las redes de sus programas de agricultura, preservación de los bosques, ayuda exterior, protección ambiental y la promoción de

entrenamientos, ciencia y salud pública. Además, apreciamos profundamente la contribución de estas organizaciones de las Naciones Unidas, incluyendo sus esfuerzos en el campo de las energías renovables. Es necesario concentrar la transferencia de tecnologías y expertos en esta área, en una agencia, y activar la participación de todos los países interesados en un nivel focalizado de comunicación y promoción globales.

6. La ISEA deberá tomar esas tareas para la transferencia de tecnologías, como el uso de fuentes renovables de energía y el ahorro de las fuentes convencionales de energía, y realizar lo que la Agencia Internacional de la Energía Atómica (IAEA) ha desarrollado en el campo de la energía nuclear desde 1956. Lo que fue necesario para la energía nuclear en los años cincuenta y, consecuentemente, tender al establecimiento de una agencia internacional, es ahora más importante y más urgente para las energías solares.
7. La ISEA es la medida institucional que lógicamente sigue a numerosas recomendaciones por parte de comités internacionales y conferencias. Las conferencias del clima mundial desde 1979, el reporte de la Comisión Norte-Sur de 1980, «Norte-Sur: un programa para la sobrevivencia», el «Reporte de la Conferencia de las Naciones Unidas de nuevas y renovables fuentes de energía» desde 1981, el reporte de UNEP 1982 «El Medio Ambiente Mundial 1972-1982» y el reporte de 1987 «Nuestro futuro común» de la Comisión Mundial de Desarrollo y Medio Ambiente, todos estos llaman la atención sobre la necesidad urgente de incrementar rápidamente las acciones para el suministro de energía en el mundo, partiendo de fuentes renovables de energía. Aún no existen resultados prácticos a nivel global a partir de estas recomendaciones. La ISEA puede ser un medio para lograr la unión entre los conocimientos teóricos y las iniciativas políticas.
8. La ISEA es una institución que deberá trabajar también hacia las reformas de las Naciones Unidas, permitiéndole que desarrolle mejor sus crecientes tareas globales.

Los años ochenta fueron una década perdida para el desarrollo del Tercer Mundo y la preservación de las bases naturales de la vida. La Cumbre Norte-Sur de Cancún, en 1981, no fue apoyada por ninguna otra iniciativa. Actualmente, los comités de trabajo, apoyados por el primer ministro sueco Ingvar Carlsson, están preparando otra Cumbre Norte-Sur, que debe desarrollar un programa

de acción para los noventa. Teniendo en cuenta la importancia primordial de las energías renovables para la protección del ambiente global, la Agencia Internacional de Energía Solar, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, será un elemento crucial en esta cumbre.

VII.1. EXPOSICIÓN DE LOS ARGUMENTOS

1. Es internacionalmente reconocido que la preservación del ambiente, que está amenazado en todo el mundo, requiere de un incremento urgente de las acciones de las energías renovables en la provisión global de energía.

No hay dudas en los debates de los expertos internacionales, en que:

- La naturaleza provee un potencial de fuentes de energía renovable que puede satisfacer ampliamente la demanda de energía aunque crezca la población mundial.
- Existe una variedad de tecnologías prácticas disponibles para la utilización de la energía solar en general (involucrando la radiación solar principalmente, la energía de los vientos, la potencia del agua y la biomasa) y para usos pasivos del calor del Sol en los edificios.

No existen dudas en las discusiones internacionales con respecto a los puntos siguientes:

- El consumo continuado de los combustibles fósiles pone en serio peligro las bases naturales de la vida, especialmente a través de los daños causados por las emanaciones de gases que destruyen la capa de ozono. El consumo continuo de combustibles fósiles representa un gasto irresponsable de preciosas materias primas industriales a largo plazo, si los recursos fósiles del planeta se utilizan a corto plazo para la producción de energía.
- El uso de la energía nuclear también presenta serios riesgos y requiere de medidas de seguridad más comprensivas, tanto nacionales como internacionales. Estos requerimientos de seguridad aumentan en la medida en que la energía nuclear se utiliza más. Además, las dudas se han ido incrementando en los últimos años cuando se ha empleado la energía nuclear en el suministro de energía a los países en desarrollo, donde habita 75 % de la población. Allí las necesidades del suministro de energía son descentralizadas. La tecnología de la energía nuclear, en

contraste, es altamente centralizada y requiere de un desarrollo priorizado y una red de suministro costosa.

La conclusión es que las acciones de la energía solar en el suministro mundial de la energía pueden y deben ser rápidamente incrementadas. Esto se aplica en especial a los países en desarrollo, los cuales –con sus programas de redes para el desarrollo de la industria y la agricultura–, están obligados a tomar decisiones fundamentales en la opción de los portadores y las fuentes de energía. También los países en desarrollo están, en su mayoría, situados en regiones cálidas donde las condiciones para el uso de la energía solar son favorables, sin tener ellos aún acceso a las tecnologías necesarias.

2. Existen, sin embargo, dudas sobre las posibilidades prácticas de utilización de la energía solar. A pesar del hecho de que su utilización se está haciendo cada vez más competitiva, las dudas acerca de su uso práctico a mediano y corto plazos han crecido actualmente en algunos aspectos. La Conferencia Mundial de la Energía de 1983, por ejemplo, consideró que se podría lograr 6 % del suministro mundial de energía para el 2020 con las acciones de las fuentes renovables de energía como un resultado real, aunque en 1989 se redujeron estas expectativas a sólo 1,5 a 3 %.

Al mismo tiempo, la Conferencia Mundial de Energía ha reducido también sus expectativas con respecto a las acciones de la energía nuclear, de 10 % en 1983 a 8 % en 1989. Esto se debe, fundamentalmente, al hecho de que aún la Conferencia Mundial de Energía –la que es, después de todo, en cierta medida sostenida por los productores de energía nuclear–, no piensa que las condiciones estructurales en el Tercer Mundo sean favorables para la introducción de la energía nuclear. Esto se halla en claro contraste con las expectativas que se tenían en la formación de la IAEA en los años cincuenta y que se mantuvieron en las décadas posteriores. No obstante, la IAEA tiene muchos países en desarrollo entre sus miembros, los que ayudan a financiar esta agencia con sus contribuciones (ver el punto 7 de este anexo).

3. Una Agencia Internacional de Energía Solar puede ayudar a despejar las dudas que obstruyen la rápida expansión del uso de la energía renovable. Estas dudas se expresan en los párrafos siguientes:

- a) Nadie niega que existen diferentes maneras de utilización de la energía renovable para la generación de electricidad, tales

como en plantas fotovoltaicas y solares térmicas, o en estaciones de potencia alimentadas por el viento, el agua o la biomasa. Ahora este suministro de energía está sujeto a variaciones diurnas y estacionales que no corresponden a los niveles respectivos de demanda. Más aún, los requerimientos de la energía no se restringen a la electricidad, incluyen combustibles y calor. Desde que el énfasis principal en la utilización de la energía solar es, con excepción de la biomasa, la generación de electricidad, y las tecnologías para su almacenamiento –proveer sólo capacidades a corto término con un costo muy alto–, las potencialidades de la energía renovable son consideradas por muchos expertos como muy limitadas.

- b) Desde el punto de vista económico, la utilización de energía renovable no se considera viable, aun a largo plazo. Aquí hay que argumentar que el costo de las tecnologías para el uso de la energía renovable es muy alto, las que necesitarán aún de un largo período de preparación.

Una de las razones por las cuales nosotros no compartimos estos puntos de vista escépticos es que muchas veces no se tienen en cuenta las oportunidades ya disponibles en las tecnologías corrientes de las fuentes renovables de energía:

- El argumento de que la electricidad generada por las fuentes renovables de energía no tiene una adecuada capacidad de almacenamiento se rebate diciendo que esta electricidad se puede entregar a los sistemas de suministros existentes y entonces comenzar a remplazar convencionalmente la electricidad generada. En este caso, las plantas de potencias convencionales en unión de la red de suministro toman la función de almacenamiento. Incidentalmente, el problema de la variación en el suministro asociado con la radiación solar, o con la fuerza del viento, no alcanza al caso de la biomasa. Ahora, las técnicas modernas de almacenamiento (baterías, metal con más elementos electropositivos, hidrógeno y celdas combustibles) aún requieren de más esfuerzos de investigación y desarrollo.
- El argumento de que los costos son muy elevados, que básicamente se refiere a los costos de instalación, sólo es correcto en parte, y en algunos casos ya no es válido. Se puede demostrar que una variedad de tecnologías de energía solar –tales como en el campo del uso pasivo y activo de las

fuentes solares en los nuevos edificios y para el suministro de agua caliente—, son competitivos o un poco más baratos que los métodos convencionales.

Hay más ejemplos que nos muestran que:

- La fuerza del agua puede ser utilizada a gran escala y con costos bajos, aún en plantas pequeñas.
- La fuerza del viento y la biomasa, si se utilizan sin la red apropiada de modelos de suministro de la energía, son sólo un poco más costosos que la generación de electricidad basada en los recursos fósiles o nucleares.
- La generación de electricidad como energía solar térmica es ya económicamente viable en regiones climáticas apropiadas, aún en plantas de potencia de 100 MW y superiores.
- Las casas pueden ser construidas para usar energía solar activa y pasiva de forma que sólo requieran de una pequeña cantidad de energía adicional. Con costos adicionales aceptables.
- Con «conceptos de isla», que ahorran sistemas de suministro de energía y costos de red, la energía solar en los países del Sur no tiene ya en muchos casos costosas desventajas, incluso si se utiliza la tecnología fotovoltaica. Esto es particularmente importante para los programas de desarrollo en los cuales el suministro de energía debe ser llevado a cabo en unidades funcionales que se encuentran muy lejos unas de otras.
- Algunas tecnologías individuales que utilizan la energía solar (como los vehículos de transporte privado locales) son en la actualidad prácticas y viables.

4. Los ejemplos señalados anteriormente muestran cómo se pueden unir las opciones utilizadas en la tecnología solar. Los argumentos se hacen más fuertes si se presta atención política y económica a los cuatro puntos cruciales siguientes:

- Los costos sociales y ambientales se deben incluir en las perspectivas económicas aún a mediano y largo plazos, porque toda actividad económica es principio dependiente de un ambiente intacto para asegurar la salud de la humanidad y la disponibilidad continua de materias primas. Si se utiliza de forma sensible, la energía solar involucra los menores costos sociales y no produce daños globales reversibles. La mayoría de estos factores se toman en consideración y el

más fuerte es la necesidad económica contemporánea de la introducción de la energía solar.

- El uso de la energía solar incrementa las oportunidades para un aprovisionamiento autónomo de energía para cada país. Esto permite alcanzar una mayor independencia en todos los órdenes, sobre todo para los países del Sur, principalmente los que se encuentran en vías de desarrollo. La energía solar puede devenir un importante factor de exportación en etapas posteriores. El Tercer Mundo puede devenir socio en una nueva y atractiva división internacional de la actividad económica.
 - La eficiencia de los costos de la energía solar mejorará en la medida en que se logre agilizar la producción en serie de la tecnología solar. El círculo vicioso de «no mercado-instalaciones costosas e instalaciones costosas-no mercado» se puede romper mediante políticas controladas e intervenciones financiadas para la producción en serie. Con la reducción de costos, un mercado puede así al mismo tiempo abrir un gran mercado privado, hasta que se alcance el punto donde el incentivo del mercado público pueda ser dispensado. La dinámica del desarrollo económico no debe ser despreciada cuando se tome en consideración la energía solar desde un punto de vista económico.
 - La dinámica del desarrollo económico de las tecnologías de la energía solar y las drásticas condiciones para una mayor eficiencia global en la protección del ambiente, la cual se puede alcanzar, no deja lugar a dudas de que las tecnologías solares son el factor clave en un nuevo ciclo de producción industrial en armonía muy próxima con el ambiente natural. El ahorro de los combustibles fósiles de gran valor, la preservación resultante de la naturaleza y los recursos, el mejoramiento de los niveles de salud y los reducidos riesgos técnicos, todos como resultado de la creación de nuevas y completas líneas de producción para las tecnologías solares. Esto involucra una demanda masiva para toda la población mundial, señala la oportunidad de una nueva orientación ambiental de la política industrial, creadora de muchos nuevos empleos.
5. El obstáculo económico es obviamente temporal. En vista de los daños globales al ambiente, y con el mayor desarrollo de los esfuerzos políticos, se tendrá que superar rápidamente este obstáculo. En este contexto, nosotros no podemos ignorar los factores siguientes:

- La base de evaluación sobre la cual se toman las decisiones económicas y políticas en materia de energía es demasiado estrecha y tendenciosa. La evaluación convencional considera el costo de los recursos energéticos, los costos de conversión y transporte al interior de las estructuras agrícolas existentes, planificación urbana, sistemas de transporte y producción industrial. Una evaluación más amplia, basada en una estructura básica de planeamiento, necesita incluir evaluaciones y objetivos que tengan en cuenta la economía, la agricultura, la política de transporte, el planeamiento urbano, así como el desarrollo de una política de ayuda, de intercambio internacional y que concierna al medio ambiente en general,
- Existe un sustancial déficit de información. Además, hay poca vinculación entre investigación y desarrollo por una parte, y potenciales productores y usuarios por otra.
- Existen grandes relaciones a largo plazo entre países en términos de investigación, desarrollo y uso de la energía solar. Éste es el caso entre los países altamente desarrollados. Las disparidades entre esos países y los miembros del CAME, y el Tercer Mundo, son aún mayores.

Entre 1977 y 1987, los países altamente desarrollados gastaron alrededor de diez mil millones de dólares en investigación, desarrollo y pruebas de las energías renovables, mientras que en el resto del mundo sólo se gastó un décimo de esta cantidad para los mismos propósitos. De los países desarrollados, sólo la República Federal de Alemania, Japón y los Estados Unidos gastan corrientemente más de cien millones de dólares en investigación y desarrollo (I+D) del uso de la energía solar. Todos los demás países están muy por debajo de este nivel. En diciembre de 1989, el Parlamento Europeo decidió que la Comunidad Europea alcanzara en gastos de I+D de energías renovables el mismo nivel que el empleado en la fisión nuclear, que ha sido el punto de atención principal desde hace mucho tiempo. Al mismo tiempo, se puede observar que las mayores compañías de alta tecnología de Alemania y Japón han estado intensificando recientemente sus I+D en las energías renovables. Como una consecuencia, la diferencia en el desarrollo existente entre los países en estos campos se ha hecho aún mayor.

6. Sin embargo, en principio cada país debe comenzar a utilizar las tecnologías de energía solar y, entonces, podrá tener a su disposición experiencias propias en términos de aplicación, investiga-

ción y producción. Es, por tanto, necesario que cada nación en la comunidad mundial, inmediatamente, considere:

- Crear o mantener centros de I+D.
- Hacer pruebas y otras facilidades de demostración para todo el rango de tecnologías solares, siendo capaz de mantenerse acorde con el desarrollo tecnológico a su disposición.
- Promover el entrenamiento de científicos y especialistas, así como diseminar la información general para mejorar las bases para la producción independiente y el uso de las energías renovables y tecnologías eficientes.
- Introducir las tecnologías de energías renovables tan pronto como sea posible.

En la coyuntura actual hay un requerimiento global importante en las políticas económica y ambiental para hacer un puente entre las disparidades existentes en el desarrollo y reducir los déficit de información. El objetivo de la conservación ambiental por medio de las energías renovables es una carrera contra el tiempo, en la cual la velocidad de destrucción del ambiente se ha acelerado en vez de disminuir. Para asegurar el acceso extensivo a las tecnologías para el uso de la energía solar, la cooperación internacional es imprescindible en esta hora. Esta cooperación debe ser asegurada y desarrollada por la ISEA.

7. Un fuerte argumento a favor del establecimiento de la ISEA es la existencia de la IAEA.

Esta agencia, que está asociada con las Naciones Unidas y tiene su sede principal en Viena, fue fundada en 1956 y ahora tiene una plantilla de 2 200 miembros y un presupuesto de 168 000 000 dólares para 1991. La IAEA ha contribuido de manera considerable al desarrollo y al presente estado de la energía nuclear.

Es evidente que la ISEA puede aprender de la IAEA, en muchos aspectos: cómo construir una organización y cómo acelerar la transferencia del *know-how* y la cooperación técnica con los Estados Miembros.

La IAEA no puede ser considerada simplemente como una institución promotora para la expansión de la energía nuclear. Una de las mayores razones para su establecimiento fue advertir el daño de las guerras nucleares mediante la construcción de un sistema de salvaguardia. En su presupuesto de 1991, 57 000 000 estaban destinados a estas actividades. Otra cifra de 24 000 000 era para la aplicación de las técnicas nucleares no energéticas en alimentos y

agricultura, medicina nuclear, control industrial, hidrología y ciencias de la tierra e investigaciones científicas básicas; 62 000 000 se usarían para la dirección y el soporte, especialmente para la cooperación técnica con los Estados Miembros, y 10 000 000 para la seguridad nuclear y la protección contra las radiaciones. Sólo 15 000 000 son directamente usados para la promoción de la energía nuclear en los Estados Miembros.

Actualmente, sólo 31 de los 113 Estados Miembros de la IAEA tienen plantas de energía nuclear en funcionamiento. Los otros 82, muchos de ellos países en vías de desarrollo, están interesados sobre todo en las aplicaciones no energéticas de las técnicas nucleares. Muchos de ellos no consideran construir capacidades técnicas de energía nuclear.

En el caso de la IAEA la situación podría ser bien diferente: casi todos los países industrializados ya han expresado su interés en desarrollar la energía solar y es muy probable que lo haga también la mayoría de los países en vías de desarrollo. Muchos de ellos han comenzado ya a trabajar, por supuesto, frecuentemente a niveles muy modestos. Se debe enfatizar que existen razones, en la mayoría de los países en desarrollo, para no utilizar la energía nuclear. La ausencia de personal bien entrenado puede aumentar los riesgos de seguridad. Además, las formas descentralizadas de aprovisionamiento de energía pueden ser más adecuadas para estos países debido a la ausencia de la infraestructura para el transporte de la energía.

La energía solar mediante sistemas fotovoltaicos es en este momento económica para el suministro de electricidad en las áreas remotas, que están distantes de las redes de distribución eléctricas. La energía solar está mucho más cercana a ser económica en el campo de las aplicaciones de calor, por ejemplo, el procesamiento de calor, calentamiento y quizás también el enfriamiento de las habitaciones, cocina, secado, desalinización, etcétera.

El argumento que pudiera ser esgrimido es que la energía solar, incluyendo todas las energías renovables creadas (se excluye la potencia hidráulica), no contribuye en más de 0,3 % del consumo mundial de energía en la actualidad. Pero no se debe olvidar que en 1956, cuando la IAEA fue creada, la contribución de la energía nuclear era prácticamente cero. En 1960 alcanzó 0,15 % de la generación de electricidad mundial. Treinta años después suministra 17 % de la energía eléctrica mundial y 5 % de la energía primaria. Aún con un gran pesimismo y escepticismo hay que ad-

mitir que estas cifras pueden ser superadas en los próximos treinta años en lo concerniente a la energía solar.

8. El establecimiento de la ISEA puede ser un paso hacia las reformas de las Naciones Unidas que les permita hacer justicia a la importancia de su crecimiento en la solución de los urgentes problemas de la humanidad. Nuevos desafíos globales, tales como el uso acelerado de las energías renovables, requieren de nuevas responsabilidades institucionalizadas. No es recomendable asignar los deberes que en este memorándum se le asignan a la ISEA, a los subcomités existentes y a las agencias internacionales al tope de sus tareas. Sin embargo, sería necesario que la ISEA, de acuerdo con sus deberes especiales, trabaje en conjunto con la FAO, UNEP, PNUD, IAEA, UNESCO, el Banco Mundial y las organizaciones no gubernamentales. Es igualmente necesario que las experiencias en la transferencia de la energía solar sean coordinadas sistemáticamente por una agencia especializada. Esto hace la cooperación internacional más sencilla y optimiza la capacidad de las otras organizaciones de las Naciones Unidas de incluir la energía solar en sus programas.

No sería recomendable asignar las tareas del desarrollo de la energía solar a la IAEA. La energía solar requiere de expertos bien diferentes de aquellos que trabajan en la energía nuclear y está basada en fundamentaciones científicas diferentes, así como también en distintos procedimientos de introducción y producción. Al contrario de las bases científicas de la energía nuclear, la física de alta energía, la energía solar involucra a la termodinámica, la física del estado sólido y la química-física. La energía nuclear demanda una tecnología nuclear altamente especializada, la cual aún después de cuatro décadas sólo unos pocos países la poseen, cuando una gran variedad de tecnologías para el uso de las energías renovables se pueden acomodar más fácilmente a los sistemas de producción existentes y, adicionalmente, proveen una gran oportunidad para un desarrollo económico extensivo y diverso.

Por el contrario, la energía nuclear apunta a una forma centralizada de suministro de energía que al mismo tiempo, por razones de seguridad, no puede ser integrado a toda la economía; la energía solar apunta a formas descentralizadas de suministros de energía que involucran el potencial particular de adaptación de los procesos naturales y su integración en el ciclo económico, también en las estructuras temporales y de servicios.

Sin embargo, es muy razonable la utilización de experiencias organizativas y administrativas disponibles en la IAEA.

En principio, la tendencia creciente de las autoridades internacionales de asignar cada vez mayor cantidad de tareas a los subcomités existentes se debe revertir, ya que esto sólo tiende a acrecentar las fricciones administrativas. Lo que se necesita es una agencia internacional especializada en energías renovables que esté vinculada en red a los subcomités de las Naciones Unidas, los gobiernos nacionales y las instituciones de investigación y desarrollo solares, así como también a las organizaciones no gubernamentales.

9. Desde el comienzo de los años ochenta, las Naciones Unidas y otros organismos internacionales han llamado repetidamente a incrementar los esfuerzos en lo concerniente al uso de las energías renovables para promover la preservación del ambiente y la conservación de los recursos, así como también el desarrollo económico independiente de los países en desarrollo.

En 1980 la Comisión Norte-Sur estableció, en su informe «Norte-Sur: Un programa para la supervivencia», que las «soluciones a largo plazo caen en el desarrollo de alternativas y de fuentes renovables de energía; pero las dificultades a corto plazo son agudas. Ambas requieren de nada menos que una estrategia global de energía». El informe llegó a la conclusión de que la humanidad «debe confiar en fuentes de energía que no desaparezcan, solar en el sentido amplio, que incluya la biomasa, el viento y las mareas». Para poder desarrollar tecnologías a bajo costo «es necesaria la investigación a gran escala».

En 1981, las Naciones Unidas organizaron la Conferencia de Fuentes de Energía Nuevas y Renovables, en Nairobi. Fundamental para esta conferencia fue la Resolución 33/148 de las Naciones Unidas, del 20 de diciembre de 1978, que lanzó el objetivo de preparar medidas de acciones conjuntas para promover el desarrollo y el uso de fuentes de energías nuevas y renovables para asegurar las necesidades totales futuras de energía, particularmente aquellas de los países en desarrollo.

La Conferencia adoptó el Programa de Nairobi de acciones para el desarrollo y utilización de fuentes de energía nuevas y renovables. Las medidas recomendadas se refieren a:

- Investigación, desarrollo y demostración.
- Transferencia, adaptación y aplicación de tecnologías probadas.
- Intercambios de información y entrenamientos.

Especial énfasis se puso en el hasta el momento gran potencial no explotado de la energía hidráulica y en el potencial de tecnologías solares individuales, generadores pequeños de energía eólica, y las instalaciones de combustible biológico.

En 1982 se publicó el informe del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP), «El ambiente mundial 1972-1982». Este informe hacía referencia a estudios científicos de acuerdo con los cuales es «concebible y posible» que el suministro de toda la energía de la humanidad se pudiera encontrar en la energía de las fuentes renovables, pero establecía que los mayores problemas serían los costos, que no podrían ser bajados hasta que una masiva demanda creciente movilizara las fuerzas del mercado.

En 1987 la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo publicó su informe «Nuestro futuro común». La comisión era de la opinión que cualquier paso posible se debería tomar para desarrollar el potencial de la energía renovable, el cual debería formar las bases de la estructura energética global en el próximo siglo. Se necesitarían de muchos más esfuerzos mancomunados para realizar este potencial. El informe destacaba los altos costos de estos esfuerzos y establecía que en los países en desarrollo se debería pagar una pequeña porción, debido a su situación en términos de recursos, además de que ellos podrían devenir importantes consumidores y posiblemente aun exportadores. Se necesitarían financiamientos comprensivos y asistencia técnica.

10. Una de las causas más cruciales de las discrepancias entre el conocimiento internacional y las iniciativas prácticas es que no se han creado aún las instituciones apropiadas en la cantidad requerida. El establecimiento de una respuesta institucional se recomendó por la Comisión Norte-Sur, en 1980. El informe establecía: «Nosotros recomendamos el establecimiento de un centro global de investigación energética bajo los auspicios de las Naciones Unidas que podría, en primer lugar, proveer un enfoque para la investigación, información y proyecciones. Un centro de este tipo podría solventar investigaciones particulares en el campo de las fuentes renovables de energía».

La Conferencia de las Naciones Unidas en Nairobi también estuvo de acuerdo con la implantación de medidas institucionales. En la conferencia los países en desarrollo llamaron al establecimiento

de una nueva autoridad. Esto también fue refutado por los otros participantes, así como la demanda de introducir obligaciones financieras específicas por parte de los países industrializados para crear fondos adicionales para las Organizaciones de las Naciones Unidas disponibles.

La negativa a la apelación para establecer una nueva autoridad ha demostrado ser un gran error. Es imposible tomar medidas internacionales para explotar el potencial proveniente de las energías renovables sin una agencia especializada de las Naciones Unidas. Como no existe una autoridad de este tipo, desde el comienzo de los años ochenta las disparidades en el desarrollo tecnológico han aumentado en vez de disminuir. En términos de una estrategia global para el aprovisionamiento de energía por medio de fuentes de energía solar se ha perdido una década. Es tiempo ya de extraer una conclusión positiva de todas estas experiencias negativas y crear la Agencia Internacional de Energía Solar (ISEA) sin más demoras. La ISEA puede ser al mismo tiempo un elemento de reforma de las Naciones Unidas, permitiéndole desarrollar su misión más importante, la del aseguramiento de la supervivencia de la humanidad.

VII.2. CRITERIOS PARA LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA ISEA

1. La agencia requiere de una estructura eficiente para la toma de decisiones que sea capaz de responder rápidamente a las demandas que se le realicen. El Consejo debe ser elegido por la Asamblea General de las Naciones Unidas y consistirá en representaciones de no más de 20 naciones miembros. Cada una de las siguientes deberá representar una mitad del Consejo:

- Naciones industrializadas con grandes experiencias en el área de las energías renovables y que especialmente puedan transferir el *know how* tecnológico.
 - Países en vías de desarrollo que puedan articular sus necesidades más urgentes a la agencia.
2. Más estructuras de consulta institucionalizadas se deben evitar para prevenir la paralización de la agencia con una gran cantidad de comunicaciones formales.
3. Las responsabilidades se deben delegar claramente para evitar el solapamiento de jurisdicciones.

4. Cooperación y proyectos conjuntos con organizaciones especiales y suborganizaciones de las Naciones Unidas se desarrollarán sin que la estructura básica del programa se institucionalice.
5. La supervisión de las finanzas y la evaluación de los proyectos son necesarias para garantizar la efectiva autoasesoría del trabajo de la agencia.

ANEXO VIII

Tratado sobre la utilización de fuentes renovables de energía y el uso eficiente de la energía (Tratado de Proliferación Solar)

(The Yearbook of Renewable Energies, 1994).

En la Cumbre Mundial del Sol, desarrollada en París del 5 al 9 de julio de 1993, la Asociación Europea de Energía Solar, Eurosolar, inició este Tratado de Proliferación Solar, basado en su propia representación. La versión publicada aquí ha sido elaborada durante la Conferencia por un grupo de expertos de alto nivel (Abdallah, Dueñas, Farinelli, Johansson, Mobarak, Pachauri, Scheer) y fue escrita por Marta Dueñas. Este Tratado de Proliferación Solar, unido con la propuesta de Eurosolar para el establecimiento de la ISEA (*Libro Anual*, vol. I, 1992), se le entregará al Secretario General de las Naciones Unidas.

PREÁMBULO

Nosotros los Estados abajo firmantes, las Partes de este Tratado,

Reconociendo que la población del Planeta, representada por nuestros Estados, tiene una biosfera común que no conoce límites y parte del deber de proteger y preservar el medio ambiente para las futuras generaciones,

Convencidos de que la energía se produce y consume en formas que no se pueden sostener,

Entendiendo claramente que un incremento del servicio de suministro de energía es esencial para el crecimiento socioeconómico,

Reconocemos que uno de los instrumentos para la promoción del desarrollo sostenible es reducir los efectos adversos del sector energético,

Observamos que la energía, relacionada con los problemas del medio ambiente, especialmente con respecto a la contaminación del aire en el interior del sector residencial, contaminación urbana del aire, la acidificación, los cambios climáticos, así como la degradación de la tierra,

requieren acciones inmediatas y fuertes por parte de la comunidad internacional,

Convencidos de que los sistemas de suministro de energía compatibles con el desarrollo sostenible son esenciales para la preservación de la paz,

Teniendo en cuenta el hecho de que una distribución más amplia y accesible de las fuentes renovables de energía pueden constituir una acción más significativa del suministro mundial de energía, en forma compatible con un mundo sostenible,

Observando la existencia de grandes oportunidades para mejorar la eficiencia energética, en todos los países, esto es obtener servicios energéticos con un menor consumo de energía que los usados en la actualidad,

Enfatizando la importancia de un desarrollo continuo y la aplicación de tecnologías de energía renovable y mejorar la eficiencia energética al tener en consideración, entre otras cosas: extender el suministro de energía, la importancia de la interrelación existente entre el desarrollo social global, el crecimiento económico, el medio ambiente y en lo concerniente a la seguridad,

Considerando que acelerar la oportunidad para desarrollar un sistema de suministro de energía compatible con un mundo sostenible, basado en fuentes de energía renovable y el uso eficiente de la energía, requerirá de cambios fundamentales estructurales, económicos e institucionales en los países industrializados y los que están en desarrollo, ninguno de los cuales se puede alcanzar sin fuerte deseo político, cooperación internacional e implicaciones activas públicas y privadas,

Reconociendo la importancia de promover la cooperación internacional en la investigación y desarrollo, y la transferencia de tecnologías relativas a las fuentes renovables de energía y el uso eficiente de la energía, teniendo en cuenta particularmente las necesidades de los países en desarrollo en la construcción de una capacidad interior, servicios de energía rural de uso final y los requerimientos de salud; considerando además que el adoptar una aproximación a largo plazo es vital para el desarrollo de la física, así como la política y la infraestructura institucional necesarias para utilizar las fuentes de energía renovable y el aumento de la eficiencia energética,

Considerando además que la implementación de esta aproximación requerirá de políticas de construcción, de fundación y de transición,

Considerando además la necesidad de promover e intensificar la cooperación internacional y la confianza, y la reducción de las desigualdades económicas globales,

Reconociendo la necesidad de fortalecer y extender el régimen internacional de prevención de la proliferación internacional de las armas atómicas y hacia la preservación de la viabilidad a largo plazo del Tratado de No Proliferación, ofreciendo a los Estados fuentes de energía renovables independientes y seguras,

Observando las experiencias obtenidas del Tratado de No Proliferación Nuclear, del 1º de julio de 1970,

Hemos acordado, en concordancia con las metas básicas comprendidos en la Agenda 21 para el desarrollo y crecimiento socioeconómico sostenible a largo plazo, y la preservación del medio ambiente en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo y Medio Ambiente realizada en Río de Janeiro en junio de 1992, los siguientes artículos:

ARTÍCULO I

Definiciones

1. «El Tratado» significa todas las consideraciones realizadas en el Preámbulo y los trece artículos contenidos en este documento: «Tratado para la Utilización de las Fuentes de Energía Renovables y el Uso Eficiente de la Energía».
2. «Los Estados abajo firmantes», a menos que el texto indique algo diferente, significan todos los Estados Miembros que firmen y ratifiquen el Tratado de Utilización de Fuentes de Energía Renovables y el Uso Eficiente de la Energía.
3. «Las Partes», a menos que el texto indique algo diferente, significan todos los Estados signatarios y las otras Partes Miembros de la Agencia Internacional de Energía Solar, como está contenido en el párrafo dos, Artículo V del Tratado.
4. «Fuentes renovables de energía» se refieren a los conocidos y asumidos, naturalmente, recursos de energía renovables continuamente que son además de valor económico o que, por su valor económico, puede ser asumida su realización en un futuro próximo.
5. «Energía de uso final» se refiere a la conversión final de la energía en el servicio energético deseado.
6. «Servicio energético» se refiere al servicio obtenido a través del uso de la energía, por ejemplo: comida cocinada, climatización casera confortable, almacenes refrigerados, iluminación, transporte, etc. O cuando el servicio es un producto, por ejemplo, un kilogramo de acero.

7. «Uso específico de la energía» se refiere a la energía utilizada por unidad de un servicio energético; por ejemplo, en el caso de la refrigeración, kilowatt-hora por litro de volumen refrigerado por año, y en el caso de espacios calentados, por ejemplo, kilowatt-hora por metro cuadrado de superficies calentadas por año.
8. «Tecnologías energéticas eficientes» se refiere a las tecnologías que utilizan la energía de una manera más eficiente en comparación con otras tecnologías que realizan el mismo servicio energético.
9. «Sector energético» se refiere al sector de las actividades económicas que tienen relación con la extracción, refinación, conversión y transporte de los recursos energéticos en forma de diferentes portadores energéticos al punto de uso final.
10. Otros términos utilizados en el presente Tratado que no se han especificado en el listado deberán ser entendidos de acuerdo con las convenciones de las Naciones Unidas, y los tratados sobre la forma de conducta con la capa de ozono, los cambios climáticos, desarrollo y medio ambiente, y los documentos específicos pertenecientes a la materia de este Tratado, así como a la literatura científica general dirigida a las tecnologías y fuentes de energía renovables para su utilización y uso eficiente de la energía, y de las tecnologías para mejorar la eficiencia energética.

ARTÍCULO II

Acuerdos nacionales

Las Partes de este tratado acuerdan, en las áreas bajo su jurisdicción:

1. Adoptar e implementar un programa de acción nacional para el desarrollo y utilización de las fuentes renovables de energía y la eficiencia energética, con una estructura básica de estrategias y políticas para la transición hacia sistemas de energía compatibles con el desarrollo sostenible.
2. Establecer metas a alcanzar para las contribuciones de las diferentes fuentes de energía renovable a su suministro energético. Estas metas deben estar unidas a los objetivos del medio ambiente, así como a los del desarrollo social y a los del crecimiento económico.
3. Establecer y fortalecer arreglos institucionales que faciliten la implementación del programa nacional. A las instituciones gubernamentales apropiadas se les debe dar el mandato de promover la

- utilización de las fuentes renovables de energía y la eficiencia energética a través de programas de educación, entrenamiento e información; coordinación de la política y el planeamiento de la relación energía-medio ambiente; e investigación, desarrollo y demostración.
4. Extender los mercados para la aplicación de la energía renovable mediante la adopción de una nueva regulación y legislación fiscal, las cuales *inter alia* aseguren que todos los costos y beneficios (ambientales, sociales, etc.), son incluidos en el precio del mercado y en las comparaciones económicas de las opciones de inversión del sector energético público y privado, y en las políticas de obtención públicas.
 5. Incremento sustancial de los fondos públicos destinados a investigaciones, desarrollo y demostración en el área de las fuentes de energía renovable y el uso eficiente de la energía.
 6. Asegurar que parte de las inversiones energéticas públicas centren su atención en la investigación, el desarrollo, las demostraciones y el entrenamiento relacionado con las fuentes renovables de energía y la eficiencia energética sea conmensurable con su potencial de alcanzar sus necesidades nacionales de energía y sus responsabilidades globales.
 7. Asegurar que las fuentes renovables de energía no son discriminadas en los mercados energéticos domésticos por medio del subsidio directo o indirecto de otras fuentes de energía, y que los productores pequeños o independientes no son discriminados por las utilidades o la negación de su acceso a los sistemas de transmisión y distribución.
 8. Establecer e implementar procedimientos para la grabación de datos estadísticos de las aplicaciones de la energía renovable y el uso específico de la energía en cada país. Estos datos deben ser recogidos de forma armónica, de manera que puedan ser utilizables a niveles internacionales.
 9. Informar de sus programas nacionales de acción para promover las fuentes renovables de energía y mejorar la eficiencia energética, para poder facilitar un diálogo internacional.

ARTÍCULO III

Acuerdos internacionales

Las Partes de este Tratado están de acuerdo en trabajar de conjunto de forma activa en la comunidad internacional para:

1. Promover la rápida implementación de sistemas basados en las fuentes renovables de energía y el uso eficiente de la energía, especialmente en los países industrializados debido al uso dominante de los combustibles fósiles, para reducir las emisiones dañinas al medio ambiente.
2. Cada Parte deberá evitar la exportación, a ningún Estado, Parte o no de este Tratado, de tecnologías energéticas obsoletas, como similarmente cada Parte deberá frenar el suministro de nuevos subsidios, ayudas, créditos, garantías o programas de aseguración para la exportación de tecnologías de suministro de energía no renovable o tecnologías energéticas ineficientes.
3. Reestructurar el consumo del sector energético de manera que las fuentes renovables de energía y las tecnologías para su utilización, unidas al mejoramiento de la eficiencia energética, se les den la primera prioridad como instrumentos para el desarrollo sostenible.
4. Promover el incremento de fondos, *inter alia*, de recursos financieros nuevos y adicionales, para soportar los programas de acción nacional de las fuentes renovables de energía y la eficiencia energética, en particular en los países en desarrollo.
5. Preparar y diseminar los estudios de nuevos desarrollos tecnológicos, técnicas y estrategias para la identificación, localización y evaluación de las fuentes renovables de energía.
6. Destinar un mínimo de 25 % de todos los fondos de ayuda de las agencias bilaterales, multilaterales e internacionales, para la viabilización de los proyectos de energía renovable (en adición a la energía hidráulica a gran escala), y la eficiencia energética. Lo mismo se debe aplicar a préstamos con intereses, créditos, garantías o programas de aseguramiento de los bancos de desarrollo internacionales u otros mecanismos financieros internacionales para facilitar el uso de tecnologías de energía renovable, particularmente en los países en desarrollo. Este porcentaje deberá aumentar en la medida que pase el tiempo.
7. Coordinar las actividades internacionales dedicadas a la promoción de la utilización de las fuentes renovables de energía y el mejoramiento de la eficiencia energética.
8. Soportar las medidas y evaluaciones detalladas de los recursos eólicos, solares, biomasa y geotérmicos en los países en desarrollo.
9. Pedir al Secretario General de las Naciones Unidas y del Sistema de Naciones Unidas que apoye y contribuya a la implementación de los objetivos de este Tratado.

ARTÍCULO IV**Transferencia de tecnologías**

Las Partes de este Tratado están de acuerdo con:

1. Trabajar con vistas a que la identificación e implementación de las fuentes renovables de energía y el mejoramiento de la eficiencia energética en cualquier país se realice sobre la base de su cultura y sus metas socioeconómicas y poblacionales, así como de la disponibilidad de los recursos humanos y naturales.
2. Promover la rápida y efectiva transferencia de tecnologías medio-ambientales-sonoras para la utilización de las fuentes renovables de energía y el mejoramiento de la eficiencia energética entre todos los países en general y, en particular, en términos favorables y reconocidos a los países en desarrollo.
3. Tomar acciones para facilitar la adaptación de tecnologías disponibles corrientemente a las condiciones específicas de las diferentes Partes, para promover la existencia y entrenamiento de una opinión experta interna, y de la infraestructura necesaria para habilitar la implementación de programas de energía renovable; y para facilitar la producción local de tecnologías de energía renovable y tecnologías de eficiencia energética en general, para alcanzar la independencia nacional, incrementar el progreso humano y, en particular, ayudar a los más pobres a salir del círculo vicioso de miseria y marginalización.
4. Un acuerdo mutuo de cada Parte con este Tratado para una cooperación total con las otras Partes en accionar las experiencias que son de dominio público, y en permitir el libre acceso y el uso de la información, con respecto al conocimiento técnico, administrativo, legislativo, institucional y regulatorio en el uso de las fuentes renovables de energía y en el mejoramiento de la eficiencia energética.
5. La preparación de planes de trabajo para implementar las diferentes etapas de transferencia de tecnologías se deben considerar como parte de la agenda de la primera Conferencia de las Partes. Estos planes de trabajo deberán prestar especial atención a las necesidades y circunstancias de los países en desarrollo en particular, y a los Estados del centro y el este europeos. A las organizaciones no gubernamentales, organizaciones regionales, se les debe apoyar para que participen en actividades específicas de esos planes de trabajo.

ARTÍCULO V**La Agencia Internacional de Energías Renovables
y la eficiencia energética de uso final
(La Agencia Internacional de Energía Solar)**

1. Cada Estado Miembro de este Tratado es un Estado Miembro de la Agencia Internacional de las Energías Renovables y de la Eficiencia Energética de Uso Final.
2. Los Miembros de la Agencia son los Estados signatarios del Tratado, el sistema de Naciones Unidas y sus agencias, y las organizaciones no gubernamentales involucradas activamente en la promoción y utilización de las fuentes renovables de energía que han solicitado su membresía y han sido recomendadas por la Conferencia de las Partes y por el Consejo Gobernativo de la Agencia.
3. A los Estados no miembros y las otras organizaciones les puede ser concedido un *status* de observadores temporales si la Conferencia de las Partes considera apropiado una participación de este tipo y con la aceptación del Consejo Gobernativo de la Agencia. Con este fin la Conferencia de las Partes deberá preparar los artículos pertinentes que regulen este *status* temporal de acuerdo con el espíritu del Tratado.
4. La Agencia deberá tener como sus objetivos principales:
 - a) Promover el incremento en todo el planeta de la utilización de las fuentes renovables de energía.
 - b) Promover el uso de tecnologías energéticas más eficientes, especialmente en el punto de la energía de uso final.
 - c) Soportar los esfuerzos de los Estados Miembros como se especifica en los Artículos II y III de este Tratado.
 - d) Soportar la transferencia de tecnologías de acuerdo con el Artículo IV de este Tratado.
 - e) Recoger de las Partes y procesar los datos estadísticos del uso de las tecnologías de energías renovables y de los programas de eficiencia energética, así como cualquier otra información relevante pertinente al uso e implementación de las tecnologías de energía renovable y de la eficiencia energética. La Agencia deberá adelantar los datos en un tiempo no mayor a nueve meses después del final del año donde se tomaron los datos y las informaciones.
5. La Agencia deberá proveer los servicios de apoyo necesarios, incluyendo la información científico-técnica, educación y entrenamiento a cualquiera de los Estados Miembros interesados, así

- como cooperar con el sistema de Naciones Unidas, las organizaciones no gubernamentales y regionales envueltas en la promoción y uso de las fuentes renovables de energía.
6. Además, la Agencia deberá promover y mantener las políticas de planeamiento en los Estados Miembros, *inter alia*, mediante la organización de un diálogo con cada nación basado en su política nacional de energía renovable e informes de los programas.
 7. Cada Estado Miembro está de acuerdo en apoyar a la Agencia en proporción a su capacidad financiera, la cual para los propósitos de este Tratado será considerada en proporción a su Producto Nacional Bruto.
 8. Cada Parte Miembro está de acuerdo en apoyar a la Agencia en proporción a su capacidad financiera, la cual para los propósitos de este Tratado será considerada en proporción a su cantidad de dinero total anual.
 9. La organización específica, las modalidades de trabajo, las reglas financieras y el funcionamiento de la Agencia por consenso serán decididas en la primera Conferencia de las Partes.
 10. Las decisiones, adoptadas por la primera Conferencia de las Partes relacionadas con la constitución de la Agencia, les deberán ser impuestas a todas las Partes, y serán inmediatamente comunicadas a las Partes por el Depositario. A menos que se diga algo diferente en las decisiones, ellas deberán entrar en vigor en los seis meses próximos a la fecha de la circulación de la comunicación por el Depositario.

ARTÍCULO VI

El banco de energía solar

Los Estados Miembros están de acuerdo en:

1. Establecer un Banco Internacional de Energía Solar con la tarea de localizar inversiones públicas y privadas en fuentes de energía renovable y en el mejoramiento de la eficiencia energética.
2. Mediante la firma de este Tratado, cada Parte está de acuerdo en tener una cuenta en el Banco de Energía Solar, con un balance mínimo proporcional a su nivel de entradas nacionales para los Estados Miembros, o proporcional a sus entradas anuales globales para las demás Partes Miembros.
3. Invitar a los prestamistas del capital privado a tener cuentas en el Banco.

4. Aceptar que el Banco reciba contribuciones y donaciones para ser usadas en la promoción de los objetivos del Banco.
5. La organización específica, las modalidades de trabajo, la cooperación con la Agencia Internacional para la Energía Renovable y la Eficiencia Energética de Uso Final, las reglas de funcionamiento y financieras del Banco serán decididas por consenso en la primera Conferencia de las Partes, así como las reglas para su operación.

ARTÍCULO VII

Validación del Tratado

1. El Tratado deberá entrar en vigor seis meses después que los doce instrumentos de ratificación, aceptación y aprobación del Tratado hayan sido depositados por los Estados y las Partes de acuerdo con las previsiones de los párrafos dos y tres del Artículo I, los Artículos IV, V y VI de este Tratado. En el caso en que estas condiciones no se hallan cumplido plenamente en esta fecha, el Tratado entrará en vigor a los noventa días siguientes a la fecha en la cual las condiciones se hayan cumplido plenamente.
2. Después de la entrada en vigor de este Tratado, cualquier Estado o Parte podrá ser una Parte del mismo en los noventa días siguientes a la fecha de haber depositado sus instrumentos de ratificación, aceptación o aprobación.
3. Un Estado Miembro o una Parte Miembro tiene el derecho a renunciar a sus deberes y obligaciones con este Tratado, después de no alcanzar una solución mutuamente aceptable en la controversia tratada en el párrafo 1, y en los Artículos IV, V y VI.

ARTÍCULO VIII

Condiciones para la firma de este Tratado

1. El Tratado está abierto a todos los Estados, profundamente obligados en la construcción de la paz y el desarrollo sostenible, y además también obligados a un uso intensivo de las tecnologías de la energía renovables y al uso eficiente de la energía.
2. A las organizaciones regionales e internacionales, el sistema de Naciones Unidas, las organizaciones no gubernamentales se les invita a adherirse a este Tratado, para ser partes de la Agencia Internacional de la Energía Renovable y la Eficiencia Energética de Uso Final y del Banco de Energía Solar.

ARTÍCULO IX

Revocación

1. Para los propósitos de este Tratado cualquier Parte puede revocarlo mediante una notificación por escrito al Depositario en cualquier momento posterior a los diez años de haber asumido las obligaciones emanadas de este Tratado. Cualquier revocación surtirá efecto después de un año de la fecha de su recepción por el Depositario.

ARTÍCULO X

La conferencia de las Partes

1. Una Conferencia de las Partes de este Tratado tendrá lugar cada cinco años, comenzando un año después de que doce Estados hayan depositado los instrumentos de ratificación, aceptación y aprobación de este Tratado.
2. La Conferencia de las Partes se impondrá de la situación energética mundial, los progresos realizados en el campo de la utilización de las fuentes renovables de energía y la eficiencia energética, así como de la necesidad de acciones adicionales.
3. Un Estado Miembro que sienta que sus intereses están siendo parcialmente lesionados podrá someter al Comité de Procedimientos, donde cada Estado Miembro tiene un asiento.
4. Cada Parte Signataria de este Tratado puede realizar una petición a la Agencia para asistencia técnica con el propósito de implementar los diferentes artículos de este Tratado.
5. Este Tratado en su totalidad, así como las decisiones tomadas por consenso por la Conferencia de las Partes, deberán ser impuestos a todas las Partes, debiendo ser inmediatamente comunicadas a las Partes por el Depositario. A menos que se prevea en las decisiones, ellas deberán entrar en vigor al expirar seis meses de la fecha de la circulación de la comunicación por parte del Depositario.
6. Un Estado Miembro tiene el derecho de renunciar a sus obligaciones con este Tratado, después de no alcanzar una solución mutuamente aceptable en las controversias que se presenten. Consecuentemente, la Conferencia de las Partes tiene el derecho de suspender la membresía del Tratado a cualquier Parte que no haya cumplido sus obligaciones con este Tratado.
7. La Conferencia de las Partes, en su primera reunión, deberá considerar y aprobar los mecanismos de procedimientos e institucionales para determinar la no complacencia con las previsiones de

- este Tratado y para el tratamiento de las Partes encontradas como no complacientes.
8. La Conferencia de las Partes, en su primera reunión, deberá comenzar las deliberaciones sobre las vías y significados de satisfacción de las obligaciones emanadas de este Tratado, en particular aquellas que se destacan en los Artículos IV, V y VI.
 9. Se dispone de cuatro años para la entrada en vigor de este Tratado y cada cuatro años posteriormente cada Parte deberá someter al Secretariado de la Agencia un sumario de las actividades en que se ha ocupado de acuerdo con los elementos de este Tratado.
 10. La Conferencia de las Partes puede por consenso y cuando sea necesario, establecer líneas de acción o procedimientos temporales o permanentes para la implementación de las diferentes partes de este Tratado.
 11. La Conferencia de las Partes podrá considerar y adoptar, si lo requieren las tres cuartas partes de sus Miembros, proposiciones de enmiendas de este Tratado, teniendo en cuenta el plazo dispuesto de seis meses que estas peticiones hayan sido comunicadas a todas las Partes de este Tratado y a la Agencia por el Secretariado. Las enmiendas resultantes se deben adoptar por consenso y entrarán en vigor de acuerdo con las previsiones del Artículo VII.
 12. La Conferencia de las Partes, en su primera reunión, deberá preparar y adoptar la Estructura del Consejo de Gobernación de la Agencia, la organización de la Agencia, las modalidades de trabajo, la cantidad de dinero, las reglas financieras y de funcionamiento, así como cualquier otra previsión pertinente con el contenido del Artículo V.
 13. La Conferencia de las Partes, en su primera reunión, deberá preparar y adoptar los Estatutos del Banco de Energía Solar, la organización, las reglas financieras y de funcionamiento, las reglas y modalidades para su operación, así como cualquier otra previsión pertinente con el contenido del Artículo VI.

ARTÍCULO XI

Las reuniones de las Partes

1. Las Partes deberán sostener encuentros regulares a niveles regionales y (o) globales cada tres años, comenzando

dos años después que doce Estados hayan firmado, de acuerdo con las correspondientes reglas de procedimientos adoptadas por la Conferencia de las Partes. Estos encuentros regulares podrán servir de proceso preparatorio para la Conferencia.

2. El Secretariado de la Agencia será el responsable de los encuentros convenidos, manteniendo los archivos y los registros permanentes, así como cualquier otra correspondencia y documentos pertenecientes al Tratado y a la Agencia. Estos documentos deberán ser puestos a disposición de las Partes para su consulta abierta.
3. En su primera reunión las Partes deberán:
 - a) Adoptar por consenso las reglas de procedimiento para sus reuniones.
 - b) Adoptar por consenso las reglas financieras para el funcionamiento de la Agencia y su Secretariado.
4. La Conferencia de las Partes deberá revisar las reglas de procedimiento, las reglas financieras y la implementación del Secretariado si se pide por cualquiera de las Partes y se apoya por al menos las tres cuartas partes del total de Miembros.

ARTÍCULO XII

Reservaciones

No se podrán realizar reservaciones a este Tratado.

ARTÍCULO XIII

Autenticación de los textos

1. Este Tratado será igualmente válido, en los idiomas oficiales utilizados por el sistema de Naciones Unidas.
2. El Tratado estará bajo la autoridad del Secretario General de las Naciones Unidas.

ARTÍCULO XIV

Disposiciones transitorias

1. Un secretariado temporal se deberá formar por los Estados interesados para desarrollar las negociaciones en la pre-

sente representación en el Tratado de Utilización de las Fuentes Renovables de Energía y el Uso Eficiente de la Energía (Tratado de Proliferación Solar).

2. Los Estados interesados formarán un secretariado temporal y se pondrán de acuerdo en la localización, financiamiento y tareas específicas del mismo.
3. El secretariado temporal estará a cargo de la preparación de la Primera Conferencia de las Partes.

ANEXO IX

La energía solar y el Sur del mundo

UWE HOLTZ

Extraído del informe del profesor Holtz, diputado por el SPD en el Parlamento de Alemania Federal y presidente de la Comisión Parlamentaria Ayuda a los países en vías de desarrollo, en ocasión del Congreso de Herne, cerca de Düsseldorf, el 3 de noviembre de 1989, sobre el tema «*Utilización de la energía solar*».

A mediados del próximo siglo la población del planeta será dos veces mayor y 80 % de los hombres vivirán en los países en vías de desarrollo.

Si ellos quieren seguir nuestro estilo de vida basado en el derroche y sobre un ciego provecho, el ecosistema, ya hoy enfermo, será definitivamente destruido.

Este es el dilema en el cual nos encontramos: ¿cómo asegurar una existencia digna a centenas de millones de personas del Sur del mundo que sufren de pobreza, de miedo, de explotación, y al mismo tiempo evitar un tipo de desarrollo que podría ser fatal para el futuro de la humanidad?

Las selecciones energéticas desempeñan un papel fundamental para la solución de estos problemas. La situación privilegiada de los países industrializados se basa en la explotación de las riquezas naturales del planeta. Hoy los países industrializados consumen más de dos tercios de la energía mundial. Este tipo de progreso ya comenzó a revelar su rastro horrible: la muerte de las selvas, las catástrofes nucleares de Three Mile Island y Chernóbil, el aumento de los tumores y alergias y el aumento de la temperatura de la atmósfera terrestre, nos muestran sin equívocos las consecuencias y los riesgos de las elecciones energéticas hechas. Si queremos parar la carrera hacia la destrucción del medio ambiente y hacia la autoaniquilación, debemos cambiar el rumbo, siguiendo el camino de un desarrollo sostenible, tanto

desde un punto de vista ecológico como social. Esto vale tanto para el Norte del mundo como para el Sur, para el Oeste y para el Este.

En los países del Sur más industrializados y en las zonas urbanas con alta concentración de habitantes, se ven las consecuencias de la combustión fósil más que en el Norte. En las regiones de campo del Sur del mundo las fuentes comunes de energías son la leña, el carbón de leña, los desechos y los músculos. Son destruidas enormes superficies de árboles y solamente en una pequeña parte son repobladas de nuevo.

Las consecuencias de esta destrucción del ambiente a causa de la pobreza son el aumento de las áreas desérticas y la erosión del terreno, que reducen aún más las ya escasas posibilidades de nutrición de la población.

Las selvas tropicales, los pulmones verdes de la Tierra, están condenadas a desaparecer.

Es exactamente la destrucción de estas selvas que en Brasil, por ejemplo, deberían dar lugar a enormes cuencas hidroeléctricas, lo que lleva a apuntar el dedo contra los países en vías de desarrollo. Con razón, pero se olvida con demasiada rapidez que esta realidad es solamente el último anillo de una larga cadena de explotación acelerada de la naturaleza, que se inició mediante la colonización del Sur del mundo por parte del Norte. Quien quiera detener la muerte ecológica que condena a la humanidad, debe ser el primero en dar el ejemplo. Y debe también indicar a los países en vías de desarrollo las alternativas para cubrir sus necesidades energéticas.

El Sur del mundo dispone de un gran potencial de energía hídrica (cerca de 35 % de las reservas mundiales), utilizable como minihidroeléctricas, de energía eólica, de biomasa y, sobre todo, de una enorme cantidad de energía solar directa. Este potencial debe ser utilizado.

Y puede ser utilizado. La tecnología necesaria es relativamente simple. La visión de un Sur del mundo en el vigésimo siglo, encaminado por el camino del Sol, puede hacerse realidad.

Algunos países del Sur del mundo ya hoy utilizan la energía solar térmica y el sistema fotovoltaico. La sociedad de energía solar Solamatics, en Zimbabwe, por ejemplo, desarrolla hace algunos años pequeños sistemas solares, utilizados en las viviendas y en las industrias para el calentamiento del agua, la luz y la refrigeración. Se ha podido constatar que en lugares distantes 20 km de la red eléctrica, ya hoy la utilización de sistemas fotovoltaicos es económicamente ventajosa en comparación con la realización de empalmes eléctricos o la

utilización de generadores diésel, y que tales sistemas son confiables. El ejemplo de Zimbabwe muestra que algunos sistemas ya se pueden aplicar. La realización de sistemas de energía descentralizada basados en la energía solar directa, en el viento, el biogás, y en la energía hidráulica no está solamente en sintonía con el ambiente, sino puede también ser una ayuda directa a mil millones de personas que no poseen ni un tomacorriente, ni suficiente iluminación, ni una bomba para el agua, ni posibilidad técnica de cocinar.

Estas posibilidades son conocidas en el Sur del mundo. A nivel internacional, en ocasión de una conferencia de las Naciones Unidas efectuada en Nairobi en 1981 sobre este tema, fue subrayada la necesidad de una utilización mayor de las energías renovables. Sin embargo, muchas son las razones por las cuales en el Sur del mundo no se llegó a una expansión en gran escala de estas tecnologías.

Primero, por parte de la mayoría de los gobiernos locales las fuentes alternativas no reciben las mismas posibilidades reservadas a las fuentes convencionales. En segundo lugar, faltan frecuentemente las informaciones necesarias. Por último, en el Sur del mundo existe la sospecha de que los países industrializados tratan de difundir la vía alternativa en otros lugares, para mantener en sus manos todas las reservas de las fuentes energéticas convencionales.

Esta situación puede ser revertida si los países industrializados decidieran tomar conciencia de su responsabilidad y proponer una política energética clara, solidaria y justa, en armonía con el medio ambiente.

Debemos tener en cuenta la interdependencia de los países y comprometernos a un equilibrio de las desigualdades entre el Norte y el Sur. Hace siglos que los países en vías de desarrollo y sus habitantes son explotados y saqueados por los países ricos del Norte. Es tiempo de crear las bases para la colaboración, de trabajar activamente para la construcción de un nuevo orden económico y social y, por fin, de trabajar para desactivar en el Sur del mundo las bombas de la pobreza, de la deuda externa y de la destrucción del medio ambiente.

Por eso es inaceptable y fariseico que centrales eléctricas (pues-tas fuera de servicio en los países del Norte por su incompatibilidad ambiental), sean desmontadas y transferidas a los países pobres, como se está verificando en Alemania Federal el envío de las viejas centrales de carbón para la India, con el pleno apoyo del gobierno.

La colaboración con la política de desarrollo del Sur no debe ser una especie de ayuda social para reducir la pobreza, sino un estímulo para reformas estructurales.

Inversiones para la protección del medio ambiente pueden parecer, en lugares donde falta prácticamente todo, un lujo. Por eso los proyectos para la utilización de las energías renovables deberían ser ofrecidos por los países ricos sin resarcimiento, evitando nuevas situaciones de dependencia y nuevas deudas. Además de las ayudas financieras deben ser transferidos también los conocimientos de base para hacer posible la construcción de las infraestructuras adecuadas.

Así mismo, con respecto a la energía solar no podemos hacer experimentos sobre la piel de los otros, es decir, no podemos permitir que sean puestas en el mercado del Sur del mundo nuevas tecnologías no probadas suficientemente. Las poblaciones locales deben integrarse en el proceso de realización y definición de nuevas tecnologías. Todos desean participar en las soluciones de sus propios problemas. Es exactamente allá, donde las condiciones de vida son difíciles, que maduran ideas nuevas. Esa creatividad debe ser apoyada, no sofocada.

Es importante también servir de ejemplo. Debemos comenzar con la conversión ecológica de nuestra industria. Sólo así podemos ser creíbles a los ojos de aquellos que nos ven como «los portadores del progreso».

Para muchos especialistas no hay ninguna duda de que el futuro de la energía está en la producción y en el almacenamiento del hidrógeno, al permitir una plena utilización de la energía solar. La ventaja climática de muchos países en vías de desarrollo no es suficiente sin la tecnología adecuada que, por el contrario, los países industrializados son capaces de desarrollar.

Una utilización eficiente de la energía solar en interés del Norte y del Sur depende de una colaboración correcta y generosa, tanto en el campo de la investigación como en el campo de la realización industrial, evitando un «Apartheid tecnológico» del Norte con respecto al Sur.

Debemos permitir que el mundo pueda crecer en el aspecto ecológico, social, económico y cultural, utilizando estrategias basadas en la solidaridad. Nuestra responsabilidad ante las generaciones futuras nos empuja a una «solidaridad solar» en el sentido etimológico de la palabra, y a preservar la naturaleza de una destrucción sin retorno. Las bases de ese futuro deben ser puestas en seguida.

ANEXO X

Cuba y las fuentes renovables de energía

ENRICO TURRINI

Conferencia pronunciada en la Universidad de La Habana, el 30 de diciembre de 1996.

Agradecimientos:

Al rector doctor Juan Vela Valdés; a la doctora Elena Vigil Santos, vicedirectora del Instituto de Materiales y Reactivos para la Electrónica; al doctor Edwin Pedrero González, director del Instituto de Materiales y Reactivos para la Electrónica y a todos los presentes.

Me alegra que la Universidad de La Habana sea tan abierta a las energías renovables.

No quiero hablar en inglés, aunque en el mismo pudiera expresarme mejor, lo haré en español, es decir, en cubano, pues Cuba es la tierra que amo y de la cual me siento parte.

Pienso que es oportuno en un encuentro de este tipo hablar en forma general, porque no hay tiempo para profundizar en asuntos técnicos particulares.

Sólo en una visión general, amplia, la técnica cobra vida y tiene sentido.

¿Por qué es fundamental el asunto *energía*? La energía que cambia de una forma a otra es vida para todos los seres vivos, es vida para la sociedad.

¿Por qué es fundamental la elección de las energías renovables, es decir, la elección suave o camino del Sol (sol, agua, viento, biomasa, junto con el ahorro de energía)?

Primero. Porque se trata de energías limpias. Se pone fin a la contaminación del planeta por las energías no renovables, es decir, por la elección dura, la que constituye hoy cerca de 90 % de la energía primaria del mundo.

Los combustibles de la elección dura son los fósiles y los nucleares (fisión y fusión).

Los fósiles dan lugar al efecto invernadero, las lluvias ácidas e indirectamente a los agujeros en la capa de ozono.

Los nucleares conducen a su correspondiente contaminación.

Algunas palabras más sobre los nucleares, pues he trabajado con ellos más de diez años, sobre todo en la seguridad de los reactores nucleares, y por eso he conocido sus peligros.

Cuba tiene experiencia en este sector. Es normal preguntarse: si lo hacen los otros, ¿por qué no hacerlo? En realidad, en diferentes países de Europa y en los Estados Unidos la oposición es muy fuerte, por lo que las industrias nucleares intentan encontrar mercados al Este y al Sur.

Claro, nunca diría a Cuba que no debe hacerlo. Los cubanos deben decidir. Sólo voy a exponer mi sentir en este asunto, y voy a hacerlo con todo el amor por Cuba.

Los problemas principales son los siguientes:

- *Peligro de accidentes.* No son frecuentes, pero son muy graves.

¿Qué podría acontecer en una isla como Cuba en ese caso?

- *Peligros por los desechos radiactivos.* Esto no está resuelto. A veces son necesarios miles de años para una reducción de la radiactividad a la mitad de su valor inicial, por ejemplo, en el caso del plutonio ¡veinticuatro mil años! Hace sólo cincuenta años que se utiliza la energía nuclear y de 1,5 a 2 % de la superficie de la Tierra está contaminada, aun cuando hoy la energía nuclear constituye sólo de 4 a 5 % de la energía total.
- *Peligros políticos.* Antes, con la URSS, la situación era diferente para Cuba. Ahora Cuba estaría bajo el control de los Estados Unidos y las transnacionales de la energía nuclear podrían prometer el envío del combustible nuclear condicionando políticamente a los cubanos, o acusar a Cuba de construir la bomba atómica (los desechos de un reactor nuclear incluyen productos, como el plutonio, que se utilizan para construir bombas atómicas). En este sentido puede recordarse la situación cuando, hace algunos años, Israel bombardeó una central nuclear en construcción en Iraq.
- *Agotamiento de los yacimientos.* Similar a como acontece en el caso de las otras fuentes no renovables de energía, en el caso de la fusión nuclear se pueden evitar los accidentes, pero permanece el problema de los desechos radiactivos, de la producción de

materiales utilizados en la construcción de bombas atómicas, y hay flujos de neutrones con fuerte contaminación de los materiales.

- *Problema de las inversiones. Primero*, en la nuclear los gastos son muy elevados, sobre todo para la ubicación de los desechos y para desmantelar el reactor al final de su vida (25 años más o menos). El costo de desmantelar el reactor es similar al de su construcción.

Segundo, además de limpias, las energías renovables son las más cercanas a los ciclos de la naturaleza. En otras palabras, son energías de baja entropía, lejos del desorden, por lo que se trata de una elección fundamental, porque son energías cíclicas.

Al contrario, las energías no renovables son típicamente acíclicas, de elevada entropía.

Por un lado se empobrece la Tierra (se extraen combustibles de sus viejos almacenes, de millones de años) y, por el otro lado, se producen desechos que contaminan la Tierra.

Tercero, porque se trata de energías descentralizadas, pues la energía del Sol, directa e indirecta, alcanza a todos los lugares del planeta en forma diferenciada. Esto permite un buen ahorro y una buena utilización de la energía (por ejemplo, plantas de cogeneración con dispersión de sólo 10-20 % de energía), y una buena adaptación a las diferentes condiciones ambientales y sociales. En este sentido la arquitectura, el urbanismo y el transporte tienen un lugar importante.

Por el contrario, la elección dura se basa en una fuerte concentración de energía (por ejemplo, las centrales termoeléctricas son muy grandes (1 000 MW) y no es posible la cogeneración; por su parte, la dispersión de energía alcanza hasta 65-70 %).

Es necesario recordar que en la elección suave el almacenamiento de energía no es problemático en el caso de la biomasa. Para la energía solar térmica y la del agua se pueden encontrar soluciones sencillas. En los demás casos de la producción de energía eléctrica (fotovoltaica, viento, minihidros) el problema se resuelve mediante la interconexión a la red eléctrica. Además, existe la posibilidad de almacenamiento con hidrógeno solar, es decir, produciendo electrólisis del agua mediante energía eléctrica obtenida con equipos solares (generadores fotovoltaicos, eólicos, minihidroeléctricas).

La descentralización es una característica muy importante. Las centrales hidráulicas demasiado grandes que destruyen la naturaleza, como a veces ocurre en Brasil, pertenecen a la elección dura, aun cuando se trata de energía solar indirecta, es decir, energía limpia.

Cuarto, porque se trata de energías inagotables. Mientras el Sol nos alumbre, estas energías renovables, como se dice, siempre estarán disponibles y su cantidad es muchísimo mayor que la cantidad que necesita la sociedad humana. Claro está, las energías no renovables se acaban. Esto puede acontecer en tiempos no tan lejanos (50-100 años), por lo que es necesario pensar en las generaciones futuras.

Quinto, porque son energías con sentido social y democrático, como el Sol ha tratado de demostrarlo desde hace millones de años.

El hecho de que las energías renovables se encuentran en diferentes formas en todos los lugares, permiten una verdadera independencia. Además, están directamente en las manos del pueblo y no de las multinacionales, como acontece en el caso de los fósiles y de la nuclear (por ejemplo, el caso de la Guerra del Golfo, promovida por intereses económicos de los poderosos porque allí se encuentra 60 % del petróleo mundial).

La energía concentrada siempre es peligrosa, incluso en la naturaleza, como es el caso de los huracanes y fenómenos similares.

Problema de los costos: minihidroeléctricas, viento y biomasa ya tienen precios competitivos. La solar térmica está cercana. La fotovoltaica podría serlo en unos años si se produjera en serie. Por otra parte, la elección dura nunca ha tenido en cuenta los costos sociales (los daños producidos y otros).

Hasta aquí hemos hecho una comparación entre la elección dura y la suave.

¿Será razonable detenerse aquí? En realidad falta una cosa, la más importante. Sin ella falta todo.

El camino del Sol, es decir, la elección suave, puede ser realizada sólo en un contexto sociopolítico apropiado, sólo en un país donde se viva la propuesta del Sol, su propuesta de solidaridad y su propuesta de compartir.

Me explico: Llego de Europa donde tenemos conocimientos técnicos y documentación técnica (útiles también para Cuba). Sin embargo, en la misma Europa donde se tiene mucho dinero para realizar las técnicas solares, estamos muy lejos del verdadero camino del Sol porque no podemos comprender la esencia de este camino, que es la mentalidad solidaria.

El neoliberalismo es egoísta en sí mismo, puede realizar muy bien las técnicas solares, pero no puede, por ejemplo, concebir que el pueblo sea el verdadero artífice de su propio sistema energético y

que, entonces, lo construya de acuerdo con las condiciones ambientales, culturales y sociales del país. En otras palabras, el neoliberalismo no acepta una «energía democrática». Aquí se ve la importancia de una visión global como he dicho al inicio.

Todo está demasiado centrado en intereses, negocios, en una palabra: egoísmo. Incluso, los grupos más avanzados no tienen como norma una verdadera mentalidad solar. Es triste, no es posible fugarse de la realidad.

Para los cubanos es importante mirar lo que llega de los países neoliberales con espíritu crítico, tomar lo bueno que contiene y dejar lo malo, generalmente la mayor parte.

Para Cuba el camino del Sol sí que es su camino natural. Aun con la situación tan difícil de bloqueo, no se encuentra una escuela o un hospital cerrado.

Cuba, con su Revolución socialista ha comprendido del todo la elección del Sol, socialista desde hace millones de años. Ahora Cuba puede tomar el camino del Sol en su esencia (no sólo las técnicas solares). El nacimiento de CUBASOLAR, de las UTER, el trabajo solar del MINED, etc., son ejemplos que hablan claro.

Con el camino del Sol ustedes pueden dar nuevo impulso a la Revolución; darle bases más sólidas a la Revolución y más apropiadas a su ideología.

Aquí en Cuba las técnicas solares se pueden integrar en el sector social y político para convertirse en fuentes de vida solidaria, vida para todos (no sólo para los hombres, sino a toda la naturaleza).

Por eso es Cuba la que ha comprendido del todo la propuesta del Sol (que está de acuerdo también con la propuesta del evangelio y con la propuesta socialista). Se trata en realidad de tres propuestas de solidaridad, de altruismo y de amor.

Desgraciadamente, Europa y Estados Unidos, que se dicen cristianos, comprenden mucho del neoliberalismo, pero muy poco del evangelio, y a menudo acontece lo mismo a sectores bastante grandes de las iglesias oficiales.

Sobre estos asuntos (políticos más que técnicos) he escrito un pequeño libro, *Energía y Democracia*, donde hablo mucho de Cuba.

La agresión del mundo neoliberal en contra de ustedes es parecida a la agresión en contra del camino del Sol. Se acepta este camino si se trata de palabras y un poco de técnica, pero no debe traducirse en realidad. En la conducta con Cuba, de manera semejante, los «mejores» del neoliberalismo dicen no al bloqueo con la esperanza de que

Cuba se convierta a la «democracia neoliberal» (estamos tan drogados que pensamos que vivimos en democracia).

Claro, Cuba comete sus errores. Sin faltas no sería un país de este planeta, pero la dirección de la Revolución es, sin dudas, muy buena.

Muchas gracias a todos ustedes que creen en estos ideales; gracias por la ayuda a nosotros, al mundo.

Ustedes son la señal de esperanza para el futuro.

Quiero decir a ustedes de todo corazón: Con realismo, que es una particularidad de los cubanos, es bueno que ustedes tomen lo que puede ser útil aprender. Sin embargo, es importante que ustedes no se dejen deslumbrar por la luz engañosa llena de egoísmo y corrupción del mundo neoliberal, que destruye al hombre y destruye a la naturaleza. Por suerte la personalidad de ustedes, y la mentalidad de independencia de ustedes, les permiten continuar desarrollando la Revolución.

Al final de un taller de las energías renovables en La Habana, en junio de 1994, subrayé que el camino del Sol es el camino de ustedes y añadí: «Me encuentro aquí con 55 años, enamorado de dos mujeres: Gabriela, mi esposa, de 52 años y Cuba de 35, y no existen celos entre las dos».

El amor es siempre recíproco. Yo busco, junto a Gabriela, hacer todo lo que puedo por Cuba y para Cuba, aunque se trate de cosas pequeñas, busco las vías para ayudar a sostener la Revolución Cubana, que ahora ha encontrado en el Sol a un nuevo aliado. Se trata de un amor más que correspondido: Cuba ha cambiado nuestra vida, nos ha ayudado a abrir los ojos sobre muchas cosas, nos ha ayudado a comprender en su sentido más profundo –social y político–, el camino del Sol como el camino revolucionario de una solidaridad global y sin fronteras para el futuro. Cuba es nuestra verdadera tierra; ustedes, nuestros verdaderos hermanos y hermanas.

ANEXO XI

Energía solar: El camino de la vida

VÍCTOR LAPAZ

Entrevista al doctor Luis Bérriz, presidente de CUBASOLAR.
(*Energía y tú*, No. 0, octubre-diciembre, 1997).

Quisiera, en primer lugar, que explicaras ¿Qué es CUBASOLAR?; ¿cuáles son sus objetivos, funciones y la naturaleza de la institución?

CUBASOLAR es la Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental. Su principal objetivo es promover el uso intensivo de la energía solar o renovable y la disminución relativa del consumo de portadores energéticos convencionales, para de esta manera proteger el medio ambiente y garantizar un desarrollo sostenible. La principal función es contribuir a crear una conciencia energética.

Para ello, en su asamblea anual de asociados, traza directivas que después deben cumplir sin excepción las filiales territoriales y todos sus miembros. A modo de ejemplo te puedo citar el fortalecimiento de la Universidad Técnica de Energías Renovables, los institutos superiores pedagógicos, los institutos de ciencias exactas, los politécnicos y las escuelas de enseñanza media en general, con la creación de laboratorios e instalaciones funcionales demostrativas de energía solar. De esta manera se resuelven algunos de sus problemas actuales y se crea una base didáctica para la formación de una conciencia energética entre alumnos y profesores. También ejecutamos proyectos demostrativos de apoyo al programa de salud, principalmente con la electrificación en las casas del médico de la familia; en hospitales y policlínicas de las montañas y lugares alejados de la red eléctrica nacional.

Además, priorizamos proyectos de suministro de agua por gravedad y de electricidad por medio de la energía hidráulica, así como de arquitectura bioclimática. Apoyamos la realización de investigaciones

científicas y tecnológicas, la producción de molinos, turbinas, aerogeneradores, calentadores, secadores y otros equipos solares, ya que si bien no dependemos de importar el Sol, seríamos igualmente dependientes si importáramos todas las tecnologías y los equipos necesarios para su aprovechamiento. Prestamos especial interés a la divulgación científica y popular, a la realización de intercambios científicos, tecnológicos y de experiencias, tanto nacionales como internacionales, relacionadas con el uso de las fuentes renovables de energía y el respeto ambiental.

En un país como Cuba, ¿Cuál es el papel de una organización no gubernamental como CUBASOLAR?

Te digo, y sólo a manera de ejemplo, que Cuba posee uno de los sistemas de salud más avanzados del mundo. El Ministerio de Salud Pública ha desarrollado modernos hospitales, policlínicas y consultorios médicos de la familia en todas las regiones del país, por muy apartadas que estén. Aun donde no llega la electricidad, ahí llega el médico de la familia. Sin embargo, los Comités de Defensa de la Revolución (CDR), la organización no gubernamental más poderosa del país, desempeña un papel fundamental en este sistema de salud, principalmente en lo referente a la medicina preventiva. Los CDR apoyan también mucho a nuestro sistema de educación, que es también uno de los mejores del mundo.

CUBASOLAR tiene objetivos muy definidos, pero además es una asociación, no una institución, y se caracteriza porque reúne a todos los miembros activos independientemente de donde trabajen, de cuáles son sus profesiones u oficios, reúne estudiantes, obreros, médicos, periodistas, ingenieros, científicos, técnicos y amas de casa que quieran contribuir a promover el uso de las fuentes renovables de energía y el respeto ambiental.

Nuestro trabajo se realiza estrechamente vinculado con las instituciones estatales, los ministerios correspondientes y los órganos del Poder Popular, en consonancia con el Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía.

Trabajamos muy unidos con la Academia de Ciencias, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, el Ministerio de Educación Superior, el Ministerio de Educación, el Ministerio de Salud Pública, el Ministerio de Economía y Planificación, el Ministerio para la Inversión Extranjera, el Ministerio de la Industria Sidero-Mecánica y Electrónica, etcétera, atrayendo a organizaciones nacionales y extranjeras para

contribuir específicamente al éxito del cumplimiento de la política energética de nuestro país.

Una de nuestras características es que todos trabajamos unidos, nos apoyamos y tenemos los mismos objetivos, sin ningún tipo de contradicción.

Bérriz, en algunos países se aumenta el uso de los digestores de biogás, las cocinas solares, las bombas de soga manuales y otras instalaciones alternativas que parecen positivas, ¿cómo puede esto contribuir al desarrollo de los países pobres?

Mira, una cosa es la supervivencia, y otra, el desarrollo. Si yo no tengo electricidad, me alumbro con un mechero; si estoy sacando agua de un pozo con un cubo, mejor la extraigo con una bombita manual, y si no tengo una cocina adecuada, cocino con cualquier cosa, porque hay que comer. Esto no significa que éste sea el camino de las fuentes alternativas de energía: sería desarrollar el subdesarrollo, y eso no es lo que nosotros queremos. Nosotros queremos desarrollar la sociedad con tantas o mayores comodidades que las actuales. Desde luego, sin despilfarros, con fuentes renovables de energía, o sea, preservando el medio ambiente, defendiendo el futuro.

El biogás tiene tres objetivos que por orden de importancia son: descontaminar el medio ambiente, producir biofertilizantes y alimento animal y producir biogás. Yo no creo que las vacas y los toros contaminen los suelos. Las plantas de beneficio del café contaminan las aguas de los ríos, y esto es un serio problema, pues esos ríos son usados por la población. Este problema lo tienen todos los países cafetaleros y si a muchos gobiernos no les interesa solucionarlo, ya que no son los ricos los que usan esta agua contaminada, a la Revolución Cubana, sí. Ahí vale la pena poner una planta de biogás.

El suministro de agua debe ser, en primer lugar, por gravedad (que es también usar la energía solar), y donde haga falta el bombeo, puede ser con bombas eléctricas, solares o eólicas.

La cocina solar para nosotros es una cocina de hidrógeno o eléctrica, pudiera ser una cocina de microondas; es decir, con electricidad obtenida de la energía solar. Esto no es tan difícil ni tan lejano. Por ejemplo, una hidroeléctrica, que es también una forma de la energía solar, puede, en los momentos de bajo consumo, producir hidrógeno y usarlo en la cocción de alimentos e incluso para el transporte. La energía de las hidroeléctricas puede ser aprovechada di-

rectamente en cocinas eléctricas. También la energía eléctrica producida en los centrales azucareros pudiera ser empleada en la cocción de alimentos, con las cocinas más modernas y eficientes que existan.

Nuestro trabajo debe procurar la supervivencia, pero nunca olvidarse del desarrollo, ya que la energía solar es la única capaz de garantizar un desarrollo sostenible de la humanidad. Y fíjate que no hablo solamente de los cubanos.

Para no pocas instituciones fuera de Cuba resulta paradójico que un país como el nuestro se esfuerce por terminar la planta termonuclear de Juraguá. ¿Qué opinión te merecen criterios que como esos que en la mayoría de los casos provienen de amigos de la Revolución?

Independientemente de que este tema tiene implicaciones políticas y económicas, y el imperialismo lo ha utilizado en contra de la soberanía de nuestro país, te voy a responder. Estoy en contra de la termonuclear de Cienfuegos, pero más de las termonucleares de la Florida, de las termonucleares de los Estados Unidos, de las termonucleares de toda Europa, y de las termonucleares de todo el mundo, que hace tiempo están contaminando nuestra atmósfera. La termonuclear de Cienfuegos no ha contaminado el mundo, las otras sí. Pero te voy a decir más, estoy en contra de las termoeléctricas de petróleo, y principalmente contra las termoeléctricas de carbón, que hasta el presente son las que más contaminan. ¿Cuál es la mejor forma de combatirlas? Si lo piensas bien, tenemos que hacernos una autocrítica. Imagínate que en este mismo momento dejaran de funcionar en el mundo todas las termonucleares, las termoeléctricas de petróleo y carbón. ¿Qué pasaría? ¿Cuánta gente moriría de frío, de hambre y enfermedades? Si tú consideras que lo que come un ser humano no es correcto, no puedes decirle simplemente: no lo coma, tienes que darle comida o lo vas a matar de hambre.

Mientras el mundo desarrollado se sigue desarrollando con energía convencional y entre ellas, la nuclear, y en Cuba sigan los apagones y las grandes incomodidades que la falta de electricidad y combustible provoca, ninguno de esos países tiene derecho ni moral para decirle a Cuba lo que tiene que hacer. Te digo, por experiencia, que los amigos nuestros nos entienden. Y cuando te hablo de autocrítica es porque la única manera de combatir la energía convencional es desarrollando la solar, y eso no hemos sido capaces de hacerlo todavía.

Volviendo al tema del uso de la energía solar, ¿tú realmente piensas que Cuba puede autoabastecerse energéticamente con fuentes renovables de energía y aún así, desarrollarse?

No sólo puede sino que tiene. El mundo no sólo puede, sino que tiene que desarrollarse basándose en el uso de la energía solar. El camino de la vida es el de la energía solar, el otro camino es perecer.

La Tierra, como planeta, ha llevado un balance energético y especialmente térmico con el Sol. Gracias a este balance se creó y existe la vida. La cantidad de energía que la Tierra recibe del Sol cada día tiene un valor astronómico. Claro, una parte de esta energía es reflejada, pero la mayoría es absorbida y utilizada por nuestro planeta.

Quiero hacer una aclaración: cuando nosotros nos referimos a que debemos aumentar el aprovechamiento de la energía solar, nos referimos a su aprovechamiento intensivo, no natural, para sustituir el carbón, el petróleo y los reactivos nucleares, porque en la realidad, gran parte de la radiación solar que llega a la Tierra es utilizada y transformada en los procesos naturales. Así, gracias a la radiación solar, se calientan los océanos, las tierras, el aire (energía térmica), surgen las nubes ionizadas o polarizadas (energía eléctrica), llueve y existen los ríos (energía hidráulica), se mueve el aire creando los vientos (energía eólica), crecen las plantas, la biomasa (energía química): en fin, se desarrolla la naturaleza en una perfecta armonía y equilibrio energético.

No me gusta dar datos, pues los datos se olvidan, pero a manera de ejemplo te voy a mencionar algunos. Cuba recibe, en cada metro cuadrado de su territorio, cada día, una radiación solar equivalente, como valor promedio, a medio litro de petróleo. Esto significa que en Cuba, cada año, en todo su territorio se recibe el equivalente a veinte mil millones de toneladas de petróleo. Parece mentira, pero es verdad. Si en un año utilizáramos diez millones de toneladas de petróleo para nuestras necesidades energéticas, tales como la producción de electricidad, el transporte, la industria, etc., ese valor sería 0,05 % de la energía recibida del Sol. ¿No es verdad que es insignificante? Sin embargo, este 0,05 % es actualmente imprescindible y nuestro objetivo es lograrlo también a partir de la energía solar.

Si es tan insignificante, te preguntarás, ¿por qué preocuparse por el uso de los portadores energéticos convencionales? Un poco de veneno o líquido contaminante puede llegar a envenenar o contaminar un lago o un río, aunque parezca insignificante. En cuanto a la energía, ya lo demuestra la práctica. Las lluvias ácidas, el efecto

invernadero, los agujeros en la capa de ozono y los cambios climáticos en general, que provocan la desertificación de las tierras, la subida del nivel de agua de los océanos con la consecuente desaparición de islas y tierras continentales, el calentamiento de la atmósfera y su correspondiente efecto en la vida vegetal y animal, ya nos auguran un mal futuro. Todo esto, como ves, es necesario evitarlo y es posible evitarlo. Sólo debemos trabajar para ello sin crisis económicas ni traumas sociales. No podemos erradicar de un golpe las fuentes convencionales de energía que desgraciadamente en estos momentos son un mal necesario; hay que ir sustituyéndolas progresivamente por las renovables, que son las que mantienen el equilibrio en la naturaleza.

¿Cuáles son los planes concretos de CUBASOLAR para extender el uso de las fuentes renovables de energía?

El principal programa actual de CUBASOLAR es el de la educación y pienso que lo será por muchos años. Estamos apoyando las universidades de montaña, empezando por Sabaneta en Guantánamo, con la creación de los laboratorios de energía solar e instalaciones demostrativas, así como facilitándole información especializada. Ya empezaron los cursos de maestría a sus profesores, impartidos por la Universidad de Oriente y el Centro de Investigaciones de Energía Solar de Santiago de Cuba. Proyectos similares serán terminados este mismo año en el Complejo Docente de Ciudad Libertad, en La Habana, y en el Instituto Superior Pedagógico de la Isla de la Juventud. Estamos tratando de hacerlo este mismo año también en el Instituto Pedagógico de Guantánamo y así, poco a poco, terminar con todos los pedagógicos del país, ya que es en ellos donde se forman los profesores.

Estamos trabajando en otras escuelas de enseñanza media, según las prioridades del Ministerio de Educación. Un proyecto en ejecución muy importante es el de la Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos, en el Caney de las Mercedes, en Granma. Esta ciudad escolar, concebida por Fidel antes del triunfo de la Revolución para educar a veinte mil niños de las montañas, donde Celia puso todo su empeño, el Che hizo su primer trabajo voluntario, y se celebró el primer 26 de Julio fuera de La Habana en 1960, además de su gran valor histórico y social, tiene un valor sorprendente en eficiencia energética, donde desde tan temprano fueron utilizados los principios de la arquitectura solar en la ventilación y en la iluminación, e incluso fue equipada con calentadores solares. Nuestro objetivo es apoyar al MINED en su reconstrucción total.

Nuestro segundo programa en importancia es llevar la electrificación a las montañas y en la etapa actual, el apoyo al sistema nacional de salud, esto es, la electrificación de todos los consultorios médicos de la familia, policlínicas y hospitales de montaña. Hasta el presente hemos electrificado con sistemas fotovoltaicos más de ciento treinta instalaciones y pensamos que en este año podamos terminar todas las instalaciones en varias provincias. También tenemos priorizados el suministro de agua por gravedad y de electricidad al municipio San Antonio del Sur. Con este proyecto lograríamos el abastecimiento de leche a todos los niños de San Antonio de Imías, la zona más desértica de Cuba y además, San Antonio del Sur empezaría a aportar electricidad al país, pues produciría más de la que consume y todo esto con la energía hidráulica.

No quiero extenderme mucho, ya hablé algo de esto anteriormente; tenemos muchos proyectos más en ejecución, y otro de los más importantes es el apoyo a las actividades de investigación y desarrollo, en coordinación con el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, tales como el hidrógeno y las celdas combustible, las cámaras de clima controlado, sistemas de bombeo de agua, nuevos prototipos, nuevos materiales y tecnologías, etcétera.

Los datos que me diste son alentadores, pero el uso intensivo de la radiación solar tiene grandes problemas, como la intermitencia y las dificultades de acumulación, ¿son esos obstáculos insalvables?

En lo absoluto. La intermitencia se resuelve con la acumulación y ésta puede ser natural o artificial. Por ejemplo, los bosques energéticos pueden producir energía durante todo el año y a cualquier hora del día. Los calentadores solares acumulan el calor que reciben durante el día, y si tú quieres, puedes bañarte con agua caliente a las cuatro de la madrugada. Los sistemas fotovoltaicos acumulan la energía eléctrica en baterías y puedes alumbrarte y ver la televisión de noche.

Puedo decirte muchos más ejemplos, pero quiero hacer énfasis en dos, que tienen gran importancia en Cuba.

La caña de azúcar es una gran acumuladora de la energía solar. Es una planta C-4, que llega a aprovechar hasta 2 % de la radiación solar, convirtiéndola en energía química. Dentro de las plantas superiores, se considera la de mayor aprovechamiento de la radiación solar. Pues bien, como tú sabes, Cuba es gran productora de caña de azúcar. Debes saber cuánta azúcar se puede producir con esta caña y todos los derivados, pero ¿sabes cuánta energía se puede producir?

Te voy a decir, aunque no quisiera, unos datos más del Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía. En una zafra de ocho millones de toneladas de azúcar se muelen setenta millones de toneladas de caña y se producen 20,5 t de bagazo y una cantidad igual de residuos agrícolas cañeros. Esto permitiría autoabastecer energéticamente toda la industria azucarera y disponer de un equivalente energético de un millón y medio de toneladas de petróleo cada año en forma de portadores renovables. El segundo ejemplo a que me refería es al potencial hidroenergético nacional, el cual equivale a medio millón de toneladas de petróleo al año.

Ya me referí antes al hidrógeno. Imagínate, por ejemplo, que en una de nuestras hidroeléctricas, que trabajan de tres a cuatro horas a máxima potencia, producimos hidrógeno en las horas de bajo consumo eléctrico y con este hidrógeno hacemos funcionar modernas y cómodas cocinas, y además, suministramos combustible a todo el transporte de la zona. Esto mismo pudiera hacerse en las plantas eléctricas de los centrales azucareros. Tú sabes que el resultado de la combustión del hidrógeno es el agua, que no contamina. Esto pudiera parecerse un sueño, pero es un sueño que está en nuestras manos hacerlo realidad. Es sólo un reto científico y tecnológico.

La energía solar tiene todas las ventajas, pero, la energía convencional es concentrada y la solar es de muy baja densidad, ¿No es esto una gran desventaja de la energía solar, limitante para conseguir el desarrollo de la humanidad?

Lo que aparentemente es inconveniente, pudiera ser ventaja, depende desde qué punto de vista se enfoque el problema. La energía concentrada, dura o convencional (esto es, el petróleo, el carbón y los reactivos nucleares), es un arma de poder del capitalismo. Desde hace mucho tiempo, la principal causa de las guerras en el mundo es la energía. Quien domine la energía, domina el mundo y desgraciadamente está hoy en manos del imperialismo. Es la principal arma del imperialismo. También la utilizó contra la Revolución Cubana, cuando una de las primeras medidas que tomó contra Cuba fue cortarnos el suministro de petróleo. La energía convencional responde a los intereses de los ricos, de los poderosos y hace a los pobres cada día más pobres, más endeudados, más esclavos. La energía renovable, suave o no convencional (esto es, la solar), es un arma contra el capitalismo y contra el imperialismo, pues es de todos. El Sol sale para los chinos, los negros, los indios y los blancos; para las mujeres, los hombres, los

ancianos y los niños; para los pobres y es tan bondadoso que incluso sale para los ricos. El Sol no puede bloquearse, no puede dominarse, no puede destruirse. La energía solar es un arma de los pueblos, del socialismo, y es la única que puede producir el verdadero desarrollo económico y social que necesita la humanidad.

ANEXO XII

Los cubanos se dedican a una nueva campaña de alfabetización bajo la bandera del Sol

ENRICO TURRINI

Intervención en la clausura del Taller Internacional CUBASOLAR '98, celebrado en Santiago de Cuba y Guantánamo, del 13 al 17 de abril de 1998.

Queridos amigos cubanos y participantes de otros países en CUBASOLAR '98.

Al inicio del Taller, apoyándome sobre las experiencias directas de los últimos años, señalé por qué ustedes los cubanos pueden vencer a todo tipo de bloqueo y subrayé la ayuda que ustedes dan a quien, aunque viva en el mundo del neoliberalismo, quiera hacer la elección de la solidaridad y del altruismo.

Me alegra ahora hablar de la nueva tarea que ustedes los cubanos se han propuesto y por la cual ya trabajan con mucho éxito. Acordándose de la campaña de alfabetización a principios de los años sesenta, por supuesto hoy se puede afirmar que al final de los años noventa ustedes se están dedicando a una nueva campaña de alfabetización bajo la bandera del Sol. ¿De qué se trata? Buscamos verla a la luz de la primera alfabetización.

En aquella hacía falta transmitir conocimientos técnicos, como son las letras del alfabeto, reglas de ortografía y gramática, etc. Además, hacía falta también utilizar medios técnicos, como papel, bolígrafos, etcétera.

De manera semejante, en la nueva campaña de alfabetización se deben transmitir nuevos conocimientos técnicos con relación a la elección energética suave o camino del Sol (ahorro de energía y fuentes renovables, como son los rayos del Sol, el viento, el agua, la biomasa) y se deben construir y utilizar nuevos equipos que transformen la energía del Sol en energía eléctrica o térmica, la energía cinética del agua y del viento en energía eléctrica, la energía química de la biomasa en energía eléctrica y térmica, etc. Después, se deben construir sistemas

que permitan almacenar energía (utilizando por ejemplo el hidrógeno solar), que permitan optimizar con medidas de arquitectura bioclimática los flujos energéticos entre el interior y exterior de las viviendas, etcétera.

Hasta aquí se trata de conocimientos y medidas técnicas, nada más.

Por supuesto, los países ricos tienen ventajas respecto a la isleta revolucionaria bloqueada por el mundo del neoliberalismo, pues disponen de recursos considerables. Entonces es probable que en aquellos países se encuentren bolígrafos y papel de calidad superior y tecnología solar más adelantada. Sin embargo, los países que apoyan al neoliberalismo son alérgicos a las alfabetizaciones. No las comprenden en su más profundo sentido.

El muelle de la primera campaña de alfabetización en Cuba fue la voluntad madurada con la Revolución de liberar a un pueblo que padecía en la esclavitud por los imperialistas. Pensamos en la educación antes de los años sesenta: escuelas privadas para unos ricos privilegiados y analfabetismo para la mayoría del pueblo. Los alfabetizadores (muchos entre ustedes lo fueron), por lo general jóvenes entre 12 y 20 años de edad, se dedicaron libremente a enseñar. Un compromiso igualmente libre lo tomaron los que querían aprender a leer y a escribir. La alfabetización tuvo lugar en toda la isla, llegando de igual manera a los lugares más aislados.

Alfabetizadores y alfabetizados se reunían a menudo por la noche trabajando juntos y apoyando, con funciones diferentes, el buen éxito de la campaña. Una lámpara llevaba un poco de luz, una señal adelantada de la segunda alfabetización bajo la bandera del Sol.

Centenares de miles de pequeñas cartas, escritas con mucho cariño, entre ellas la de un viejito de 86 años, recogidas en el Museo de la Alfabetización en Ciudad Escolar Libertad, de La Habana, atestiguan todavía hoy la alegría por la liberación del analfabetismo. Una campaña nacida por la convicción de que la educación para todos es el fundamento de una democracia verdadera, pues permite una participación de todos en la construcción de la sociedad. Una campaña que hizo a un pueblo libre y honrado.

Vamos a examinar en seguida el corazón de la segunda alfabetización.

Es la toma de conciencia que un país puede gozar de libertad y democracia si, además de ofrecer un elevado grado de educación para todos, dispone de un sistema energético (vida de la sociedad) generador de independencia, inagotable, no contaminante y descen-

tralizado; es decir, en las manos del pueblo, en otras palabras, dispone de un sistema basado en la energía que llega del Sol.

Por lo tanto, podemos darnos cuenta de que tanto la primera como la segunda alfabetización tienen sentido político y ético, llegando así al corazón de la Revolución. Es la razón por la cual me gusta subrayar a ustedes los revolucionarios cubanos: el camino del Sol es su camino. Desde luego, esta conciencia energética es bastante nueva y no se deben dejar impresionar si también revolucionarios convencidos necesitan de un poco de tiempo para comprender del todo el camino del Sol.

Entonces, la tarea de la nueva campaña de alfabetización es la de ayudar al pueblo a alcanzar una «madurez energética». Como la primera campaña de alfabetización, ésta también debe ser una elección libre.

Solo así todo hombre puede madurar esos nuevos conceptos revolucionarios.

CUBASOLAR hace un trabajo de alfabetización descentralizado y sencillo; además, con recursos pequeñitos. Exactamente por eso ayuda al desarrollo de una verdadera cultura popular. Basta pensar en la realización por CUBASOLAR de plantas que utilizan las fuentes renovables de energía en los lugares más aislados para hospitales, policlínicas, casas del médico de la familia, escuelas, universidades, círculos sociales y poblados en colaboración con municipios, provincias y ministerios y siempre comprometiendo en los proyectos a médicos, estudiantes, profesores, al pueblo. Basta pensar en la revista científico-popular trimestral de CUBASOLAR, *Energía y tú*, difundida en todas partes de la isleta del Caribe.

Quería añadir que CUBASOLAR hace su campaña de alfabetización con verdadero rigor científico. A veces nos equivocamos pensando que rigor científico significa estudios y discursos teóricos complicados que casi no se comprenden en lugares lejos de la realidad, en palacios de congresos lejos del pueblo. El taller CUBASOLAR '98 que está clausurándose es un ejemplo de «rigor científico en la sustancia».

Se visitaron obras que muestran realizaciones prácticas de la utilización de la energía solar, en las cuales entramos en contacto con el pueblo. En estos días se habló de energía solar y de fuentes renovables, con el máximo rigor científico; viviendo cerca de ellas en el Palacio de las Convenciones de la naturaleza. Esta es mi idea de cómo hacer ciencia.

Es una verdadera revolución en la Revolución que, por supuesto, encanta a los jóvenes; una ayuda para comprender del todo los ideales de la Revolución y a enriquecerla siempre más. Los jóvenes van a

comprender por qué la energía nuclear en manos de los poderosos sacaría a Cuba de su independencia y la obligaría a someterse a la voluntad política y a los controles de ellos. Los jóvenes van a comprender que, una vez difundida la cultura solar, las fuentes renovables de energía en unas decenas de años serán la estructura energética de sustentación del país, teniendo en cuenta la sobreabundancia del Sol, el viento, el agua y la biomasa.

Quien quiere verdadera libertad es altruista. No se limita a liberarse a sí mismo y tampoco a su país, sino se dedica a liberar también a los otros pueblos. Para ustedes los cubanos, la libertad es por supuesto una convicción que está en lo profundo de vuestra historia y de vuestro corazón.

Ustedes los cubanos viven un altruismo radical. Ustedes no limitaron la primera campaña de alfabetización a los compatriotas.

«Hoy» emblemáticamente continúa, pues ustedes tienen las puertas de las escuelas abiertas a muchos estudiantes extranjeros del Sur del mundo. «Mañana», los jóvenes cubanos van a continuar la segunda campaña de alfabetización, hoy en curso para el pueblo de Cuba, para otros pueblos, dedicándose a transmitirles a ellos los ideales del camino del Sol. CUBASOLAR, que agrupa a muchos jóvenes, ya está pensando en eso, según las palabras de su presidente Luis Bériz: «La felicidad actual es sólo momentánea y parcial. Sólo conoceremos la verdadera felicidad cuando la humanidad haya tomado el camino del Sol».

Mejor dicho, según mi experiencia personal, aquel «mañana» ya es «hoy». Hace unos años, en una de mis primeras visitas a Cuba, hablé del «camino del Sol», con referencia a un libro que había escrito con este título, como si explicara una idea nueva. En seguida me di cuenta de que fueron ustedes, los cubanos, los que me alfabetizaron y me permitieron comprender el sentido profundo del camino del Sol, pues ustedes lo viven; así escribí un libro pequeñito *Energía y Democracia: El camino del Sol pone en crisis a la sociedad de consumo*, impreso hace unos meses en Cuba. Por lo tanto, ustedes son los verdaderos autores del librito. Puedo asegurarles que cada vez que vuelvo a Cuba y desde luego ahora, en ocasión de CUBASOLAR '98, me impresiona más el acuerdo entre Cuba y el Sol.

En el Taller CUBASOLAR '96, una mañana Gabriela y yo encontramos cerca de la puerta de la habitación un mapa del lugar y una cartica firmada por el amigo Lisandro Vázquez, del CIES de Santiago, con las palabras siguientes: «¡Este mapa es para que se pierdan y se queden en Cuba!». Con Gabriela querría decir de todo corazón a Lisandro y a

todos los amigos cubanos: «Regresamos a Europa sólo porque en este momento nos parece ser la manera más eficaz para apoyarlos a ustedes en el desarrollo del camino del Sol, pero regresamos a Europa sólo «de visita», como dice el amigo Emir Madruga. Parafraseando aquellas palabras de Lisandro querría añadir: «Cuba nos ofrece un mapa, es decir, una pista de camino revolucionario, para que el mundo del neoliberalismo, de los privilegios y de las injusticias pierda para nosotros la atracción. No tenemos miedo de la hostilidad de ese mundo hacia Cuba. Por el contrario, se comprueba que no han logrado corromperlos a ustedes. Acogemos con alegría el regalo de ustedes, aquel mapa, para quedarnos y vivir con ustedes la solidaridad y el altruismo que el Sol nos sugiere».

ANEXO XIII

La alternativa de la humanidad es el desarrollo sostenible

ENRICO TURRINI

Conferencia en la apertura del Taller Internacional CUBASOLAR 2004, el 22 de abril, en la ciudad de Guantánamo.

El lema que preside el Taller Internacional CUBASOLAR 2004 es «Globalicemos el desarrollo sostenible»; un lema que debemos sentir como una tarea nada fácil pero fundamental para el presente y el futuro de nuestro planeta; tarea que debe dar aliento a todos los participantes en el Taller, en unión con el pueblo de la provincia de Guantánamo, y aportar la fuerza para encaminarnos cada vez más hacia esa dirección, y poner también esa tarea como finalidad de nuestras vidas. En este sentido hoy es muy importante la presencia de representantes del Partido y del Gobierno de la ciudad y de la provincia, es decir, representantes de los guantanameros, del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), de la Academia de Ciencias de Cuba y de CUBASOLAR, y también la presencia de los extranjeros que muestran el carácter global, sin fronteras, de esta tarea. Aquí sí se trata de una globalización verdadera, que consiste en caminar juntos con igual dignidad para construir un mundo nuevo de justicia y paz, y que, por lo tanto, no tiene nada que ver con la mentirosa globalización neoliberal, que intenta poner todo el planeta en las manos de un reducido grupo de poderosos.

Ante todo tenemos que preguntarnos: ¿cuál es el sentido profundo del desarrollo sostenible? La Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD) propuso, en 1988, la definición siguiente: «el desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades», y se puso en evidencia la importancia de otorgar prioridad preponderante a las necesidades de los pobres. Sin embargo, hace falta, en mi opinión, dar un paso adelante. Desarrollo sostenible debe significar desarrollo

integral medioambiental y humano, sin olvidar que el hombre es parte del medio ambiente, y que debe actuar de manera tal que la naturaleza no perezca, sino que al contrario, pueda ganar en equilibrio y fuerza vital, y que se adelante en dirección de iguales condiciones de vida e igual dignidad para los hombres; es decir, que todos los pueblos participen en las elecciones y decisiones. El desarrollo sostenible es sólo posible caminando juntos y mirando la naturaleza, en el total respeto de las diferentes culturas y en la absoluta igualdad de derechos y deberes. No es en vano que he incluido las palabras «mirando la naturaleza», pues ella es maestra del desarrollo sostenible. Es ella la que nos enseña la importancia de los ciclos para garantizar un equilibrio de vida hoy y mañana: miremos, por ejemplo, a las estaciones, o sea, a la primavera, el verano, el otoño y el invierno, que permiten ese equilibrio. Es ella la que nos enseña a evitar los despilfarros: nada se pierde en la naturaleza, y la muerte misma se transforma en fuente de vida, como acontece con las hojas de los árboles, que al final del ciclo se caen en la tierra, se transforman en humus y permiten a otras plantas nacer y desarrollarse. Es el Sol, corazón de la naturaleza, el que nos enseña la igual dignidad de todos los seres; el que envía su energía vital con igual cariño a la hormiguita, al pajarito y al hombre, expresando así, de manera clara, qué importante es para un desarrollo correcto la vida de todos los seres.

Este Taller está en total acuerdo con la concepción del desarrollo sostenible que acabo de mencionar, pues los participantes no se quedan en una sala de congresos, sino que van a pasar una semana intercambiando experiencias en pleno contacto con la naturaleza. De este modo las discusiones sobre los problemas energéticos, ecológicos, sociales y políticos pierden el carácter teórico y se hacen realidad.

Ahora necesitamos preguntarnos: ¿en qué mundo vivimos hoy?, ¿cómo nos estimula? La ideología neoliberal dominante propone un desarrollo en el cual el más poderoso tiene siempre la razón; un mundo, por tanto, de dueños y de esclavos. Es suficiente pensar en el sistema económico impuesto al mundo a través del Fondo Monetario Internacional y de la Organización Mundial del Comercio; un sistema que permite a los países ricos invadir el mundo con sus productos y dejar a los países pobres como única posibilidad la venta, a bajo precio, de las materias primas y el suministro de mano de obra muy barata (ver el Acuerdo de Libre Comercio, como la NAFTA, ya en funcionamiento, y el ALCA); un sistema que busca privatizar y tener bajo control todos los servicios y bienes esenciales, como la educación, la salud,

los medios de comunicación e información, el transporte y el agua, lo que pone a miles de millones de personas en una falta total de seguridad física y social. Además, el modelo económico actual se basa en el crecimiento económico infinito, sin tomar en cuenta la realidad de un planeta con una limitada capacidad de renovar sus recursos naturales. De este modo se destruye el medio ambiente, porque se explotan preferiblemente las fuentes de energía no renovables, fósiles y nucleares. Las fuentes nucleares son responsables de la presencia de altas tasas de radiactividad debido a la emisión de radionúcleos, presentes también en el funcionamiento normal de las centrales nucleares y de las estaciones, donde se trata el combustible nuclear, que provoca el aumento de los casos de tumores y leucemias. En relación con los fósiles, por el efecto invernadero debido a la liberación de dióxido de carbono a la atmósfera por la quema de carbón, petróleo y gas, las temperaturas suben y la amenaza del cambio climático se hace realidad (ver, por ejemplo, el fuerte aumento de la desertificación). El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPPC) en su informe del año 2001 confirmó que el calentamiento global está ocurriendo más rápido de lo que pensaban: o sea, en el siglo xx la temperatura no aumentó en 0,45°, sino mucho más. Es decir, 0,60°. Al efecto invernadero se añade el deterioro de las selvas, la muerte de millares de lagos y la desaparición definitiva de especies de animales y plantas por las lluvias ácidas debidas a la emisión de óxido de azufre y nitrógeno producto de la combustión de los fósiles. Hoy está en marcha una verdadera batalla por las reservas petroleras en el mundo. Es suficiente pensar en la guerra contra Iraq, que no da señal de acabarse, presentada como medida para evitar el peligro de supuestas armas de destrucción masiva de Iraq, hasta ahora nunca encontradas, y realmente provocada por el hambre de apropiarse del petróleo del segundo país del planeta en reservas de oro negro. Además, hoy se está buscando revitalizar el desarrollo de la energía nuclear, desarrollo que se había reducido después del accidente de Chernóbil. Puede uno así darse cuenta de que las medidas del mundo del neoliberalismo para un desarrollo sostenible están totalmente equivocadas y llevan al subdesarrollo del medio ambiente y de los pueblos. Estas críticas al neoliberalismo se deben entender como una señal de amor para ayudar a cambiar el camino, para que se hagan realidad las palabras de José Martí: «el amor rebasa y se expande; y este es tiempo de amor, aun para los que odian».

¿Qué proponer –y lo pregunto con cariño particular a ustedes los jóvenes aquí presentes–, para tomar el camino de un verdadero desarrollo sostenible, permitiendo que la vida de todos los seres se haga siempre más bella y agradable? Importante no es quedarse en las palabras, a veces lindas pero vacías. Debemos traducir en realidad la idea del desarrollo sostenible de manera que cada acción de nuestra vida, a partir de las más sencillas, contribuya a la construcción de un mundo mejor. Un pequeño cuento oído en una conversación puede ayudarnos a comprender este concepto: Un ermitaño estaba sentado en una cueva, meditando, cuando se le acercó un ratoncito, que se puso a roerle la sandalia. El ermitaño abrió los ojos y dijo irritado: «¿Por qué me molestas en mi meditación?». El ratoncito le contestó que tenía hambre. Y el ermitaño: «¡Vete de aquí, necio! Estoy buscando la unidad con Dios. ¿Cómo te atreves a molestarme?». El ratoncito respondió: «¿Cómo puedes encontrar la unidad con Dios, si ni conmigo te sientes unido?».

Para avanzar en el camino de la sostenibilidad son necesarios objetivos y medidas que se pueden resumir en los nueve puntos siguientes:

1. Como primer punto, que incluye todos los otros, me parece oportuno poner la sobriedad, es decir, la capacidad de elegir una vida sencilla pero digna, de manera que todos puedan alcanzarla, permitiendo además que los pueblos puedan gozar de los servicios sociales fundamentales, como la salud, la educación, el empleo, el descanso, y puedan participar activamente en las actividades sociales y políticas, y vivir en un ambiente equilibrado y sano.
2. El sector energético es de primaria importancia y por eso hace falta aceptar integralmente la propuesta del Sol, tomando con decisión su camino, que consiste en el uso eficiente de las fuentes renovables de energía, inagotables, limpias y a disposición de todos los pueblos en forma diversificada. Se trata de la energía solar directa, explotando sus características térmicas y fotoeléctricas, e indirecta, en forma de agua, viento o biomasa. Según estudios avanzados de expertos en el sector, con la utilización inteligente de la energía se podrá reducir a la mitad el consumo energético de los países industrializados, en el 2020, y permitir así el crecimiento necesario del consumo en los países del Sur, para al final obtener índices globales casi iguales a los que reportan los países actualmente desarrollados. Por supuesto, las fuen-

tes renovables deben ser utilizadas con mentalidad solar, con sobriedad y en forma descentralizada, sin gastar la naturaleza. Unos ejemplos: instalación de calentadores solares y de módulos fotovoltaicos en superficies no utilizables para otras finalidades, como los techos y paredes externas de edificios, embarcaciones, etcétera; instalación de aerogeneradores de potencia media, de hasta algunos megawatt, en parques eólicos; realización de centrales minihidroeléctricas del orden de las decenas de kilowatt hasta algunos megawatt, utilizando sólo una pequeña parte del agua de los ríos; posicionamiento en las corrientes submarinas de pequeñas turbinas semejantes constructivamente a las de viento; uso de la energía de las olas con pequeñas bombas hidráulicas y columnas de agua oscilante; utilización de la biomasa (residuos de los bosques, agrícolas y animales, aceite, etc.), en pequeñas centrales térmicas y en plantas de biogás. La descentralización de las fuentes de energía y el consiguiente uso de equipos relativamente pequeños no sólo minimizan el impacto ambiental, sino también favorecen la descentralización del poder, la autonomía de los órganos locales y la responsabilidad social del ciudadano, permitiendo así el desarrollo armónico e independiente de cada país, de cada provincia, de cada poblado. Hablando de las fuentes renovables, no se puede olvidar un producto de ellas, el hidrógeno solar, que es posible obtener de manera sencilla a través de la electrólisis del agua utilizando la electricidad producida por fuentes solares. Se trata del vector energético del siglo **xxi**, que permite el fácil almacenamiento de la energía solar. Es un combustible totalmente limpio, energéticamente el más eficiente, se puede quemar o utilizar en las celdas de combustible que producen directamente electricidad. Su aporte al desarrollo sostenible será fundamental. El transporte se debe considerar parte del sector energético. Medidas importantes son las de reducir el tráfico de automóviles privados, fomentar el transporte público, sobre todo por ferrocarril, frenar donde sea posible el crecimiento del tráfico aéreo muy energívoro, promover en las ciudades el uso de la bicicleta con sus propias carreteras, un medio de transporte barato, sano y verdaderamente ecológico. Finalmente, se debe subrayar que el Sol es muy generoso: nos brinda una cantidad de energía renovable muy superior a la que la humanidad necesita. Desde el punto de vista económico, si se tienen en cuenta los costos sociales de las fuentes convencionales de energía, que incluyen los

gastos debidos a la destrucción del medio ambiente, los efectos ocupacionales negativos, el gradual agotamiento de las reservas y, no se deben olvidar, los gastos militares para controlar las vías de acceso al petróleo o para apoderarse de él; y si, por el contrario, se considera que los costos de las fuentes renovables se reducirían drásticamente cuando se llegue a una producción industrial en serie, las energías solares ya hoy serían económicamente más ventajosas que las otras.

3. En relación con el desarrollo territorial es fundamental una política que favorezca una ocupación equilibrada del territorio, respetando el medio ambiente, la conservación del suelo y del paisaje, dando prioridad a la conservación o recuperación de las cuencas hidrográficas y luchando contra la desertificación. Para las ciudades se debería promover el concepto de ciudad-jardín con zonas verdes abundantes, donde la población, sobre todo niños y ancianos, puedan encontrar lugares saludables de descanso cerca de la vivienda.
4. La conservación de la biodiversidad es un aspecto muy importante para la sostenibilidad, que se debe tener en cuenta especialmente en los sectores dependientes de la explotación directa de los recursos naturales. Por ejemplo, en la agricultura se debe reducir el empleo de productos químicos dañinos y promover técnicas agrarias compatibles con el medio ambiente; se debe conseguir una protección efectiva de todos los tipos de ecosistemas forestales y restaurar los degradados; debe desarrollarse una práctica pesquera sostenible con una gestión basada en el equilibrio de los ecosistemas, modificando las técnicas que causan mayor impacto ambiental y creando una red de áreas marinas protegidas.
5. En la producción industrial es imprescindible el desarrollo de los sistemas de producción limpia con una reducción, o mejor, con la eliminación de los compuestos orgánicos tóxicos y persistentes.
6. En relación con los residuos, debería priorizarse el reciclaje y el compostaje, eliminando la incineración como sistema de gestión de residuos y desarrollando también tecnologías que lo reduzcan.
7. En las actividades turísticas debería abandonarse el modelo actual de turismo de masa, minimizar la contaminación y el despilfarro de agua y energía, y promover un turismo responsable, diversificado, de calidad; en una palabra, un turismo sostenible.
8. Sólo una verdadera cooperación internacional puede permitir la integración progresiva de los diferentes países en una economía

internacional social y ambientalmente sostenible, que mejore la calidad de vida con la promoción de la justicia social, de los derechos humanos y de la defensa del medio ambiente.

9. El último punto, quizá uno de los más importantes para que el desarrollo sostenible se haga realidad, está relacionado con las tareas de educación, concienciación, participación y sensibilización social. Se trata de realizar para jóvenes y adultos programas de educación ambiental, como aulas de naturaleza, campamentos ambientales, visitas a espacios naturales, incorporando en el sistema educativo el concepto de sostenibilidad con sus factores culturales, sociales, políticos y económicos. Se puede llegar así a una concientización del pueblo y a una participación efectiva de la sociedad civil en la realización de un verdadero desarrollo sostenible. En este contexto me parecen muy significativas las palabras de Fidel en ocasión de la inauguración de la Conferencia de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, en La Habana, el 1ro. de septiembre de 2003: «El verdadero drama está en la ignorancia sobre tales riesgos... desde mi punto de vista, no hay tarea más urgente que crear una conciencia universal, llevar el problema a la masa de miles de millones de hombres y mujeres de todas las edades, incluidos los niños, que pueblan el planeta».

¿El desarrollo sostenible es un camino posible? Este Taller nos va a brindar una respuesta positiva. Se trata de un Taller que tiene lugar en una islita del planeta que con su maravillosa Revolución sabe traducir poco a poco en realidad el concepto de desarrollo sostenible y que, por lo tanto, nos da la oportunidad de mirar los resultados concretos del camino emprendido. Aquí quiero expresar, en mi nombre y en el de mi esposa Gabriela, un agradecimiento particular al pueblo cubano, que en su gran mayoría está aplicando las medidas antes mencionadas para adelantar en el camino de la sostenibilidad. Los cubanos no se dejan deprimir por los sufrimientos debidos al bloqueo y a todo tipo de ataques en contra de la islita del Caribe; saben elegir la sobriedad, compartiendo y ayudándose con amor y cariño, logrando así no sólo tener una vida digna y saludable, con servicios sociales, como la educación y la salud para todos, impensables en los países pobres del Sur y tampoco en los países del Norte, ricos en dinero y armamentos, pero pobres en solidaridad y altruismo, sino también en abrir las puertas a miles de jóvenes pobres de otros países para que puedan estu-

diar gratuitamente en Cuba y de enviar miles de médicos (hoy son más de quince mil) a lugares del mundo donde se necesitan. Un ejemplo: en el sector energético Cuba ha logrado cubrir 30 % de su gasto energético con las fuentes renovables de energía, y la provincia de Guantánamo, donde nos encontramos, llega ya a 50 %. En toda la isla más de dos mil escuelas aisladas y muchísimos hospitales, casas del médico de la familia y salas de vídeo están equipados con paneles fotovoltaicos que ahora se fabrican en la Isla. La arquitectura bioclimática está desarrollándose con buenos resultados, como se puede ver por el ejemplo en la Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos, en la provincia Granma. La protección de la biodiversidad tiene prioridad. Se pasa poco a poco de las monoculturas (caña de azúcar) a los cultivos organopónicos diferenciados sin la utilización de productos químicos dañinos. Se realizan obras importantes en la lucha contra la desertificación (San Antonio del Sur en la provincia de Guantánamo); se hace un trabajo muy valioso para la conservación y la recuperación de las cuencas hidrográficas (por ejemplo, la cuenca de Majimiana, también en la provincia Guantánamo); se trabaja mucho en la reforestación de la Isla con resultados sorprendentes (ya casi 25 % de la superficie del territorio nacional es bosque, contra 14 % al inicio de la Revolución). Se hace un esfuerzo considerable para la promoción de un turismo ecológico de calidad. Al final, la concienciación y participación del pueblo en relación con temáticas de desarrollo sostenible alcanzan niveles muy altos. Se multiplican los encuentros, las tribunas abiertas y las mesas redondas. Por ejemplo, al final de febrero de este año tuvo lugar con mucho éxito, en La Habana, el Primer Taller Nacional de Comunicación e Información sobre Energías Renovables. Todas las escuelas están equipadas con televisión y computadora para el desarrollo de una verdadera cultura solar. Ya existen en la provincia Granma diferentes círculos de interés «Por el camino del Sol», para niños de escuelas de la enseñanza primaria; se organizó en abril el Primer Taller Infantil de Energías Renovables con un concurso de redacción y dibujo infantil, y seguirá un segundo Taller en septiembre de este año en el mismo lugar. Las escuelas primarias se están dotando de jardines martianos donde los niños aprenden lo que la naturaleza enseña. Se trata de una verdadera alfabetización solar de un pueblo que logró ponerse en el camino del desarrollo sostenible, rechazando una esclavitud con aparentes ventajas económicas y eligiendo la sobriedad y la dignidad que hacen al hombre libre. Se puede así afirmar que los cubanos tomaron el camino señalado con sabiduría por el filósofo griego Dióge-

nes, 350 años a. C., como se puede aprender por un pequeño cuento del biógrafo latino Svetonio Aristippo: otro filósofo griego que por oportunismo se hizo lacayo del rey, mirando a Diógenes que estaba cocinando una sopa de lentejas, le dijo: «Si tú aprendieras a adular al rey no deberías contentarte con un plato de lentejas». Diógenes le contestó: «Y si tú hubieras aprendido a vivir de lentejas no tendrías la necesidad de hacerte lacayo del rey».

Me alegra terminar estas palabras animando de todo corazón a ustedes los cubanos, en particular a los jóvenes, a no tener nunca miedo de las lentejas y a seguir con siempre más fuerza y dignidad por el camino del desarrollo sostenible. El ejemplo de esta pequeña islita es fundamental para el futuro del planeta. Deseo también expresar a los extranjeros aquí presentes que esta semana nos ayudará a comprender que «el sueño de hoy» de un desarrollo sostenible a escala mundial será, como dijo José Martí, «la realidad de mañana». Por lo tanto, todos juntos podemos expresar con palabras cubanas el sentido de este Taller de la manera siguiente: «¡Desarrollo sostenible o muerte!». Confiando en tus palabras, querido José Martí: ¡Venceremos!

ANEXO XIV

Fuentes renovables de energía y energización rural. Algunas experiencias y recomendaciones

EMIR MADRUGA

(Energía y tú, No. 10, abr.-jun., 2000).

En Cuba, durante el período revolucionario y antes del Período Especial se pudo desarrollar el Sistema Electroenergético Nacional como una sólida columna vertebral energética que alcanza a más de 95 % de los usuarios; una verdadera conquista social, aunque sobre la base de termoeléctricas y petróleo importado, dependencia que se irá reduciendo en la medida en que se desarrolle la cogeneración en la industria azucarera como solución de fondo, el aprovechamiento del viento, la hidroenergía y el uso del petróleo nacional y el gas acompañante, que logran hoy casi cubrir la generación, junto a una política y una legislación que garantice la mayor conveniencia económica y ambiental para el país.

Incluso, en las condiciones de montaña y rurales remotas (donde antes del triunfo de la Revolución casi no se conocía la electricidad), gracias al esfuerzo realizado por la Revolución, la electrificación por todas las vías alcanzó un valor promedio nacional superior a 80 % de las necesidades, restando por electrificar en esas zonas unas cien mil viviendas.

El costo de la extensión de las redes del Sistema Electroenergético Nacional alcanza, en dichas condiciones, los 12 500 USD por kilómetro, incluyendo todos los materiales y recursos necesarios, y se justifica por las actividades económicas o sociales que respalda. En Cuba, antes del Período Especial, se había fijado un mínimo de 25 usuarios por kilómetro o un objetivo económico que lo justificara.

El servicio eléctrico con plantas diésel requiere, además de la inversión inicial, del constante suministro de combustible, lubricantes, partes y piezas consumibles o desgastables, así como de operación y mantenimiento calificado. Para garantizar confiabilidad en el servicio de instalaciones imprescindibles, tales como hospitales de montaña y centros de comunicaciones, es necesario además duplicar

la instalación y disponer de una capacidad de almacenaje de combustible para garantizar el funcionamiento en épocas de lluvia.

XIV.1. OPCIONES DE ENERGIZACIÓN RURAL

Las opciones para la energización rural remota y de zonas montañosas y difícil acceso se deben seleccionar tomando en consideración las fuentes locales de energía renovable disponibles, la calidad y cantidad de la demanda de portadores energéticos necesarios para satisfacerlas, el impacto político, social, económico y ambiental; y el desarrollo a corto mediano y largo plazos, en comparación con soluciones convencionales reales equivalentes y, desde luego, tomando en cuenta los recursos financieros y materiales disponibles en el tiempo.

Si se trata de electrificar núcleos poblacionales con viviendas agrupadas, hay que analizar las disponibilidades locales de fuentes apropiadas para el aprovechamiento hidroenergético. Están estudiadas las posibilidades de más de cuatrocientas minihidroeléctricas en el país; de ellas, más de doscientas se encuentran construidas y unas ciento sesenta en funcionamiento, que brindan servicios a más de treinta mil habitantes en zonas montañosas; el resto está pendiente de la construcción o de las líneas eléctricas, detenidas por el Período Especial.

Otra posible solución es el uso de la energía eólica para la producción de electricidad. Se han realizado estudios que demuestran que en Cuba existen grandes posibilidades de utilización de aerogeneradores, principalmente en la costa norte de las zonas central y oriental de país. Así lo demuestra la instalación del parque eólico de Turiguanó, con dos máquinas de 225 kW de potencia cada una conectadas a la red, y nueve proyectos demostrativos híbridos solucionando problemas sociales y económicos.

Para que las soluciones que se apliquen sean realmente de fondo, permanentes y óptimas desde todos los ángulos, hay que evitar la aplicación de esquemas o facilismos que trasladen, con las aparentes «soluciones», los problemas, costumbres, daños, dependencias e insostenibilidad que significan. Hablamos de energización y no de electrificación simplemente, rompiendo precisamente los esquemas habituales.

XIV.2. LA ENERGÍA NI SE CREA NI SE DESTRUYE, SOLAMENTE SE TRANSFORMA O SE DESPILFARRA

Cada transformación provoca pérdidas, de ahí la gran importancia de seleccionar, para cada necesidad, la forma de energía

o portador energético idóneo para resolverla, sobre todo cuando la naturaleza la pone en nuestras manos, con lo que se elimina toda forma de dependencia.

Lo dicho hasta ahora puede interpretarse como muy razonable, simple, hasta lógico, pero en realidad los esquemas y patrones que se han formado históricamente, adecuados a la sociedad de consumo o importados de países y condiciones muy diferentes a la realidad del Tercer Mundo, han creado una incultura energética en los usuarios, técnicos y decisores que nada tiene que ver con el camino del Sol. De ahí la importancia de desarrollar universalmente una cultura energética revolucionaria y de respeto ambiental a todos los niveles.

El petróleo no es solamente un producto más de mercado en manos de las transnacionales de los países subdesarrollantes. Ha sido causa histórica de las guerras de rapiña del imperialismo y la razón principal de la deuda externa de los países en desarrollo. Es principalmente una gigantesca palanca del poder utilizada, en el caso de Cuba por ejemplo, para tratar de ahogar tempranamente la Revolución.

Pero ¿cuánto cuesta el petróleo? Para su prospección hay que utilizar métodos de teledetección con satélites, sísmica y costosas perforaciones que comprometen las economías antes de disponer de una sola gota, y si se encuentra, es necesario invertir inmensas sumas en equipos para su extracción, transporte especializado, refinerías, costosas termoeléctricas para generar electricidad (con pérdidas del orden de 60 % hasta hoy inevitables), redes de transmisión, subestaciones y redes de distribución (con nuevas pérdidas mayores a 15 %) y llegar con el servicio eléctrico para disponer de electricidad y poder darle uso, desgraciadamente también, en servidos tales como iluminación diurna, climatización de locales no necesarios, calentamiento de agua.

Sobran comentarios, pues es sencillamente cosa de tontos o enajenados por la cultura del consumismo y el despilfarro.

¿Cuánto cuesta, además, la contaminación del mar, de la tierra y del aire producida por el petróleo?

El portador energético más caro es aquel del que no se dispone cuando se necesita, y el más barato es aquel que se usa con la eficiencia óptima.

XIV.3. FACTORES A TOMAR EN CUENTA EN LA ENERGIZACIÓN RURAL

En general, en cada análisis particular de energización rural se recomienda:

Realizar un inventario exhaustivo de todas las fuentes disponibles, principalmente las locales, y comenzar el análisis pormenorizado de las demandas:

1. *Electricidad.* Usarla solamente en servicios imprescindibles. Por ejemplo, en una casa, en iluminación nocturna, en equipos de refrigeración, televisión, radio y otros electrodomésticos necesarios y con alta eficiencia.
2. *Iluminación y ventilación.* Agotar las posibilidades de aplicar los principios de la física ambiental y la arquitectura bioclimática para reducir al mínimo imprescindible las necesidades energéticas y lograr el nivel de confort adecuado, por medio de una correcta orientación, ubicación y distribución interna de las edificaciones, ubicación de ventanas, vanos, monitores, lucernarios, tragaluces, aislamiento térmico, apantallamiento natural y artificial, colores de paredes y ventanas, y un adecuado balance entre todos los factores. De requerirse, utilizar los niveles óptimos de iluminación y ventilación para cada uso final, priorizar circuitos seccionados, iluminación puntual, tubos fluorescentes, compactos, diodos luminiscentes, temporizadores y detectores de presencia, etcétera.
3. *Calentamiento y secado.* Usar el calentamiento solar para agua, aire y otros mediante calentadores, secadores etcétera.
4. *Abastecimiento de agua.* Tomar en consideración las fuentes y el uso final, y considerar por orden: acueductos por gravedad, recolección del agua de lluvia (aljibes, estanques), arietes hidráulicos, turbinas hidráulicas-bombas, molinos de viento, bombas de tiro animal, bombas de cuerda, bombas solares, y tratamientos para la reutilización y desalinización.
5. *Fuerza.* Evaluar las posibilidades de acoplamiento directo a turbinas y ruedas hidráulicas de despulpadoras, molinos, compresores y aereadores; utilización de biogás en motores de combustión interna y en motores de combustión externa o máquinas de vapor, con el uso de biomasa residual como combustible. Velar por el dimensionamiento y el diseño adecuado a cada necesidad y el uso de la energía secundaria.
6. *Cocción de alimentos.* Evaluar la posibilidad del uso del biogás, de cocinas eficientes de biomasa y de cocinas eléctricas, hornos de microondas o inducción en los lugares donde haya instalaciones hidroeléctricas con capacidad suficiente.

XIV.4. EXPERIENCIAS CUBANAS EN LA ELECTRIFICACIÓN SOLAR

Sin lugar a dudas, el uso de la energía solar fotovoltaica para garantizar los servicios en pequeñas dimensiones (casas consultorios del médico de la familia, hospitales, círculos sociales, escuelas, etc.), ha demostrado ser la solución óptima, tanto desde el punto de vista de confiabilidad, como por los costos a mediano y largo plazos.

En Cuba se han ejecutado más de seis mil proyectos que así lo demuestran, estando electrificados todos los hospitales, todas las escuelas con alumnos internos, y casi cuatrocientos de los consultorios del médico de la familia, base del sistema de salud cubano, que faltaban por electrificar por estar ubicados en lugares de difícil acceso y alejados de la red nacional.

Cuando se trató, por ejemplo, de garantizar la televisión educativa en las zonas no electrificadas del país, sin lugar a dudas la solución aceptada fue la solar, aunque para garantizar el buen funcionamiento se tomó en consideración, principalmente, el correcto dimensionamiento de la instalación, la correcta disciplina de su uso, la capacitación y la garantía del mantenimiento.

Las 2 368 escuelas primarias electrificadas con sistemas que aseguran además el uso de computadoras según matrícula, coinciden con comunidades o agrupaciones de viviendas no electrificadas y, salvo en aquellas donde exista una solución a la electrificación a la casa consultorio o círculo social, o a una escuela con alumnos internos, se convertiría en el único lugar de la comunidad donde hubiese la posibilidad de información o esparcimiento utilizando dicho medio masivo.

Si bien es cierto que los escolares externos utilizarían la televisión educativa durante el día y las computadoras personales, lo que requiere sólo de una solución mínima, el resto de la población y los adultos presionarían para utilizar la instalación en horario nocturno y para ello la instalación mínima resultaría insuficiente; y, de utilizarse, de todas maneras provocaría el deterioro acelerado de las baterías y la nulidad del esfuerzo, por lo que se decidió además, según el número de habitantes, construir y electrificar más de mil ochocientas salas de televisión, que constituyen hoy centros comunitarios importantes.

En algunos países del Asia se han diseñado como alternativa centros para recargar baterías de plomo ácido asociadas a una minihidroeléctrica, una planta diésel o un arreglo solar a partir del cual los usuarios transportan, como pueden, las baterías para su recarga cada dos o tres días. El abuso en la extracción de energía de las baterías, así como los avatares de la transportación, causa un rápido deterioro

de las baterías, lo que califica a esta práctica como una solución no confiable y económicamente no ventajosa.

Las características de dispersión de la vivienda campesina cubana, fundamentalmente en las zonas montañosas; la necesidad de vincular a los trabajadores agrícolas, pecuarios y forestales a sus áreas de trabajo, así como los costos actuales de las soluciones solares, inclinan a proponer sistemas modulares que incluyen el alumbrado a cinco lámparas fluorescentes, servicios de radio y televisión en color a un costo de 1 860,00 USD por unidad (todo incluido), y soluciones comunitarias para la refrigeración, puesto que encarecería demasiado las instalaciones individuales. Estos sistemas de refrigeración se colocarían en las tiendas mixtas, los círculos sociales, la farmacia y el consultorio del médico de la familia, programa en el que sólo hemos podido archivar discretos avances y en el que se trabaja en la búsqueda del financiamiento.

El camino del Sol y la Revolución Cubana en el siglo xxi

ENRICO TURRINI

(Energía y tú, No. 28, oct.-dic., 2004).

XV.1. INTRODUCCIÓN

Como se expuso antes, hoy vivimos en un mundo dominado por la ideología inhumana del neoliberalismo, en el cual el desequilibrio entre el Norte y el Sur se hace siempre mayor. Las fuentes convencionales de energía (fósiles y nucleares), que deberían brindar vida y bienestar a la sociedad humana, se encuentran aceleradamente en fase de extinción, a lo que hay que sumarle la predicción de que en menos de una década su demanda superará la oferta, debido principalmente al uso dispendioso que hacen de ellas los países del Norte, lo que las convierten en un caos económico para los países subdesarrollados y en motivos de guerra para los poderosos, por tenerlas en sus manos. Como si esto fuera poco, la industria energética actual es la principal fuente de destrucción de nuestro planeta, por su agresiva contaminación del medio ambiente.

Por lo tanto, el mundo urge de un cambio en su política energética actual para evitar la especulación, las presiones políticas, la inestabilidad social, el empobrecimiento de los países del Sur y la destrucción de la humanidad.

Cuba tiene todas las facilidades y oportunidades, puede convertirse en un ejemplo de este cambio y así mostrar una señal concreta en un nuevo camino, en la dirección hacia un mundo nuevo posible.

Esto es alcanzable si se perfecciona el actual Sistema Electroenergético Nacional (SEN), transitando principal y consecuentemente por el camino del Sol, al privilegiar la eficiencia energética y la utilización de las fuentes renovables de energía, y demostrar a la humanidad que es posible desarrollar un sistema energético sustentable, como evidencia de que nuestro planeta puede salvarse y tener un futuro mejor, más seguro y estable.

XV.2. EL RETO

Miremos el grano de maíz, tan pequeñito y tan frágil, del cual hablara José Martí. Si él encuentra un ambiente natural no contaminado por la locura de hombres insensibles; es decir, si está acariciado por el Sol, que le brinda aire puro, agua limpia y abundante, y tierra fértil, crece mucho y se transforma en una planta que se desarrolla y fructifica, capaz de brindar energía sana a otros seres. Esto es un ejemplo de desarrollo en dirección a la vida, de desarrollo sostenible. ¿Cómo puede la sociedad humana desarrollarse como ese grano de maíz de manera sostenible, logrando que todos los hombres tengan condiciones de vida sana (alimentación, escuelas, hospitales, viviendas, medios de transporte, sistemas para alumbrar, etc.), y al mismo tiempo cuidar la vida de la naturaleza? En otras palabras, ¿cómo puede la sociedad humana brindar energía positiva permitiendo a todos los hombres y a todos los seres una vida digna hoy, y todavía más mañana?

XV.3. UN CAMINO AGOTADO (NECESIDAD DE UN CAMBIO)

Para contestar la pregunta hace falta ante todo darse cuenta de que la elección energética actual es un camino agotado que necesita ser cambiado. Este camino es hijo de la revolución industrial iniciada en la segunda mitad del siglo XVIII con la máquina de vapor de James Watt. Para su funcionamiento se empezó a utilizar carbón de madera y en seguida el carbón de piedra, el petróleo y el gas. Se entró así, poco a poco, en la era fósil (hoy representa aproximadamente 80 % de la energía primaria en el mundo), con el complemento de la energía nuclear a partir de la segunda mitad del siglo XX. Una elección energética en total correspondencia con la ideología del neoliberalismo, hoy predominante en el mundo, que desgraciadamente tomaron también los antiguos países socialistas (URSS, etc.), traicionando la ideología socialista muy lejana de este tipo de elección (recordemos al Che, siempre vivo y presente, cuando expuso consideraciones críticas sobre el campo socialista europeo por haber «hibridizado el sistema utilizando las armas melladas del capitalismo»), como puede verse seguidamente al examinar las características principales de la elección fósil-nuclear:

1. Agotamiento de estas fuentes de energía. Los combustibles fósiles, acumulados en las entrañas de nuestro planeta en tiempos muy largos de millones de años, tomando en cuenta la continua subida de los gastos energéticos, se agotarán en unas decenas

de años o cuando mejor en cien o doscientos años. Incluso, el combustible nuclear empleado en reactores nucleares convencionales, si se utilizase para satisfacer todas las necesidades de la humanidad al ritmo de consumo actual, se agotaría en sólo treinta o cuarenta años.

2. Destrucción de la vida en nuestro planeta. El uso de los combustibles fósiles produce, como sabemos, el efecto invernadero (en el siglo xx la temperatura media aumentó 0,6 °C y la sequía muy fuerte de los últimos años hablan claro) y las lluvias ácidas con la destrucción de bosques, la muerte de la fauna acuática, etc. Las centrales nucleares producen plutonio y otros productos radioactivos con una vida media de diez mil a veinte mil años, que contaminarían el medio ambiente aun si funcionaran normalmente. En caso de accidentes los daños son catastróficos, como en Chernóbil. La fusión nuclear contamina también el medio ambiente por la emisión de radiaciones nucleares causadas por la producción de tritio, y por la gran producción de energía térmica debido a la necesidad de construir, por razones técnicas, centrales diez veces más grandes que las actuales megacentrales de 1 000 MW. Además, los sistemas energéticos fósiles y nucleares son grandes consumidores de agua, que se emplea en las fases de extracción del combustible y de producción de energía eléctrica. No es por casualidad que el Norte del mundo gasta casi 90 % del agua disponible, mientras millones de hombres en el Sur del mundo padecen de falta de agua.
3. Concentración de las fuentes energéticas. Las fuentes de energía están concentradas en algunos lugares del planeta, fundamentalmente en las manos de poderosas trasnacionales del Norte. Una pequeña parte de la humanidad goza de estas fuentes y a la gran mayoría les falta casi todo, como se puede apreciar en un mapa de nuestro planeta, donde se ven los pueblos que tienen luz eléctrica y los que no la tienen. Los grandes países productores de petróleo están bajo presión o incluso chantaje por parte de los poderosos (Arabia Saudita, esclava de los Estados Unidos; Iraq, destruido por una guerra sin fin; Venezuela, que por su nuevo curso revolucionario está bajo riesgo de medidas punitivas en relación con el petróleo por parte de los Estados Unidos). Además, la concentración de los combustibles en la profundidad de la tierra provoca un enorme consumo de energía en la fase de extracción, así como en su transporte a veces por miles de kilómetros.

4. Conexión civil-militar. Las centrales nucleares de fisión y fusión para la producción de energía eléctrica permiten también la producción de armas nucleares, con la consecuencia del aumento de las tensiones entre diferentes naciones por la posibilidad del robo de material radiactivo, ataques armados, etc. Se trata de peligros reales muy serios que hoy se multiplican y se hacen más frecuentes en el mundo incivilizado y neoliberal que encabeza los Estados Unidos.
5. Tiempos largos para la realización de centrales termoeléctricas convencionales. Incluso cuando se disponga de los componentes necesarios, la construcción de megacentrales termoeléctricas fósiles necesita varios años de trabajo. En el caso de las nucleares, son necesarios diez años y más.
6. Aspectos económicos: costos reales mucho más elevados que los declarados. Muchas veces no se toman en cuenta los costos de extracción y de transporte, y nunca se consideran los costos militares para controlar las vías de acceso a los combustibles y las guerras para apoderarse de las fuentes y reservas de combustible (por ejemplo, la guerra contra Iraq), que harían duplicar e incluso triplicar su precio. Además, se deberían añadir también costos muy altos debido a la destrucción del medio ambiente. En fin, se deben considerar los costos referentes a los subsidios públicos, que ascienden en el mundo a unos trescientos mil millones de dólares cada año.

Resumiendo, se puede afirmar que la elección fósil-nuclear que ha pretendido promover el desarrollo de la sociedad humana es uno de los elementos que más aporta al desequilibrio social, siempre más profundo entre el Norte y el Sur, y al desequilibrio medioambiental: se trata de un desarrollo que coadyuva, incrementa y conduce al subdesarrollo. Por lo tanto, hace falta un cambio radical en la política energética mundial. La humanidad debe tener la sabiduría y el coraje de salir de la era de los fósiles y de la nuclear porque, como expresó de manera muy lógica Albert Einstein, «no es posible resolver un problema utilizando las mismas medidas que provocaron aquel problema».

XV.4. UN CAMINO SUSTENTABLE (HACIA EL CAMBIO RADICAL)

La única salida posible es hacer una elección energética de acuerdo con las leyes de la naturaleza, las que brindan a todos los seres una vida consecuente sin privilegiar a nadie, tomando «el camino del Sol hacia un desarrollo sostenible». De ello podemos

darnos cuenta al examinar las seis características principales de la elección solar:

1. Fuentes inagotables y abundantes. Las fuentes renovables de energía, es decir, las solares directas (solar térmica y fotoeléctrica) e indirectas (viento, agua, biomasa), nunca se agotan mientras exista el Sol, y son muy abundantes. Las que podemos utilizar directamente las recibimos en todos los lugares en cantidades de decenas y decenas de veces más de lo que necesitamos, utilizándolas sólo a ellas. Se abre entonces un futuro de esperanza, bienestar y seguridad para las generaciones de hoy y de mañana. A continuación se exponen algunos ejemplos de la utilización de estas fuentes renovables:

Solares directas:

- a) *Solar térmica:* calentadores solares, centrales termoeléctricas solares, equipos que utilizan el gradiente termooceánico, etcétera.
- b) *Solar fotoeléctrica:* módulos y sistemas fotovoltaicos.

Solares indirectas:

- a) *Viento:* generadores eólicos de electricidad, molinos de viento para el bombeo de agua, etcétera.
 - b) *Agua:* centrales hidroeléctricas, arietes hidráulicos, sistemas de abasto por gravedad y otros.
 - c) *Biomasa:* cogeneración con la producción de electricidad y calor, plantas de biogás para diferentes usos, etcétera.
2. Fuentes que no aportan desequilibrio ambiental. Desaparecen las causas del efecto invernadero, de las lluvias ácidas y de las contaminaciones por radiactividad. Se reducen drásticamente los gastos de agua porque desaparece la fase de extracción de combustible, «comilona» de agua.
 3. Fuentes distribuidas y disponibles en todo el planeta. A ningún país y a ningún pueblo le faltan estas fuentes en forma diversificada (en un lugar hay más Sol, en otro más viento, en otro más agua y biomasa). Se puede afirmar que se trata de fuentes en las manos de los pueblos, que no privilegian a nadie; que permiten la descentralización del poder, el desarrollo de democracias verdaderas y, otro aspecto fundamental, una independencia real. Ade-

más, el hecho de que se trate de fuentes distribuidas permite evitar los apagones y el despilfarro de energía en el transporte y, por lo tanto, favorece su uso eficiente. La presencia de las fuentes renovables en todos los lugares produce dos ventajas suplementarias: a igual energía eléctrica producida, la industria energética solar da trabajo a muchas más personas que la industria energética convencional (hasta cinco veces más), y se puede superar la crisis agrícola actual debida a la fuga de muchos campesinos hacia la ciudad, entre otras razones.

4. Conexión civil-militar. Por supuesto, con estas fuentes ese peligro es inexistente. Además, se protege la vida del pueblo porque, debido a la distribución de las fuentes de energía en todo el territorio, ningún enemigo pudiera paralizar todo un país con ataques militares concentrados.
5. Tiempos cortos para la instalación de sistemas de producción de energía eléctrica. A diferencia de los sistemas convencionales, los sistemas solares, una vez que se tengan los componentes, presentan la ventaja considerable de que no necesitan tiempos largos para su instalación (normalmente unos meses).
6. Aspectos económicos. Si se consideran los gastos mencionados en el punto sobre las características de la elección fósil-nuclear, gastos que prácticamente no existen en el caso de la elección solar, se puede afirmar que ya hoy la mayoría de las fuentes renovables son competitivas con las fuentes convencionales. En este sentido hace falta recordar que los subsidios públicos para la promoción de las fuentes renovables llegaron a un total de cincuenta mil millones de dólares a nivel mundial en los últimos veinte años, o sea, 2 500 millones de dólares por año, versus los 300 000 millones por año que se destinan para las energías convencionales.

XV.5. CUBA Y SU PAPEL HISTÓRICO

Cuba ratifica e incrementa cada día su papel histórico ante la humanidad, brindando ejemplos sólo alcanzables en una sociedad socialista en perfeccionamiento. Su sistema de salud, educación, deporte; su política social, de igualdades y oportunidades para todos; la atención prioritaria a niños, jóvenes y discapacitados; su empeño actual por convertirse en uno de los pueblos más cultos del mundo; su altruismo, su desinterés y su solidaridad internacionalistas; su ejemplo de dignidad y valentía enfrentando al Imperio, y su

resistencia durante cuarenta y cinco años ante el enemigo más poderoso de la humanidad, no tienen paralelo en la historia.

Por todo lo antes señalado, con el desarrollo científico-técnico que posee, los cuidados del medio ambiente que muestra y por ser un país que tiene un papel decisivo en el equilibrio que debe alcanzar el mundo, como visualizó Martí, sumado a los avances que ya alcanza en el uso de las fuentes renovables de energía, quizá Cuba sea el país con más posibilidades y oportunidades de mostrar al mundo un sistema energético sustentable, que puede lograrse en pocos años si se privilegia la utilización de las fuentes renovables de energía siguiendo las leyes del camino del Sol.

Además, en estos últimos años ha tenido lugar una verdadera «alfabetización solar». Es suficiente tomar en cuenta entidades como el Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES) de Santiago de Cuba, el Centro Integrado de Tecnologías Apropriadas (CITA) de Camagüey, el Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER) de La Habana y el Centro de Estudios Solares de Bartolomé Masó, entre otros; grupos industriales como EcoSol Solar, de COPEXTEL; la Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental, CUBASOLAR (que en noviembre de 2004 cumplió diez años de vida); el Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA); las cátedras de Energía Solar y de Educación Energética, y el aporte a estas problemáticas por los ministerios de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), del Azúcar (MINAZ), de Educación (MINED) y Educación Superior (MES), y el Frente de Energías Renovables (FER), que creó el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros.

Ya Cuba cubre entre 25 y 30 % de sus gastos energéticos con fuentes renovables, sobre todo biomasa cañera, y también utiliza las energías eólica, hidráulica, solar térmica y fotoeléctrica (2 364 escuelas, más de mil ochocientas salas de vídeo y más de 400 casas del médico de la familia y hospitales rurales están equipados con módulos fotovoltaicos, a lo que hay que añadirle el proyecto de electrificación con esta tecnología de alrededor de cien mil viviendas aisladas). Ya funcionan fábricas de calentadores solares y una de módulos fotovoltaicos en Pinar del Río, un parque eólico demostrativo en la Isla de Turiguanó con una potencia de 450 kW, y hay realizaciones de arquitectura bioclimática, como la Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos, que permite evitar gastos energéticos. Cuba puede llegar a cubrir 100 % de sus necesidades energéticas con las fuentes renovables de energía, en unas decenas de años. El potencial hidroenergético estimado es

de unos 650 MW, y el potencial eólico, de aproximadamente 3 000 MW (sobre todo en la costa norte de la Isla). La biomasa, mediante el empleo intensivo del bagazo y con la utilización de plantas como la *Jatropha curcas*, estaría en condiciones de sustituir grandes cantidades del petróleo utilizado para la generación de electricidad. Los sistemas solar térmico y el fotovoltaico pueden desarrollarse mucho, pues la radiación solar tiene un valor energético de unos 5 kWh/m² al día, y la energía del gradiente termooceánico provocado por el calentamiento solar de las capas superiores de los mares es muy alto (entre 15 y 20 °C con profundidades de 700 a 1 000 m bajo el nivel del mar).

En una primera etapa, y dependiendo de las posibilidades financieras, las fuentes más prometedoras que se deben seguir desarrollando por el país pueden ser la eólica, la biomasa, la hidráulica y la térmica (calentadores solares). No se menciona la fotovoltaica por formar parte de los programas actuales.

XV.6. SUGERENCIAS PARA INCREMENTAR EL USO DE LAS FRE EN CUBA

Por supuesto, sería de fundamental importancia que se asumieran las fuentes renovables de energía (FRE) con verdadera mentalidad solar y no que se quedase sólo en los aspectos técnicos, como ocurre a menudo en grupos del Primer Mundo, promotores de la energía solar, pero que se dejan contaminar por la mentalidad del neoliberalismo, muy lejana de lo que nos transmite el Sol.

En primer lugar, se debe evitar el despilfarro de energía y orientar las acciones hacia la sobriedad, tanto a nivel público como privado: reciclaje, ahorro de energía, uso en lo posible de los medios públicos de transporte (ferrocarril, autobuses) sobre los individuales, etcétera.

En segundo lugar, se deben utilizar las FRE de manera correcta. A continuación se exponen algunos ejemplos:

- Se debe evitar la concentración de energía, utilizándola directamente en el lugar donde se produce o no muy lejos (potenciar los recursos locales). Las megacentrales hidroeléctricas hacen daño a la naturaleza, sea localmente por la destrucción de la vegetación, o a distancia por las líneas eléctricas a muy alto voltaje (hasta 360 000 V), que producen contaminación electromagnética. Cuba ya avanza en la «municipalización de la universidad», lo que puede ser un estímulo para la «municipalización de la energía».

- Es oportuno estudiar nuevas técnicas solares, por ejemplo, en relación con las celdas fotovoltaicas; aplicando con sabiduría las leyes de la fotosíntesis, etc., se pueden obtener eficiencias impensables (hasta 40 o 50 %).
- Muy importante es la integración de los módulos fotovoltaicos y colectores solares a los techos. Los primeros también pueden integrarse a las fachadas y ventanas.
- Donde hay viento constante (entre 5 y 6 m/s) es posible y conveniente instalar parques eólicos para la producción de electricidad, con aerogeneradores de potencia de entre unas decenas de kilowatt y varios megawatt.
- El agua de los ríos ya se utiliza en minicentrales que preservan el equilibrio del medio ambiente. Se puede también aprovechar, donde exista la posibilidad, la energía de las mareas, las olas, las corrientes marinas, etcétera.
- Igualmente es importante emplear la biomasa para producir electricidad, biogás, etc., de manera correcta. Se sabe que en el mundo falta tierra cultivable para la alimentación de los hombres y de los animales; entonces, es un error utilizar tierras cultivables exclusivamente para producir combustible. Muy correcto, al contrario, es el empleo de los desechos de productos agrícolas como combustible (por ejemplo, el bagazo), y de plantas que revitalizan zonas desérticas (por ejemplo, *Jatropha curcas*).
- Vale la pena impulsar la producción de hidrógeno solar a partir, por ejemplo, de la electrólisis del agua empleando energía eléctrica producida por las FRE, un combustible totalmente limpio utilizable directamente, o en las celdas de combustible, sobre todo para el desarrollo del transporte público.
- Un lugar importante en la elección solar lo tiene la arquitectura bioclimática: en los países fríos para reducir hasta evitar el uso de combustible para calentar los edificios; en los países del Sur se puede evitar o minimizar la utilización de acondicionadores de aire.
- Otros aspectos vitales y en los que Cuba pudiera avanzar rápidamente están vinculados con la creación de las bases institucionales, legislativas e incentivos económicos vinculados a las FRE, e incentivar también programas y proyectos que permitan conocer aún más los potenciales eólicos, hídricos, termooceánicos, de la biomasa, etc., así como la creación, transferencia y adopción de tecnologías vinculadas al uso de las FRE.

De fundamental importancia es tomar las medidas necesarias para que las multinacionales de las energías convencionales no logren apropiarse de las FRE. El hecho de que las energías renovables sean descentralizadas ya es una gran ayuda en este sentido, pero hace falta evitar que estas multinacionales se hagan dueñas de tecnologías solares estandarizadas para todos los lugares. Incluso, en este caso las fuentes solares nos ayudan, porque pueden funcionar bien sólo con tecnologías adecuadas a las características ambientales, culturales y sociales del lugar donde se utilizan. Es entonces imprescindible desarrollar en cada lugar las tecnologías solares apropiadas, creando así las condiciones de una verdadera independencia energética, que se transforma, consecuentemente, en independencia política y económica. Por lo tanto, no hay que tener dudas de que tomando el camino del Sol, es decir, siguiendo todo cuanto nos enseña el Sol, que brinda vida con igual cariño a una pequeña flor, a un animalito y al hombre, se aprende el verdadero compartir, el pensar en los otros, el trabajar siempre juntos, construyendo así poco a poco un mundo donde haya justicia, igualdad y democracia verdadera.

Estos principios deben vincularse a los programas de educación y divulgación popular, integrándose, como en el caso de Cuba, a los programas dirigidos a convertir al país en uno de los más cultos del mundo.

XV.7. EL PETRÓLEO CUBANO: UNA OPORTUNIDAD PARA EL CAMBIO

Por fin se presenta otra oportunidad en apariencia desfavorable, pero en realidad muy propicia para adelantar rápidamente en el camino del Sol: el petróleo cubano. En este momento histórico, ante el incremento de la agresividad del Imperio, es importante disponer de petróleo local para garantizar la independencia energética del país. Esto señala que se debe concebir con inteligencia la utilización temporal del petróleo (que de todas formas en un futuro no tan lejano se acabará, mientras la Revolución no puede acabarse) y disfrutarlo para facilitar la transición hacia una era solar total en Cuba. Por lo tanto, existen las condiciones para crear una colaboración muy estrecha entre dos grupos revolucionarios: los promotores de la energía solar y los petroleros, que descubrieron y están explotando las reservas petroleras de Cuba. Así, estos dos grupos de expertos, sinergia que nunca podría suceder en otros países, pueden trabajar juntos para fortalecer la Revolución Cubana a través de la Revolución Solar.

XV.8. EPÍLOGO

Se ha intentado evidenciar las oportunidades y posibilidades únicas que posee Cuba para establecer un Sistema Electroenergético Nacional (SEN) que multiplique su seguridad política, económica y medioambiental, y con ello incremente su papel histórico ante la humanidad al demostrar que todos los seres vivos pueden tener acceso a fuentes energéticas sustentables y sostenibles.

Solarización integral de Bartolomé Masó

ENRICO TURRINI

Acerca del primer proyecto para solarizar al ciento por ciento un municipio cubano, como preámbulo para la solarización de todo el Archipiélago. (*Energía y tú*, No. 29, ene.-mar., 2005).

Es importante que desde hoy todos contribuyan para adelantar con fuerza en el camino del Sol, un paso fundamental para fortalecer la Revolución Cubana. ¿Por qué? Las fuentes energéticas son el alimento de la sociedad humana. Se trata entonces de algo imprescindible, vital. Por eso la elección energética debe estar en total acuerdo con la Revolución, para que no haya contradicciones en el camino revolucionario.

XVI.1. ¿QUÉ PROPONE LA REVOLUCIÓN?

- Asegurar una vida saludable al planeta y a sus habitantes, en particular a todos los hombres de hoy y de mañana, sin privilegiar a nadie. Esto lo ofrece únicamente la elección suave, es decir, la de las fuentes renovables disponibles de forma diferenciada en todos los lugares del planeta, limpias e inagotables hasta que exista el Sol (no la elección dura, es decir, los fósiles, en particular el petróleo y los combustibles nucleares, fuertemente concentrados, contaminantes y agotables).
- Actuar de manera que el poder esté siempre más en las manos del pueblo. La energía del Sol, ya sea directa o en forma de agua, viento, biomasa, facilita su utilización descentralizada en acuerdo con las condiciones medioambientales y culturales del lugar, lo que permite convertir al pueblo en el protagonista de su uso. Las fuentes convencionales de energía, lo sabemos, están concentradas en las entrañas de nuestro planeta y por lo tanto con gran facilidad pasan a las entrañas de las transnacionales. Además, en

todos los países estas fuentes son utilizadas de forma estandarizada y el pueblo no tiene prácticamente ninguna posibilidad de participación.

- Lograr verdadera independencia y seguridad al país. Las fuentes renovables en cada país, y por supuesto en Cuba, están disponibles varias veces más de lo que se necesita y, con un poco de experiencia, los equipos para utilizar estas fuentes se pueden desarrollar en un país culto como Cuba. Además, la descentralización no permite al enemigo apoderarse con facilidad del país a través de un ataque militar. Por supuesto, todo lo contrario ocurre con las fuentes convencionales concentradas (Irak es un ejemplo claro). Es importante subrayar que los costos reales de las fuentes convencionales son mucho más altos de lo que se dice si se tomaran en cuenta, como debería ser, los costos altísimos relacionados con la protección militar para su transporte y con la destrucción del medio ambiente por su uso.

La elección de las fuentes renovables de energía debe ser entonces la elección de Cuba.

XVI.2. SITUACIÓN ENERGÉTICA

Por supuesto, en Cuba hay una cierta disponibilidad de petróleo, que se utiliza con responsabilidad y sabiduría, en la industria química (producción de plástico, de medicamentos, etc.) y con racionalidad y de forma transitoria como fuente de energía. En este sentido es importante recordar las palabras del Che cuando pronosticó la caída del campo socialista europeo por haber «hibridizado el sistema utilizando las armas melladas del capitalismo».

Cuba ya hizo obras maravillosas con los módulos fotovoltaicos que se producen en Pinar del Río. Es suficiente pensar en el valor social de la solarización de todas las escuelas aisladas, de muchísimos consultorios médicos, hospitalitos y salas de vídeo, y viviendas sin posibilidad de conectarse a la red eléctrica, algo impensable en el mundo del neoliberalismo, que busca sólo la cantidad (ganancias), y no la calidad (el bienestar del pueblo).

Además, se ha logrado mucho en el campo de los calentadores solares, de las minihidroeléctricas y de la producción de electricidad con el bagazo. Cuba cubre así alrededor de 25 % de sus necesidades energéticas con fuentes renovables.

XVI.3. ¿POR QUÉ EL MUNICIPIO BARTOLOMÉ MASÓ?

Este municipio, ubicado en la región centro-sur de la provincia Granma, tiene una extensión territorial de 634,37 km², de ellos 431,00 km² corresponden a la zona montañosa del Plan Turquino, que representa 68 % del territorio, donde viven 16 000 habitantes. La población total asciende a 54 000 habitantes.

La red hidrográfica está constituida por varios ríos, de ellos el más importante es el Yara, que nace en las estribaciones del Pico Turquino y se encuentra represado.

Existe una superficie forestal de 26 895,44 ha –los bosques naturales ascienden a 22 868,71 ha–, por lo que el índice de boscosidad es de 33 %.

Posee un alto desarrollo en los servicios sociales de salud, comunales, cultura, deportes y educación, con una matrícula de 13 669 estudiantes, que asisten a 151 escuelas, de las cuales 62 disponen de sistemas solares fotovoltaicos. Cuenta con dos policlínicas y dos hospitales municipales, uno en la cabecera del territorio y el otro en la montaña (ambos en proceso de reparación y ampliación).

En los primeros años de la Revolución se construyó la Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos (CECC), para los niños analfabetos de la Sierra Maestra (un sueño de Fidel antes del triunfo de la Revolución), con arquitectura bioclimática y un concepto revolucionario en la educación solar.

Funciona un central azucarero, interconectado al Sistema Electroenergético Nacional (SEN), que genera y cogenera electricidad a partir del bagazo de la caña de azúcar.

El municipio cuenta con un potencial hidroenergético instalado de 2 715,9 kW, que beneficia a 851 viviendas –con 2 635 habitantes–, dos escuelas primarias, seis consultorios, tres panaderías, dos tiendas, cuatro despulpadoras de café y otras dieciocho entidades estatales que contribuyen a elevar el nivel de vida de la población montañesa.

Es importante destacar que la hidroeléctrica Río Yara, ubicada en la presa Paso Malo, tiene una potencia instalada de 2,5 MW, y genera electricidad para la cabecera municipal y otros circuitos aledaños, cuando trabaja de manera aislada del SEN.

El otro potencial hidroenergético está constituido por diez mini y microcentrales distribuidos en la parte montañosa del municipio.

En los últimos años se electrificaron con paneles fotovoltaicos sesenta y dos escuelas en la montaña, cinco consultorios del médico de la familia y veintiséis salas de televisión.

A finales de la década pasada, la CECC fue totalmente reconstruida, con énfasis en la preservación de la arquitectura bioclimática, el uso eficiente de la biomasa para la cocción de alimentos en todas las escuelas, la introducción de la tracción animal en el transporte de carga y de pasajeros, y la siembra de bosques energéticos para el autoabastecimiento de leña para los fogones de las escuelas.

En septiembre de 2003 se inauguró el Centro de Estudios Solares, al lado de la Villa del Educador, rodeado por un bosque martiano, en desarrollo. Construido con diseño bioclimático, equipado con paneles fotovoltaicos y calentador solar, y habilitado de biblioteca y sala de computación con información científico-técnica, la nueva institución constituye ya un centro de referencia para el estudio y la divulgación de las fuentes renovables de energía, el ahorro energético y el respeto ambiental.

XVI.4. ¿CÓMO ADELANTAR?

Ahora es el momento oportuno para dar en Cuba pasos sucesivos: un proyecto integral que tome en cuenta consideraciones y pasos técnicos, económicos, jurídicos y políticos que permitan demostrar que el país puede, en unas decenas de años, alimentarse ciento por ciento con fuentes renovables de forma descentralizada y diversificada, como un verdadero ejemplo de diversidad energética. Eso es lo que propone el proyecto de solarización del municipio Bartolomé Masó.

Al empezar por un municipio se pueden concentrar, con inteligencia, los esfuerzos de todos los que tienen experiencia en el país, para lograr una alta eficiencia y una gran probabilidad de éxito (un fracaso sería muy dañino), y al mismo tiempo se puede focalizar el esfuerzo para que el pueblo gane cultura en el campo energético, en acuerdo con la batalla de ideas, y se sienta protagonista del proyecto.

El municipio Bartolomé Masó tiene la ventaja de que ya se realizó la reconstrucción de la Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos con mentalidad solar, rodeada por un bosque martiano; todas las escuelitas del municipio tienen un círculo de interés «Por el camino del sol», que brinda a los jóvenes la base para alcanzar una verdadera cultura revolucionaria solar. El Partido, el Gobierno, el pueblo y, por supuesto CUBASOLAR, apoyan con convicción el proyecto.

Valdría la pena subrayar sólo unos aspectos particularmente relevantes:

El ahorro de energía (en lugar de producirla para malgastarla) desempeñará un papel importante.

No se pueden olvidar las palabras de Fidel: «Mientras no seamos un pueblo realmente ahorrativo, que sepamos emplear con sabiduría y con responsabilidad cada recurso, no nos podemos llamar un pueblo enteramente revolucionario». Por eso es fundamental un reciclaje eficiente de papel, plástico, cristales, material orgánico, etcétera.

Muy importante será el empleo de la lluvia que cae en los techos, así como la reutilización de las aguas residuales, de las piscinas y otros usos en función del riego, que resulta mejor si se realiza por técnicas localizadas para desarrollar así los organopónicos.

En todo esto es evidente la importancia de la participación del pueblo, al que se puede informar y activar en las reuniones de los Comités de Defensa de la Revolución. En relación con las fuentes renovables de energía resulta fundamental promover con fuerza su desarrollo integral.

Podría decirse que, evocando las palabras de Fidel, mientras no seamos un pueblo capaz de alimentarse ciento por ciento con fuentes renovables, no nos podemos llamar un pueblo enteramente revolucionario.

Se necesita poner énfasis en aumentar la producción de energía eléctrica mediante la biomasa, el aumento de la eficiencia de los equipos y propiciar su funcionamiento continuo durante todo el año, con la contribución de diferentes tipos de biomasa. También debe potenciarse la obtención de más energía eléctrica con minihidroeléctricas y, sobre todo, con generadores eólicos, porque en Cuba hay grandes posibilidades de instalar máquinas que generen más de 1 MW en lugares adecuados, con lo que es muy probable que se puedan cubrir sin dificultad los 3 000 MW de electricidad que necesita Cuba, a partir de la inevitable prospección eólica. A modo de ejemplo, basta constatar que en Alemania se utilizan generadores eólicos que ya producen en conjunto alrededor de 17 000 MW de potencia eléctrica, y tienen proyectado alcanzar 25 000 MW en el 2010.

Estas son, además, las medidas más eficientes para evitar los apagones. El proyecto de instalar grupos electrógenos diésel en el país puede ser sólo una medida transitoria, y la descentralización es sólo aparente porque la fuente sigue siendo el petróleo, que es concentrada.

Se puede producir combustible con la biomasa, como el alcohol para los autos y el biodiésel para los camiones y las guaguas, a partir del cultivo de *Jatropha curcas* y recino, que no afectan los cultivos para la alimentación humana y animal. Estos biocombustibles se pue-

den mezclar con los convencionales, hasta aumentar poco a poco el porcentaje en las mezclas.

Más adelante se debe pensar en el desarrollo del hidrógeno solar obtenido mediante la electrólisis del agua producida por fuentes renovables de energía (ya existe una maqueta en el Centro de Estudios Solares). También se deben desarrollar preferiblemente los medios de transporte estatal colectivo dentro de las ciudades o entre los municipios.

Otra fuente que hace falta impulsar intensamente es el biogás.

El gradiente térmico oceánico para la producción de electricidad no se puede desarrollar, por supuesto, en el municipio de Bartolomé Masó, pero sí puede ser una fuente interesante para Cuba.

XVI.5. MULTIPLICAR LOS RAYOS DE SOL

Como se ha subrayado, Bartolomé Masó sería el primer rayito de Sol para empezar, con la ayuda de todos, esta nueva fase de solarización integral. No hay duda de que después se multiplicarán a menudo los rayitos de Sol, hasta que Cuba se transforme en un pequeño Sol que alumbré al mundo neoliberal, que conoce sólo la fuerza del poder y de las armas, y que aunque tiene técnicas solares no sabe que la luz del Sol es una fuente de amor y de vida para todos, sin privilegiar a nadie.

Por lo tanto, podemos proclamar que el Sol que nos ilumina desde hace millones de años es el padre originario de la Revolución Cubana, un verdadero socialista que nunca se equivoca. Este camino solar que ahora Cuba tiene que tomar con fuerza lo sugirió de manera clara un hombre que hace ciento diez años desembarcó en Playitas de Cajobabo –el 11 de abril de 1895– y que hoy está vivo aquí con nosotros con las palabras «Vengo del sol y al sol voy». Y dijo, además, que «El egoísmo (representado por el neoliberalismo) es la mancha del mundo; el desinterés (hoy representado por su Cuba), su Sol».

Nuevo Sistema Electroenergético Nacional en Cuba, basado fundamentalmente en biomasa cañera

JULIO TORRES-MARTÍNEZ

Ponencia presentada en la V Conferencia Internacional de Energía Renovable, Ahorro de Energía y Educación Energética (CIER), celebrada del 22 al 25 de mayo de 2005, en Varadero, Cuba.

XVII.1. RESUMEN

En el Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía, aprobado por la Asamblea Nacional del Poder Popular en 1993, se significan como las más importantes la eficiencia energética, el petróleo crudo nacional y la agroindustria azucarera, en este orden.

Para garantizar la viabilidad técnico-económica del Sistema Electroenergético Nacional (SEN), a finales del pasado siglo fue necesario sustituir el petróleo importado por el crudo nacional, que en la actualidad genera más de 90 % de la electricidad demandada por el país. Sin embargo, esta sustitución no resuelve dos graves problemas: las emisiones de gases de efecto invernadero y el carácter agotable de los hidrocarburos.

Una adecuada sinergia entre la elevación de la eficiencia en el empleo de la biomasa cañera y la modernización de la infraestructura tecnológica de la agroindustria azucarera, puede constituir una solución sostenible para ambos problemas que, al mismo tiempo, incrementa la competitividad del azúcar de caña, promueve la reanimación de la industria nacional y facilita la eventual exportación de las experiencias y tecnologías que se desarrollen a los más de ochenta países cañeros, mayoritariamente subdesarrollados.

Con ese nuevo enfoque, la producción de caña se desvincula del mercado mundial azucarero, porque esa planta se convierte en un cultivo energético cuyos productos fundamentales son electricidad y alcohol combustible, destinados a sustituir petróleo con sus derivados para iniciar el tránsito hacia una energética sustentable, aunque sin

que se renuncie a fabricar el azúcar que demanda el mercado a precios rentables.

XVII.2. INTRODUCCIÓN

La Revolución Socialista Cubana «heredó» de la etapa seudorrepública un país con casi 30 % de analfabetos, sin sistema electroenergético, con alta mortalidad infantil y una economía que dependía en forma casi exclusiva de un producto —el azúcar de caña—, cuyas exportaciones oscilaban según los vaivenes del mercado norteamericano fuertemente subsidiado.

Una de las primeras tareas emprendidas en la esfera de la energía fue la creación del Sistema Electroenergético Nacional (SEN), basado en las tecnologías y el petróleo suministrado por la antigua Unión Soviética y otros países socialistas; con él se electrificó hasta más de 90 % de la población cubana a principios de la década de los noventa del pasado siglo y el SEN se convirtió en una conquista de la Revolución. El SEN llegó a consumir más de tres millones de toneladas de petróleo en 1989 para generar toda la electricidad que demandó la economía cubana ese año (más de 15 000 GWh), y su desarrollo prospectivo incluía un programa nuclear financiado y asesorado por la URSS para reducir la dependencia del petróleo en la generación de electricidad.

Cuando desaparecieron la Unión Soviética y el Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME), se elaboró el Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía en 1993, por iniciativa del Segundo Secretario del Comité Central del Partido Comunista de Cuba, General de Ejército Raúl Castro Ruz.

Este Programa fue aprobado por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros en mayo de 1993 y por la Asamblea Nacional del Poder Popular unas semanas después. En él se propuso considerar la eficiencia energética como la primera fuente nacional de energía, el petróleo crudo nacional como la segunda y la agroindustria azucarera como la tercera. Aunque el Programa fue sometido a varias revisiones y actualizaciones, el ordenamiento de las fuentes nacionales a que ya se hizo referencia y otras cuestiones, como el carácter estratégico de la electricidad para el desarrollo prospectivo, se han mantenido vigentes.

La eficiencia y el crudo nacional ya desempeñaron un importante papel en la recuperación económica cubana después de 1993. Por ejemplo, el Programa de Ahorro de Energía en Cuba (PAEC) y el Progra-

ma de Ahorro de Energía del Ministerio de Educación (PAEME) demostraron que resulta más barato reducir la demanda de electricidad que aumentar su oferta, mientras el petróleo crudo nacional genera ahora más de 90 % de la electricidad que consume Cuba y preservó la viabilidad económica del SEN, aunque aumentó notablemente la contaminación ambiental –por su alto contenido de azufre– a que da lugar la generación de energía eléctrica mediante combustibles fósiles, que es la actividad económica mayor emisora de gases de efecto invernadero (GEI) en el país.

En este trabajo se exponen algunas ventajas obtenidas al sustituir el crudo nacional con biomasa cañera para generar electricidad: con ello se satisface la demanda eléctrica actual y perspectiva del país mientras se evitan los GEI emitidos por aquel fósil, al mismo tiempo que se preserva esa riqueza no renovable y se obtienen cuantiosos beneficios financieros, económicos y sociales, además de suministrar en forma sustentable la energía eléctrica. Con ello se haría realidad la contribución de la tercera fuente nacional de energía definida por el Programa de 1993.

XVII.3. RAZONES PARA EL CAMBIO TECNOLÓGICO Y SUS VENTAJAS

Para demostrar el papel que la agroindustria azucarera puede desempeñar en la esfera cubana de la energía, es necesario introducir en aquella un cambio tecnológico profundo que permita aprovechar de forma eficiente e intensiva el potencial energético de la biomasa cañera, a fin de convertirla en la fuente renovable capaz de sustituir progresivamente, con ventajas económicas y ambientales, todo el petróleo empleado como combustible en la generación de la electricidad consumida por el país, así como una parte creciente de los hidrocarburos utilizados en el transporte automotor, mediante el alcohol.

Resulta útil aclarar que cuando nos referimos a la biomasa cañera se tiene en cuenta el bagazo que resulta al moler la caña para extraer su jugo, unido a las hojas de la planta con otros residuos agrícolas de la cosecha, o sea, los residuos agrícolas cañeros (RAC).

Las nuevas tecnologías que se deben introducir en la agroindustria significan una ruptura con las tradiciones y prácticas establecidas durante siglos en esa actividad económica, que resultan obsoletas muchas de ellas en las actuales circunstancias.

Con el fin de facilitar la presentación de las diferentes facetas del cambio tecnológico propuesto, ellas se concentran en tres áreas esenciales:

1. Agricultura cañera.
2. Generación de electricidad.
3. Fabricación de azúcar y alcohol.

Respecto a la agricultura cañera, el primer cambio que se debe introducir es conceptual, debido al nuevo objetivo que tendrá la caña como cultivo energético, en lugar de ser sólo una fuente de azúcar con sus derivados; por tanto, deben tenerse en cuenta aspectos como las variedades energéticas y el aumento de los rendimientos agrícolas por encima de ochenta toneladas por hectárea, en términos de caña limpia, porque se parte del criterio de no incrementar el área destinada al cultivo. Ahora bien, el cambio tecnológico esencial en la agricultura cañera viene dado por la necesidad y conveniencia de introducir la cosecha integral, que resulta una vía idónea y eficiente para acopiar en las nuevas termoeléctricas toda la caña junto con la mitad de las hojas que se utilizarán como combustible, en un solo pase por el cañaveral y con costos mínimos.

Una importante consecuencia socioeconómica de la cosecha integral es que la retribución al productor de caña se modifica de manera radical, tanto en cantidad como en la metodología para su cálculo, porque entonces se producirá petróleo verde renovable, que no contamina la atmósfera cuando genera electricidad (con la biomasa) ni cuando alimenta vehículos automotores (con el alcohol); pero también se siguen produciendo alimentos en forma de azúcar, mieles y otros derivados con valor económico y financiero, incluso en divisas cuando son exportados.

En lo que concierne a la generación de electricidad, esa faceta del cambio tecnológico (que consiste sobre todo en la introducción de altas presiones del vapor –60 atmósferas como mínimo–, unidas a turbos de extracción-condensación para generar todo el año y ambas cosas instaladas en termoeléctricas aledañas a ingenios cuyo consumo de vapor se ha reducido hasta 30 % o menos), ya fue demostrada técnico-económicamente, como puede comprobarse en: Comisión de las Comunidades Europeas (1986); Kinoshita, C. M. (1991); Torres-Martínez, Julio (1993); USAID (1993, 1994a y 1994b); DeLaquil, Pat (2000); Haq, Zia (2002); aunque todavía se podrán alcanzar otras mejoras y

aumentos de la eficiencia a medida que se desarrollen nuevos avances tecnológicos en lo sucesivo. Más adelante, cuando se oferte comercialmente la gasificación de la biomasa, será posible alimentar turbinas de gas y celdas de combustible con biomasa cañera, lo que pudiera duplicar la eficiencia en la generación de electricidad con esa fuente renovable.

Con respecto a la fabricación del azúcar y el alcohol, además de la ya mencionada importante reducción en el consumo de vapor por parte de la industria, hay tres modificaciones cruciales:

1. Un cambio fundamental que hay que introducir está dado por la molido integral de la caña con sus hojas por el tándem, con la doble finalidad de preparar adecuadamente las hojas para su empleo como combustible y mezclarlas con el bagazo en las proporciones requeridas, a fin de entregar en las calderas de las termoeléctricas todo el combustible acopiado en una sola operación. Deben considerarse igualmente variantes tecnológicas, como los difusores y los tándem hidráulicos, que al parecer han ido perfeccionándose y merecen atención por sus ventajas energéticas y de otro tipo.
2. La existencia misma de las nuevas termoeléctricas bagaceras aledañas a los ingenios significa otro cambio trascendental para la fabricación del azúcar y el alcohol porque, a partir de ese momento, el vapor y la electricidad que demanden los ingenios serán producidos en dichas termoeléctricas e intercambiados por la biomasa cañera, y el condensado devuelto a ellas por los centrales azucareros.
3. La duración de la zafra pasará a 180 días promedio como mínimo, para reducir todo lo posible el almacenamiento de la biomasa cañera combustible.

Otros aspectos que pueden traer cambios industriales de importancia en cuanto a la fabricación del azúcar y el alcohol son, por ejemplo, la ultrafiltración y otros avances tecnológicos que abaratarían la fabricación de azúcar, así como el máximo aprovechamiento de los factores de escala para reducir aún más los costos del azúcar y el alcohol e incrementar su competitividad. También existe la experiencia brasileña en cuanto a la producción de grandes cantidades de etanol para sustituir hidrocarburos en el transporte automotor de forma competitiva, unida a trabajos de investigación durante los últimos

tiempos, dirigidos a la hidrólisis de la biomasa para obtener etanol por la vía no fermentativa, así como a la producción de hidrógeno de origen renovable mediante la reformación del etanol, en la que se realizan actualmente trabajos de investigación y desarrollo.

Todo ello confirma la potencialidad de la caña de azúcar para sustituir petróleo en la generación de electricidad, más otros hidrocarburos en el transporte automotor, y de esa forma se materializa la extraordinaria ventaja ambiental de dicha sustitución, porque la combustión de la biomasa es neutral respecto a la concentración atmosférica del CO_2 , como resulta ampliamente conocido.

Por otra parte, la Revolución Socialista Cubana creó un entorno favorable para obtener los mayores beneficios del aprovechamiento intensivo de la biomasa cañera, gracias a la propiedad social sobre los medios de producción fundamentales –incluyendo las áreas cañeras y los ingenios azucareros–, un alto nivel de mecanización en la agricultura cañera para aliviar las rudas labores de la siembra, el cultivo y la cosecha; la existencia del SEN, que conecta todos los ingenios del país; la creación de una infraestructura industrial capaz de fabricar equipos y componentes para el cambio tecnológico requerido, así como el capital humano altamente calificado existente en Cuba –que seguro es lo más importante de todo. Estos factores derivados del Socialismo cubano representan ventajas adicionales que se han de tener en cuenta cuando se valoren los beneficios obtenidos mediante la introducción del cambio tecnológico aludido.

Como ya se ha mencionado, la caña representó la fuente tradicional del azúcar y a su fabricación se subordinó por completo la actividad económico-productiva de esa rama, desde la cantidad de caña sembrada hasta la duración y el momento de la zafra (durante la etapa seudorrepública, el comienzo, la duración y la producción azucarera de las zafras cubanas se determinaban en la *Gaceta Oficial* cada año, según los intereses del principal cliente, que era los Estados Unidos), así como también cada paso de su procesamiento industrial y, por último, los ingresos finales alcanzados dependían de la demanda y los precios del mercado internacional, que constituyeron su «motor» primordial. La agroindustria azucarera cubana, por tanto, se desarrolló tradicionalmente en función del mercado externo del azúcar y todo se hacía para los ingresos provenientes de él.

Si de ahora en adelante se considera la caña como un cultivo energético destinado a generar electricidad y producir alcohol, el azúcar se convierte en un «subproducto» de los portadores energéticos

producidos con la biomasa cañera, lo que no impide su fabricación cuando resulte rentable hacerlo.

Por tanto, con este nuevo enfoque, la cantidad de caña que se debe sembrar, cultivar y cosechar cada año vendrá determinada principalmente por la cantidad de biomasa cañera necesaria para generar la electricidad que demanda el país; con la mayor parte del jugo obtenido de esa caña se producirá alcohol para sustituir hidrocarburos en la actividad de transporte, y con el jugo restante se fabricará el azúcar que satisfaga las necesidades (interna e internacional) consideradas.

De esa forma, el azúcar dejaría de «alimentar» los mitos provenientes del monoproducción que caracterizó la economía cubana durante más de cuatro siglos y la caña se convertirá en la principal fuente nacional renovable de energía, capaz de generar toda la electricidad que demande el desarrollo socioeconómico del país sin emitir gases de efecto invernadero (GEI) y, al mismo tiempo, capaz también de sustituir mediante el alcohol otros combustibles fósiles líquidos que ahora consumen los automotores y también contaminan la atmósfera con los GEI que emiten.

En el epígrafe siguiente se caracteriza un escenario donde se construye un nuevo Sistema Electroenergético Nacional con termoeléctricas aledañas a una parte de los ingenios del país y basado en biomasa cañera para generar toda la electricidad que demanda el desarrollo cubano, así como para producir alcohol y azúcar a partir de los jugos de la caña cosechada, en proporciones adecuadas para satisfacer las necesidades de ambos productos en el ámbito nacional y, si resulta rentable, exportarlos y obtener ingresos adicionales en divisas para Cuba. Todo ello, además, tiene como telón de fondo las capacidades industriales y el capital humano del país para fabricar las nuevas tecnologías requeridas, a fin de introducir los cambios necesarios con costos mínimos.

XVII.4. ANÁLISIS COMPARATIVO Y RESULTADOS OBTENIDOS CON DISTINTOS ESTUDIOS

Algunos especialistas cubanos y extranjeros han llevado a cabo investigaciones dedicadas a estudiar las ventajas de utilizar la biomasa cañera de forma intensiva para generar electricidad en Cuba; por ejemplo, Torres-Martínez, J. y W. Gómez-Jiménez (1992); Larson, Eric D., *et al.* (2001); ECON Center for Economic Analysis (2001); Torres-Martínez, J. (2001).

A partir de un modelo matemático elaborado en 1994 para calcular la potencia eléctrica que se debe instalar en los ingenios cubanos, así como la generación total de electricidad que se hace posible en esas condiciones, durante el primer trimestre del 2000 se diseñó un grupo de variantes para el aprovechamiento de la biomasa cañera, al que se incorporaron también criterios sobre las ventajas de diversificar (Gálvez, 1999) y concentrar (Menéndez, 1999) la producción azucarera; a ello se unieron informaciones sobre las economías de escala obtenidas en Brasil mediante sus experiencias con la producción alcohólica y se obtuvo un resultado que se llamó «escenario intensivo» para la generación de electricidad en Cuba con biomasa cañera.

El escenario intensivo está basado en un conjunto de premisas y supuestos capaces de permitir progresivamente la sustitución total del petróleo consumido para generar electricidad en Cuba mediante la biomasa cañera, a partir de un profundo cambio tecnológico en la agroindustria de la caña de azúcar, mediante tecnologías fabricadas en el país, unido al aprovechamiento eficiente del potencial energético de esta biomasa. Las cifras de la tabla XVII.1 deben sólo ser tomadas como indicativas de los valores que pueden ser alcanzados realmente, porque se calcularon a partir de un año determinado para iniciar los trabajos previstos y será necesario ajustarlas cuando ellos comiencen en la práctica; pero de todas maneras reflejan la enorme potencialidad del empleo eficiente e intensivo de la biomasa cañera como portador energético renovable y permiten evaluar algunas de las más importantes ventajas que pueden vislumbrarse a partir de su utilización.

En septiembre de 2002 se celebró en La Habana un evento internacional para conocer los resultados de los estudios de mitigación llevados a cabo en Cuba durante los dos años anteriores y en él se mostraron las cifras estimadas por Julio Torres-Martínez y Juan F. Llanes Regueiro (2002), en cuanto al empleo de la biomasa cañera para sustituir petróleo en la generación de electricidad y en el transporte automotor.

En el estudio se considera la introducción de la tecnología de turbinas de vapor de extracción-condensación (TVEC) en termoeléctricas «bagaceras», con la finalidad de generar electricidad mediante la biomasa cañera en sustitución del petróleo crudo nacional, que ahora produce más de 90 % de la energía eléctrica consumida en Cuba y se emplea el análisis costo-beneficio para compararlas con las termoeléctricas convencionales basadas en el petróleo. La tecnología de biomasa gasificada integrada con turbinas de gas en ciclo combinado (BGI/TGCC) sólo es considerada de forma muy preli-

minar porque todavía no se oferta comercialmente, aunque su influencia será determinante en la elevación ulterior de la eficiencia con que se genera la electricidad.

El análisis costo-beneficio comparó cinco alternativas a fin de ilustrar las ventajas e inconvenientes de distintos caminos para mitigar las emisiones del CO₂ producido por la generación de electricidad en Cuba. De ellas caracterizaremos las tres que estimamos fundamentales:

1. Termoeléctrica convencional basada en petróleo crudo nacional, 800 \$/kWe en costos de inversión, y gastos de O&M para producir sólo electricidad (escenario base).
2. Tecnología TVEC (instalada en nueve ingenios capaces de moler siete mil toneladas de caña diariamente, con consumo de vapor reducido), basada en biomasa cañera (la paja procesada mediante la cosecha y la molida integrales), 2 197 \$/kWe en costos de inversión para cada CTE de 30 MWe y gastos en O&M para producir electricidad y azúcar, con costo de oportunidad cero para la biomasa combustible (escenario referencia).
3. Tecnología TVEC (ahora instalada en tres ingenios modernizados y capaces de moler 15 000 toneladas de caña diariamente, más una destilería de etanol, ambos con consumo de vapor reducido y otros parámetros como en el escenario 2; un costo de oportunidad de 5 \$ para la tonelada de biomasa combustible (eso significa un costo de entre 25 y 30 USD la tonelada de petróleo equivalente para generar electricidad), 1 500 \$/kWe en costos de inversión para cada central termoeléctrica (CTE) de 90 MWe y gastos en O&M para producir electricidad, alcohol y azúcar (escenario preferido).

La capacidad generadora de electricidad instalada en todas las alternativas es de 270 MWe, que opera con un factor de carga de 85 %; en las alternativas 2 y 3, la tecnología de TVEC trabaja durante 300 días anuales, la zafra dura 180 días, el rendimiento en azúcar es de 11,5 %; y, en la alternativa 3, la destilería es capaz de producir anualmente alrededor de un millón de hectolitros de alcohol (porque se anexa a un ingenio capaz de moler 15 000 toneladas de caña diariamente).

Los resultados obtenidos a nivel de estudios de oportunidad, expresados en términos del valor actual neto (VAN), en millones de USD, y de los costos promedio del kilowatt-hora, el alcohol y el azúcar producidos durante toda la vida útil de las instalaciones muestran notables ventajas para la generación de electricidad con biomasa cañera, así como

para la producción de alcohol destinado a los motores de combustión interna de los vehículos, al igual que costos promedio del azúcar muy favorables que se presentan, de forma resumida, en la tabla XVII.1.

TABLA XVII.1
Resultados
de las cinco alternativas comparadas

COSTOS PROMEDIO	VAN	(USD/kWh)	(USD/TM)	(USD/hl)
ALTERNATIVA 1	27	0,0371	NA	NA
ALTERNATIVA 2	359	0,0139	72,9	NA
ALTERNATIVA 3	269	0,0231	54,4	NA
ALTERNATIVA 4	554	0,0213	32,5	2,7
ALTERNATIVA 5	196	0,0221	43,2	4,4

La alternativa 2 ejemplifica la situación en que la energía eléctrica se beneficia al máximo, porque la biomasa combustible tiene costo cero, lo que significa que la caña y el azúcar asimilan completo el costo de la electricidad; mientras tanto, en la alternativa 3 se asigna a la biomasa un costo de oportunidad que equivale a un precio de la tonelada de petróleo entre 25 y 30 USD, como ya se dijo, y con ello se benefician el alcohol y el azúcar, mientras la energía eléctrica cuesta casi 43 % menos que la generada con crudo nacional.

Debe destacarse que, aunque la alternativa 2 se distingue por el menor costo del kilowatt-hora producido, la 3 es la preferida por el mayor monto del VAN, unido a los menores costos de producción del alcohol y el azúcar, aunque los datos mostrados constituyen sólo primeras aproximaciones que será necesario calcular con mayor precisión en etapas posteriores, durante los estudios de factibilidad correspondientes.

Existen otras cuestiones en las que también debe profundizarse, entre las que sobresalen:

1. ¿Cómo aprovechar al máximo el factor de la escala productiva en los ingenios, que hemos supuesto aquí de quince mil toneladas por día con CTE aldañas de 90 MWe? (Existe información de que en la Florida, Estados Unidos, funciona al menos un ingenio de más de veinte mil toneladas diarias; eso permitiría instalar CTE de 100 MWe o más, con costos generales inferiores a los considerados aquí, tanto para la inversión como para la operación de ambas instalaciones).

2. ¿Hasta cuánto pudiera reducirse el costo de inversión mediante un proceso de asimilación de tecnologías que se basa en la fabricación nacional?

Estos y otros aspectos controvertidos del tema pudieran eventualmente aumentar las ventajas de acometer un escenario como éste, o también detectar barreras que dificulten su construcción; por eso resulta tan importante su análisis minucioso y su discusión detallada.

Según el Ministerio del Azúcar (2002), el número de ingenios cubanos se redujo hasta 82, o menos, a partir de 2002 y, por ese motivo, también la capacidad instalada en ellos para generar electricidad; esas reducciones no alteran en lo esencial los cálculos realizados porque los cambios tecnológicos propuestos se basan en la introducción de nuevas tecnologías con parámetros distintos a los ahora existentes y el número supuesto de ingenios en el escenario preferido es de 66, aunque todos con gran capacidad de molida, y en eso sí hay diferencias importantes.

Se debe tener en cuenta la reducción del área dedicada a la caña, que pasó de casi dos millones de hectáreas en 1959 hasta alrededor de un millón actualmente; sin embargo, la afectación a corto plazo no resulta crucial porque, de alcanzarse los rendimientos agrícolas propuestos, el funcionamiento cabal de las primeras termoeléctricas bagaceras instaladas servirá para demostrar si es o no rentable dedicar más tierra a la caña.

XVII.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El aprovechamiento eficiente e intensivo del potencial energético de la biomasa cañera permitirá garantizar el desarrollo sustentable del Sistema Electroenergético Nacional, porque ella es capaz de generar toda la electricidad que demanda el desarrollo socioeconómico del país, además de producir alcohol para la actividad del transporte, y ambas cosas sin contaminar la atmósfera con gases de efecto invernadero (GEI).
2. El cambio tecnológico requerido para obtener ese resultado se basa en la introducción de altas presiones del vapor con turbinas de extracción-condensación (TVEC), tecnologías maduras desde hace decenios que pueden fabricarse en el país y abaratar así el proceso que se necesita llevar a cabo para introducir esos cambio.

3. Más adelante, cuando se domine la gasificación de la biomasa, se podrá elevar aún más la eficiencia en la generación de electricidad con biomasa cañera gasificada, que se utilizará en turbinas de gas y en celdas de combustible, con rendimientos superiores a los obtenidos mediante la tecnología TVEC.
4. Uno de los resultados de ese profundo cambio tecnológico es propiciar un incremento notable de la competitividad del azúcar de caña, que se convertiría en un subproducto alimenticio de la electricidad y el alcohol, listo para satisfacer la demanda nacional de endulzantes a un costo bajísimo, lo que a su vez le garantiza una alta rentabilidad en el mercado internacional cuando resulte conveniente exportarla y sus ingresos en divisas lo justifiquen.
5. Por otra parte, ese cambio tecnológico permitirá invertir las proporciones actuales en que se transforma la energía contenida en la biomasa cañera (menos de 5 % en electricidad y más de 95 % en calor, que es el portador energético de más baja calidad) y, de esa manera, convertir en electricidad el máximo posible de ese contenido.

XVII.6. BIBLIOGRAFÍA

- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. *24,65 MW Bagasse-fired steam Power Plant, Demonstration Project*. Dirección General de Energía, EUR 10 390 EN/FR, 1986.
- COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA. *Programa de desarrollo de las fuentes nacionales de energía*. La Habana: junio, 1993.
- DELAQUIL, PAT. «Progress Developing a Sugar Cane Cogeneration Industry», en *International Cane Energy News*, Newsletter of the International Cane Energy Network, April 2000.
- ECON CENTER FOR ECONOMIC ANALYSIS. *Sugarcane Biomass: Cuba's Fuel for the Future? Economic, Institutional and Financial Issues*. ECON-Report no. 82/00/01, Project no. 33 660, ISSN: 0803-5113, OKJ/HBr, LLU, 2. Febrero, 2001.
- GÁLVEZ TAUPIER, LUIS O. *Alternativas y posibilidades. Los derivados como complemento de la economía azucarera*. ICIDCA: Consejo Técnico Asesor, MINAZ, enero de 1999.
- HAQ, ZIA. *Biomass for Electricity Generation*. Energy Information Administration, DOE/USA, 2001. 18 p.
- KINOSHITA, C. M. «Cogeneration in the Hawaiian Sugar Industry», en *Bioresource Technology* 35, págs. 231-237, 1991.

- LARSON, ERIC D., *ET AL.* «A review of biomass integrated-gasifier/gas turbine combined cycle technology and its application in sugarcane industries, with an analysis for Cuba», en *Energy for Sustainable Development*. vol. V, No. 1, p. 54-76, march, 2001.
- MENÉNDEZ, ALFREDO. *Consideraciones sobre posibles alternativas para la producción de azúcar*. La Habana: 11 de marzo de 1999 (comunicación privada).
- MINISTERIO DEL AZÚCAR. *Documento programático sobre el proceso de reestructuración del MINAZ*. Folleto impreso por el Ministro de Industria Básica para ser distribuido a su Consejo de Dirección y a los presidentes de los Consejos de Cooperación. La Habana: 25 de mayo de 2002.
- TORRES-MARTÍNEZ, JULIO. Notas tomadas durante la semana de trabajo con los visitantes franceses de Isla Reunión, del 11 al 16 de diciembre de 1993 (comunicación privada).
- _____. «Los cambios tecnológicos y la energética sustentable». II Conferencia Internacional Energía para el Desarrollo, en el marco de la III Convención Internacional Medio Ambiente y Desarrollo, Palacio de las Convenciones de La Habana, junio, 2001.
- TORRES-MARTÍNEZ, JULIO Y W. GÓMEZ-JIMÉNEZ. «Cuba y la energética sustentable», en SIARIN'92, Palacio de las Convenciones, La Habana, del 1 al 3 de diciembre de 1992. Publicado en *Ingeniería Energética*. vol. XIV, No. 3, pp. 69-80, 1993.
- TORRES-MARTÍNEZ, JULIO Y JUAN F. LLANES REGUEIRO. «La mitigación de las emisiones de GEI mediante biomasa cañera», presentado en el evento internacional celebrado en el Acuario Nacional de Cuba, los días 23 y 24 de septiembre de 2002, para conocer los resultados de los estudios de mitigación llevados a cabo en Cuba durante los últimos dos años. La Habana: 2002.
- USAID. *Advancing Cogeneration in the Indian Sugar Industry. Three Mills in Tamil Nadu and Maharashtra*. Report No. 93-00, Prepared by Winrock International and International Development and Energy Associates, Inc. 1611 N. Kent Street Arlington, VA 22209, Biomass Energy Systems and Technology Project DHR-5737-A-00-9058-00, mayo, 1993.
- _____. *Energy from Sugarcane Cogeneration in El Salvador*. Report No. 94-03. Prepared by Winrock International Institute for Agricultural Development 1611 North Kent Street, Suite 600 Arlington, VA 22209-2134; Biomass Energy Systems and Technology Project DHR-5737-A-00-9058-00, noviembre, 1994a.

_____. *Energy from Sugarcane Cogeneration in Honduras*. Report No. 94-02, Prepared by Winrock International Institute for Agricultural Development 1611 North Kent Street, Suite 600 Arlington, VA 22209-2134; Biomass Energy Systems and Technology Project DHR-5737-A-00-9058-00, agosto, 1994b.

ANEXO XVIII

Hacia la cultura solar

ALEJANDRO MONTECINOS LARROSA

Texto introductorio del libro homónimo, publicado en el 2005 por la Editorial CUBASOLAR.

El futuro –la herencia que aportemos a nuestros hijos– depende directamente de las decisiones que ahora tomemos en relación con las tecnologías energéticas. Contamos con varias alternativas, pero al optar por una u otra estamos obligados a considerar no sólo las implicaciones técnicas, sino también –primariamente– las éticas, morales, sociales, medioambientales y políticas.

Si convenimos en que la historia humana puede definirse por la tecnología predominante –los instrumentos–, su pertenencia social y su contenido ideológico y productivo, podemos descubrir la orientación autodestructiva del actual esquema energético mundial.

La tecnología contemporánea –y los portadores energéticos que la sustentan– produce un incremento casi incuestionable en las estadísticas del consumo (aunque otro mundo describen las estadísticas sociales). El andamiaje económico de la llamada sociedad de la información descansa sobre la filosofía –y la práctica– de la propiedad privada. La humanidad parece llegar a un escenario donde sólo se producen objetos –y sujetos– para la compra-venta (nada tiene valor si carece de precio). Nuestro tiempo y cultura se diluyen en las imágenes de la publicidad primermundista.

El petróleo y la fisión y fusión nucleares aparecieron en la cotidianidad del hombre como los elementos que propiciarían la solución eterna de los problemas humanos en cuanto a sus necesidades energéticas, pero al final demuestran su ineficacia y peligrosidad para sostener la vida en el planeta. Ni siquiera podrán asegurar la sustentabilidad, entendida como la capacidad de un sistema para desarrollarse con los recursos propios, de manera tal que su funcionamiento no dependa de fuentes externas, aunque se consideren.

El andamiaje económico y el comercio actuales se sustentan sobre el abuso intensivo del petróleo y los combustibles nucleares; y variar el esquema exige tiempo, recursos –de todo tipo– y voluntad política, porque la sustentabilidad contemporánea afecta –ya pocos lo dudan– la sostenibilidad de la vida terrestre, asumida como el uso de la biosfera por las generaciones actuales, al tiempo que se mantienen sus rendimientos potenciales para las generaciones futuras.

XVIII.1. VECTORES DE LA CULTURA SOLAR

El aforismo martiano de que «ser cultos es el único modo de ser libres» y la prédica de Fidel Castro e intelectuales y humanistas de todos los tiempos, señalan que no hay libertad ni desarrollo sin educación y cultura.

Ya en 1992, en la Cumbre de Río, el propio Fidel alertaba sobre la previsible desaparición de la especie humana si continuaba, entre otras causas, el actual sistema energético mundial, basado en el uso irracional de las fuentes fósiles y nucleares de energía. Ese esquema puede superarse y debe sustituirse por una cultura energética sostenible, como uno de los fundamentos de la cultura solar que asegure la definitiva libertad de la sociedad humana y la consecución de un desarrollo sostenible.

Por desarrollo sostenible entendemos el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se procura el crecimiento económico y social, con respeto pleno a la integridad étnica y cultural (local, nacional y regional), y el fortalecimiento de la participación democrática de la sociedad, en convivencia pacífica y en armonía con la naturaleza, de modo tal que se satisfagan las necesidades de las generaciones actuales, sin poner en riesgo la satisfacción de las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras.

En otras palabras, cualquier obra humana puede ser sustentable, pero no significa necesariamente que sea sostenible. Un ejemplo: la actual estructura energética mundial, basada en el uso intensivo de los hidrocarburos y la energía nuclear, puede ser sustentable por un período determinado para los países desarrollados, por el acceso a los recursos financieros y tecnológicos para su extracción y explotación (la tierra todavía guarda petróleo y uranio en sus entrañas, suficientes para quemarlos o fisiónarlo durante décadas). Pero sucede que esa

sustentabilidad de las industrias petrolera, carbonera y nuclear no permite la sostenibilidad de la vida en el planeta. Todavía muchos discuten cuándo se acabarán las reservas de petróleo, y en realidad lo que nos debe preocupar –y ocupar– es cuándo desapareceremos como especie si continúa el actual sistema energético mundial (con preferencia para la combustión de los combustibles fósiles y la fusión y fisión del átomo).

Por eso surge una cultura energética sostenible, basada en el uso de las fuentes renovables de energía, la eficiencia energética, el ahorro de energía, la explotación racional de los recursos, el reciclaje y la educación energética y ambiental, integral y sostenida, en todos los niveles de enseñanza, de manera tal que en el proceso de adquisición de conocimientos y el desarrollo de hábitos, habilidades y actitudes se armonicen las relaciones de los hombres entre sí y con la naturaleza, para orientar los procesos de desarrollo hacia la sostenibilidad.

Sin duda, la cultura energética sostenible constituye un elemento inalienable de la cultura solar a la que aspiramos, para redimir al ser humano de su actual enajenación neoliberal y permitir el desarrollo de todas las potencialidades del hombre, necesita una nueva cultura solar como alternativa ante el antropocentrismo petulante de hoy y el despiadado holocausto que provoca el imperio neoliberal. Los vectores principales son:

1. El progresivo e inevitable cambio de la estructura energética mundial, desde los hidrocarburos y los combustibles fósiles hacia la energía solar, directa e indirecta (cultura energética sostenible).
2. El acceso a la educación con iguales oportunidades para todos, desde la herencia humanista y hacia el enriquecimiento espiritual e intelectual del hombre.
3. La seguridad alimentaria de todas las personas, con énfasis en la agricultura orgánica y los alimentos naturales.
4. La asunción de un sistema de salud preventivo que incorpore la sabiduría ancestral.
5. El aseguramiento de una vida plena y armónica con los procesos de la naturaleza, como soporte ideológico para preservar nuestro hábitat y las imprescindibles biodiversidad y sociodiversidad.
6. El fortalecimiento de las relaciones interpersonales y entre los pueblos, sobre la base de la ética y el amor, en paz y con la brújula de la solidaridad.

XVIII.2.¿QUÉ HACER?

Alguien –tan anónimo como la propia naturaleza– dijo que no existe nada nuevo bajo el Sol. Valdría añadir que él –el Sol– dicta y sostiene la biografía terráquea, con todos sus elementos y seres a cuestas.

El conocimiento llega a la utilidad social –humana y medioambiental– cuando lo asumimos como patrimonio activo, para el bien de todos. Y ya sabemos que el Sol ofrece generoso –con gratuidad– su energía y enseñanza: compartir.

El conocimiento –dentro de una cultura energética sostenible– deberá dotarnos del combustible social que despoje de la geografía humana el camino energético duro –derrochador y centralizador.

Al juego de la política y la defensa a ultranza de un statu quo burgués, anteponer la ética martiana y la solidaridad más diáfana. Ante el empeño ingenuo de la sustentabilidad personal o nacional, blandir los preceptos de la sostenibilidad universal, para todos los tiempos y espacios.

El guajiro cubano siempre previó, antes de partir para la faena, poner un recipiente con agua al Sol, porque de esta forma al regresar tendría –incluso en nuestro invierno tropical– agua tibia para el baño vespertino. Cualquier prospecto de la postmodernidad le aconsejaría recurrir a un calentador eléctrico –bello y eficiente (aunque su eficiencia pase por la conversión de la energía solar a la química del petróleo, y de ésta a la energía «termoeléctrica» que se distribuye por kilómetros de conductores hasta el calentador doméstico).

Algunos argumentan contra los aerogeneradores porque violentan el verde de los paisajes, sin alzar la voz contra las torres transmisoras de electricidad que acercan los electrones activos hasta sus neveras y campos de golf. Habría que preguntarse si esos tendidos eléctricos añaden majestuosidad o sencillez a la naturaleza. Los kilómetros de cables que enlazan las termoeléctricas y centrales atómicas con los consumidores de la energía eléctrica, bastarían para rediseñar el servicio eléctrico si esa energía se produjera de forma descentralizada con las tecnologías que utilizan la energía solar.

Lo trascendente –nuevo y útil– de la estrategia de la agroindustria cubana actual no radica –principalmente– en la reducción de los terrenos destinados a la caña de azúcar o en la insistencia para alcanzar la eficiencia industrial –principio elemental de cualquier proceso fabril–, sino en la autogestión energética y el destino eficaz de los recursos –las fuerzas productivas–, que prescinden del monocultivo

(caña de azúcar), el monoproducción (azúcar) y el monocombustible (petróleo). El monocultivo prefigura el hambre, el monoproducción restringe la capacidad de intercambio comercial y el monocombustible coarta las libertades política y socioeconómica.

Con un desenfreno renovado algunos intentan redescubrir la solución en los biocombustibles: cubrir tierras fértiles con especies vegetales para la automoción. Preguntémosle a los hambrientos del mundo la prioridad: ¿semillas de girasol para accionar los motores de los abundantes autos del Norte, o para saciar los famélicos estómagos del Sur? La pródiga diversidad botánica que nos lega la naturaleza –desde los gérmes ancestrales– debe sustituir la dictadura contemporánea del *fast food*.

¿Qué hacer? Ante la avalancha consumista y neoliberal, anteponer la práctica humanista y solidaria. Cuba –urgida siempre– reacomoda sus realidades y necesidades a partir de algunos principios inalienables: la eficiencia energética, el uso de las fuentes nacionales de energía –en defensa de su soberanía–, el ahorro y el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, la agricultura orgánica, el respeto ambiental y el amor: desde el antropocentrismo hacia el compartimiento holístico, «con todos y para el bien de todos».

No importan los tentáculos del poder imperial –y fascistizante– ni los lindes que impone a la conciencia mundial el siglo de la hegemonía del petrodólar; el hombre redescubrirá su libertad y felicidad, en armonía con la naturaleza: la cultura –y civilización– solar.

Decálogo de la sobriedad

ENRICO TURRINI

Energía y tú, No. 25, ene.-mar., 2004.

El digno pueblo cubano, con su Revolución Solar en incesante desarrollo, nos ayuda a comprender que sin sobriedad nuestro planeta no tiene futuro. Siguiendo el ejemplo de este pueblo podemos proponer el «decálogo de la sobriedad», resumido en diez pequeñas reglas:

1. Por la mañana me dejo despertar por el Sol calentico (a veces escondido detrás de las nubes), el cual me incita a no gastar mis energías un poco dormidas y arrojándome de cabeza con ánimo y vida, sino a dejarme acariciar por sus rayos, respirar intensamente y hacer ejercicios físicos sencillos, cargándome así de su energía, que envía a todos con cariño, y que entonces me da aliento para entregarme con gratitud a la construcción de un mundo nuevo.
2. Ha llegado el momento de abrir el grifo del agua para lavarme. Me acuerdo de que el 2003 fue declarado por la Organización de las Naciones Unidas «Año Internacional del Agua», pero al mismo tiempo no puedo olvidar que los países más ricos gastan casi 90 % del agua disponible del planeta y dejan morir de sed anualmente a dos millones de hombres en los países pobres del Sur. Por lo tanto, me entrego a dar una señal en la dirección contraria al utilizar el agua con sobriedad, evitar cualquier despilfarro y sensibilizar a parientes y amigos sobre el tema.
3. Ahora tengo que ir a un lugar lejano de mi casa: para el trabajo o para el descanso. Cuando tengo la posibilidad de utilizar los medios de transporte público, como el tren o el bus, ¿por qué no dejo mi carro en el garaje? Así contribuyo con el ahorro de energía y la disminución de la polución. ¡Esa sí es una señal de amor hacia los demás! También puedo darme cuenta de que, a pesar de utilizar

un poco más de tiempo, evito el estrés por manejar, tendré la oportunidad de relacionarme con otras personas, y promuevo el nacimiento de pensamientos positivos e irradiar a los demás.

4. Es el momento de dar la cara para preguntarme qué debo hacer en el día que comienza. En relación con la alimentación, busco nutrirme de manera equilibrada con productos naturales sin tratamientos químicos; elijo una dieta preferiblemente vegetariana, que permita una drástica reducción de lo que se necesita de la superficie agrícola per cápita, por la razón de que cerca de 10 % del contenido energético de los productos vegetales ingeridos por los animales se transforma en carne comestible y el otro 90 % en desechos. Además, evito comprar productos de las transnacionales, que explotan a los pueblos del Sur del mundo. En relación con las enfermedades, elijo la prevención, y si me enfermo procuro curarme con los medicamentos que me ofrece la naturaleza. En la actividad laboral y de descanso busco estar lejos de la mentalidad del «usar y botar», elijo el camino del reciclaje cerca de la naturaleza. En relación con las necesidades de energía, busco utilizar bombillas y otros equipos de bajo gasto y me convierto en promotor de la energía solar. En fin, en las relaciones con otras personas procuro expresar la importancia de traducir en vida los ideales de justicia, de paz y del compartir, y evito el lujo y el despilfarro.

5. A la puesta del Sol hago un balance crítico de mi conducta en relación con la sobriedad, para poder hacer al día siguiente otro paso adelante en la dirección correcta.

Quiero ahora completar el decálogo con un examen más penetrante de todo el arco de mi vida, tomando en cuenta las palabras del apóstol cubano José Martí «Vengo del Sol y al Sol voy».

6. Desde niño, en las primeras luces de mi vida, el Sol me ayuda a comprender la belleza de una flor que brota y se introduce en la naturaleza sin ruido y sin despilfarro de energía. Por lo tanto, el Sol me invita a abrirme como una flor, expresando mi alegría de vivir de manera sencilla, sin transformar mi vitalidad en agresividad, jugando suavemente con mis amiguitos, sin peleas y golpes.
7. Creciendo, el Sol, como mismo trasmite al animalito la energía para desarrollarse de acuerdo con su estructura peculiar, me aconseja, hablándome con sus rayos, elegir el tipo de estudio y después la actividad laboral que más se acercan a mi conformación psicofísica, de manera que pueda brindar a los demás lo mejor de

mí mismo, sin gastar de forma superflua mis energías y elegir entonces el camino de la sobriedad.

8. Llega después el momento de los encuentros muchachas-muchachos. También en estas circunstancias el Sol me propone la sobriedad en la búsqueda de la compañera o compañero de la vida con la cual o con el cual compartir los mismos ideales y caminar juntos ayudándose uno al otro. Así los resultados no se doblan, sino se logra cien veces más.
9. Cuando me nace un niño, volviéndome mamá o papá, ¿qué hacer? Hace falta no considerarlo mi propiedad, como si quisiera de manera egoísta que él envíe todas sus energías hacia mí, sino ayudar a ese niño a convertirse en un rayito de Sol que brinde energía positiva a quien se encuentre en el camino de su vida.
10. Al fin llega el final de la vida. No debo considerarlo un acontecimiento triste. En ese caso el Sol no me deja solo, sino me brinda su ejemplo. De hecho, a su puesta él envía sus rayos con los colores más lindos y más alegres, y así me sugiere que a través de la muerte, entendida como ofrecimiento de la propia vida, surgirán nuevas alboradas, nuevas vidas. Si en aquel momento logro, como el Sol, tener alegría, significa que he comprendido en su corazón el sentido de la sobriedad.

Unidades de medida

TABLA 1

Unidad de medida de la potencia
(La unidad en el Sistema Internacional es el watt)

UNIDAD	SÍMBOLO	EJEMPLO
WATT (joule/segundo) W		La potencia de la luz del bombillo de una bicicleta
KILOWATT	kW	La potencia de un calentador de agua eléctrico
MEGAWATT	MW (10^6 W)	La potencia de diez automóviles de cilindrada media
GIGAWATT	1 000 MW GW (10^9 W)	La potencia eléctrica de una megacentral termoeléctrica
TERAWATT	TW (10^{12} W)	Cerca de un décimo de la potencia (no solamente eléctrica) suministrada a nivel mundial
CABALLO-VAPOR	CV (736 W)	Diez veces la potencia de un hombre
CALORÍA/SEGUNDO	cal/s (4,186 W)	
BRITISH THERMAL UNIT /SEGUNDO	BTU/s (1 054 W)	
WATT PICO	Wp	La potencia de un watt en condiciones óptimas en una celda fotovoltaica

TABLA 2

Unidad de medida de la energía y del trabajo
(La unidad en el Sistema Internacional es el joule)

UNIDAD	SÍMBOLO	EJEMPLO
JOULE (watt x segundo)	J = Ws	La energía necesaria para levantar a un metro de altura una masa de 100 g, o la energía suministrada por la luz de un bombillo de la bicicleta en un segundo.
WATT-HORA	Wh	
KILOWATT-HORA	kWh (860 kcal)	Algunos kilowatt-hora son el consumo medio diario doméstico de una persona.
TERAWATT-HORA	10^{12} Wh (10^9 kWh)	
TERAWATT-AÑO	TWañ ($8\,760 \times 10^9$ kWh) (725 Mtep)	Cerca de la décima parte de las fuentes primarias de energía a nivel mundial consumidas en un año.
TONELADA EQUIVALENTE DE PETRÓLEO	tep ($12,1 \times 10^3$ kWh) ($10,4 \times 10^6$ kcal)	La energía obtenida de la combustión de una tonelada de petróleo.
TONELADA EQUIVALENTE DE CARBÓN	tec (0,67 tep) ($8,14 \times 10^3$ kWh) (7×10^6 kcal)	La energía obtenida de la combustión de una tonelada de carbón.
KILOGRAMO EQUIVALENTE DE PETRÓLEO	1 kgep ($10,4 \times 10^3$ kcal) (12,1 kWh)	
KILOGRAMO EQUIVALENTE DE CARBÓN	1 kgec (7×10^3 kcal) (8,14 kWh)	1 kgec corresponde a cerca de un watt en el transcurso de un año.
CALORÍA	cal (4,186 J)	La cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14,5 a 15,5 °C.
KILOCALORÍA	kcal (1 000 cal) ($1,16 \times 10^3$ kWh)	
BRITISH THERMAL UNIT	BTU (1 054 J)	

TABLA 2
Unidad de medida... (cont.)

UNIDAD	SÍMBOLO	EJEMPLO
ELECTRONVOLT	eV ($1,6 \cdot 10^{-19}$ J)	La energía adquirida por un electrón para moverse de un punto a otro, cuya diferencia de potencial es de 1 V.

TABLA 3
Reconversión
entre unidades de energía

Unidad	kJ	kcal	kWh	tec	tep	TWañ
1 kJ	1	0,24	2,78 $\times 10^{-4}$	3,4 $\times 10^{-8}$	2,3 $\times 10^{-8}$	0,317 $\times 10^{-16}$
1 kcal	4,18	1	1,16 $\times 10^{-3}$	1,4 $\times 10^{-7}$	9,7 $\times 10^{-8}$	0,128 $\times 10^{-15}$
1 kWh	3 600	860	1	0,123 $\times 10^{-3}$	0,083 $\times 10^{-3}$	0,11 $\times 10^{-12}$
1 tec	2,93 $\times 10^7$	7 $\times 10^6$	8,14 $\times 10^3$	1	0,67	0,93 $\times 10^{-9}$
1 tep	4,3 $\times 10^7$	10,4 $\times 10^6$	12,1 $\times 10^3$	1,5	1	1,38 $\times 10^{-9}$
1 TWañ	3,15 $\times 10^{16}$	0,75 $\times 10^{16}$	8 760 $\times 10^9$	1 082 $\times 10^6$	725 $\times 10^6$	1

TABLA 4
Múltiplos
comúnmente usados

MÚLTIPLOS	ABREVIATURA	SIGNIFICADO
10^3	k (kilo)	Mil
10^6	M (mega)	Millón
10^9	G (giga)	Mil millones
10^{12}	T (tera)	Billón
10^{15}	P (peta)	Mil billones
10^{18}	E (esa)	Trillón

Abreviaturas, siglas y acrónimos

- ACC. Academia de Ciencias de Cuba.
- ALCA. Acuerdo de Libre Comercio para las Américas.
- ATP. Trifosfato de adenosina.
- BGI. Biomasa gasificada integrada.
- BTU. British Thermal Unit.
- BWR. Boiling Water Reactor.
- CAME. Consejo de Ayuda Mutua Económica.
- CDR. Comités de Defensa de la Revolución. Cuba.
- CDU. Clasificación Decimal Universal.
- CECC. Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos. Cuba.
- CEE. Comunidad Económica Europea.
- CETER. Centro de Estudio de Tecnologías de Energías Renovables. Cuba.
- CIES. Centro de Investigación de Energía Solar. Cuba.
- CITA. Centro Integral de Tecnologías Apropriadas. Cuba.
- CITMA. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Cuba.
- CMMAD. Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo.
- CTE. Central termoeléctrica.
- CUBAENERGÍA. Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía. Cuba.
- CUBASOLAR. Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental.
- DDT. Diclorodifeniltricloroetano.
- DNA. Ácido desoxinucleico.
- EPS. Electric Power System.
- EREC. European Renewable Energy Council.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FER. Frente de Energías Renovables. Cuba.

- FMC. Federación de Mujeres Cubanas.
- FMI. Fondo Monetario Internacional.
- FRE. Fuentes renovables de energía.
- GEI. Gases de efecto invernadero.
- HNEI. Hawaii Natural Energy Institute.
- IDA. International Diplomatic Academy.
- I+D. Investigación y Desarrollo.
- IAEA. Agencia Internacional para la Energía Atómica.
- IAHA. International Association for Hydrogen Energy.
- ICH. Instituto Cubano de Hidrología.
- ICINAZ. Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras.
- IIASA. International Institute for Applied System Analysis.
- IMRE. Instituto de Materiales y Reactivos para la Electrónica. Cuba.
- INFCE. International Nuclear Fuel Cycle Evaluation.
- IPPC. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IRENA. International Renewable Energy Agency.
- ISEA. Agencia Internacional de Energía Solar.
- ISES. International Solar Energy Society.
- ISPJAE. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Cuba.
- ITER. International Thermonuclear Experimental Reactor
- MES. Ministerio de Educación Superior. Cuba.
- MICOM. Ministerio de la Informática y las Comunicaciones. Cuba.
- MINAGRI. Ministerio de la Agricultura. Cuba.
- MINAZ. Ministerio del Azúcar. Cuba.
- MINBAS. Ministerio de la Industria Básica. Cuba.
- MINED. Ministerio de Educación. Cuba.
- MIT. Technology Massachusetts Institute.
- MTEP. Millones de toneladas equivalentes de petróleo.
- OECD. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- ONG. Organización No Gubernamental.
- ONU. Organización de las Naciones Unidas.
- OTAN. Organización del Tratado del Atlántico Norte.
- OTEC. Ocean Thermal Energy Conversion.
- PAEC. Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba.
- PAEME. Programa de Ahorro de Energía del Ministerio de Educación. Cuba.

- pH.** Potencial de Hidrógeno
- PIB.** Producto interno bruto.
- PICHTR.** Pacific International Center
for High Technology Research.
- PNUD.** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- PPM.** Partes por millón.
- PWR.** Pressure Water Reactor.
- RAC.** Residuos agrícolas cañeros.
- RNA.** Ácido ribonucleico.
- SEN.** Sistema Electroenergético Nacional.
- SPD.** Partido Socialdemócrata Alemán.
- TGCC.** Turbinas de gas de ciclo combinado.
- TVEC.** Turbinas de vapor de extracción-condensación.
- UNDP.** United Nations Development Programme.
- UNCTAD.** Conferencia de las Naciones Unidas
para el Comercio y el Desarrollo.
- UNEP.** Programa de las Naciones Unidas
para el Medio Ambiente.
- UNESCO.** Organización de las Naciones Unidas
para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- UNIDO.** United Nations Industrial Development Organization.
- UNSEGED.** Grupo para la Energía Solar de las Naciones Unidas
sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.
- URSS.** Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas.
- UTER.** Universidad Técnica de Energías Renovables. Cuba.
- VAN.** Valor actual neto.
- WCRE.** The World Council for Renewable Energy.
- WHO.** World Health Organization.
- WMO.** World Meteorological Organization.

Glosario

BILLÓN. Cantidad que representa un millón de millones (1 000 000 000 000), no se debe confundir con el billón inglés, que corresponde a mil millones (1 000 000 000).

BIOMASA. Material de origen animal o vegetal (leña, residuos boscosos o agrícolas, excrementos de animales, etc.), utilizados como fuentes de energía.

CALOR. Forma de energía ligada al movimiento desordenado de las moléculas. Se distingue el calor a baja temperatura, menor de 100 °C (energía de poco valor), utilizado para el calentamiento, y el calor a alta temperatura, por encima de 100 °C (energía más valorizada), utilizados en máquinas de vapor y en condiciones de abastecer energía mecánica.

CENTRAL TERMOELÉCTRICA. Convertidor de energía térmica en eléctrica. El combustible puede ser fósil o nuclear (para instalaciones convencionales), biomasa, hidrógeno solar, etc. (para instalaciones de fuentes renovables).

COGENERACIÓN. Producción combinada de energía eléctrica y calor, con el aprovechamiento de ambas. En una central termoeléctrica, por ejemplo, el calor producido puede ser utilizado con fines industriales y la calefacción.

COMBUSTIBLES FÓSILES. Carbón, petróleo y gas derivados de la descomposición de materiales orgánicos ocurrida hace millones de años. Los fósiles están constituidos por carbono, o por combinaciones diferentes de carbono e hidrógeno.

COMBUSTIÓN. Reacción exotérmica (con producción de calor) bastante rápida, en la cual el oxígeno se combina con elementos combustibles.

CONTAMINACIÓN. Es causada por los residuos, normalmente provenientes de las transformaciones energéticas, que provocan daños a los seres vivos, hombres, animales y plantas. Se puede hablar tam-

bién de contaminación térmica. Las mejores centrales termoeléctricas descargan, en el aire o en el agua, calor que afecta el medio ambiente. El efecto invernadero puede ser definido como una forma de contaminación térmica. También existe la contaminación sónica, por ruido excesivo.

DESACOPAMIENTO. No hay paralelismo entre la curva del producto nacional bruto y la curva de los consumos energéticos primarios.

ECOSISTEMA. Ambiente natural caracterizado por un conjunto de elementos abióticos y seres vivos que interaccionan entre sí a través del intercambio de energía.

EFFECTO INVERNADERO. Fenómeno de absorción selectiva de los rayos solares, en dependencia de su longitud de onda, por la atmósfera terrestre o por otros sistemas con efectos análogos.

ELEMENTOS RADIATIVOS O RADIONÚCLIDOS. Átomos de elementos con estructura inestable que emiten radiaciones de varios tipos: por ejemplo, alfa (2 protones y 2 neutrones) y beta (1 electrón), transformándose en otros elementos.

ENERGÍA. Comúnmente definida como capacidad de producir trabajo. La transformación de una misma cantidad de energía puede producir mayor o menor cantidad de trabajo, en dependencia de la calidad de dicha energía: energíapreciada (eléctrica, mecánica, etc.) y las menos apreciadas (energía térmica de baja temperatura).

ENERGÍA AL CONSUMIDOR. Energía disponible para el consumo. Energía eléctrica que llega a las industrias y a las casas, gasolina disponible en los distribuidores, etcétera.

ENERGÍA ELÉCTRICA. Es una energíapreciada, producida por generadores convencionales (centrales termoeléctricas de combustible fósil o nuclear), por generadores de biomasa, generadores geotérmicos, generadores térmicos solares, por sistemas fotovoltaicos, generadores eólicos, centrales hidráulicas, etcétera.

ENERGÍA PRIMARIA. Energía disponible en el origen, antes de sufrir transformación alguna. Es la energía contenida en los combustibles fósiles, por ejemplo, antes de las sucesivas transformaciones energéticas.

ENERGÍA SOLAR DIRECTA. Energía de los rayos solares (fotones).

ENERGÍA SOLAR INDIRECTA. Agua, viento, biomasa.

ENERGÍA ÚTIL. La energía que es utilizada realmente y no dispersa en forma de calor en el ambiente externo. Por ejemplo, la energía contenida en la gasolina del automóvil es utilizada para la tracción del vehículo apenas en una pequeña porción (30 %), el resto

se dispersa en calor. La energía eléctrica que llega a las casas no se utiliza completamente, etc. En un país industrializado, hoy en día, la energía útil es, como promedio, 30 % de la primaria, 70 % son pérdidas.

ENTROPÍA. Dimensión física que caracteriza el estado de desorden. Cuanto mayor sea la entropía, mayor será el estado de desorden y menor la capacidad de trabajo. La entropía del universo aumenta. Cuanto más rápidas y agresivas son las transformaciones energéticas, más fuerte es el aumento de la entropía; es decir, que se anda aceleradamente hacia una situación donde se imposibilitará efectuar trabajo. En otras palabras, se va hacia la muerte.

ESTACIÓN DE ENRIQUECIMIENTO DEL COMBUSTIBLE. Instalación en la cual se aumenta la concentración de U^{235} en relación con el U^{238} .

ESTACIÓN DE REPROCESAMIENTO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR. Instalación en la cual se reprocesa el combustible agotado (escorias radiactivas) extraído de las centrales, para después ser utilizado de nuevo.

FÁBRICA DE ELEMENTOS DE COMBUSTIBLE NUCLEAR. Produce barras de combustible que formarán el núcleo del reactor donde ocurrirá la fusión nuclear.

FALL-OUT. Productos radiactivos encontrados, después de una explosión o accidente nuclear, bajo formas de pequeñas partículas, en la atmósfera o en el aire, y que se depositan (quedan) sobre el terreno y lo penetran.

FOTOSÍNTESIS. Utilización de la energía solar por las plantas para sintetizar a partir del agua (H_2O) y del anhídrido carbónico (CO_2), el hidrato de carbono, con la correspondiente liberación de oxígeno en la atmósfera.

FISIÓN NUCLEAR. Escisión de núcleos atómicos pesados (por ejemplo, U^{235}), con emisión de gran cantidad de energía.

FUSIÓN NUCLEAR. Colisión de núcleos ligeros (por ejemplo, el isótopo del hidrógeno) que cuando se unen emiten grandes cantidades de energía.

GRADO DE ACIDEZ (PH). Es la medida de la cantidad de radicales ácidos. Va desde el índice 14, totalmente alcalino, hasta 0, totalmente ácido. El agua destilada es neutra (pH 7). El vinagre tiene aproximadamente pH 3. Las lluvias en los países industrializados tienen un pH entre los valores 4 y 5. Con estos indicadores muy pocos peces consiguen sobrevivir.

HIDRÓGENO. Medio fundamental de almacenamiento de la energía solar. Es utilizable como combustible, como carburante y en la produc-

ción directa de energía eléctrica en las pilas electroquímicas o celdas de combustible.

ISÓTOPO. Átomo con un mismo número de protones (partículas cargadas positivamente), pero con un número diferente de neutrones (partículas sin carga) en el núcleo.

LLUVIAS ÁCIDAS. Lluvias con pH inferior a 7.

NÚCLEO DEL REACTOR NUCLEAR. El corazón del reactor, donde ocurre la fusión nuclear.

OZONO. Una molécula con tres átomos de oxígeno. El ozono de la estratosfera filtra parte de las radiaciones ultravioleta provenientes del Sol.

PILA ELECTROQUÍMICA. Convertidor que transforma directamente la energía química contenida en el combustible en energía eléctrica, sin pasar por la fase intermedia de producción de calor. El rendimiento pasa así de 30-40 a 85 %. Una pila electroquímica puede utilizar el hidrógeno para producir electricidad.

REACCIÓN EN CADENA NUCLEAR O FISIÓN NUCLEAR. Un átomo de un elemento pesado (como el U^{235}) es bombardeado por un neutrón y se rompe, liberando una gran cantidad de energía y otros neutrones que van, a su vez, a bombardear otros átomos.

REACTOR NUCLEAR. Es la parte de la central nuclear que comprende el núcleo donde ocurre la fisión nuclear y el sistema de extracción del calor producido por el refrigerante. De acuerdo con el tipo de detonador de la fisión, hay reactores térmicos y rápidos; en relación con el tipo de refrigerante se encuentran los BWR, PWR, etcétera.

RECICLAJE. Reutilización de material usado o residuos en lugar de utilizar nuevas materias primas.

RENDIMIENTO. Es el índice de eficacia de un convertidor. Corresponde a la relación entre la energía útil suministrada por el convertidor y la energía consumida por él. En una central termoeléctrica, por ejemplo, la relación entre la energía eléctrica y la energía del combustible es aproximadamente 30-40 %.

REPOWERING. Sistema para la recuperación de energía, el cual se obtiene poniendo en secuencia una turbina de gas con una turbina de vapor, para aumentar el rendimiento de una central termoeléctrica de combustible gaseoso.

SUPERCONDUCTIVIDAD. Características de materiales que conducen electricidad sin pérdidas de energía. Esta característica era conocida en muchos metales bajo temperaturas próximas al cero absoluto (-273°C). Hoy han sido contruidos, en laboratorios, materiales

cerámicos que contienen tierras raras y presentan la característica de la superconductividad, con una temperatura alrededor de -40°C .

TELECALENTAMIENTO. Calentamiento a distancia de edificios, obtenido a través de tuberías que transportan el calor producido, por ejemplo, por una instalación de cogeneración o por una fuente de energía geotérmica.

TIEMPO DE DIVISIÓN POR LA MITAD (VIDA MEDIA) DE UN ELEMENTO RADIOACTIVO. Es el tiempo necesario para que la mitad de una cierta cantidad de un elemento radiactivo original se transforme en otro elemento.

VÍA ENERGÉTICA DURA. Utilización de fuentes no renovables (fósiles y nucleares), generalmente en forma fuertemente centralizada, con las consecuentes pérdidas de energía. Este es un camino que favorece la concentración del poder en pocas manos y se aleja, por tanto, de una verdadera democracia.

VÍA ENERGÉTICA SUAVE O CAMINO DEL SOL. Utilización de fuentes renovables, Sol directo e indirecto (agua, viento, biomasa), en forma preponderantemente descentralizada y diversificada, asociada a una utilización inteligente de la energía. Por sus características se trata de un camino de participación popular y democrático, lo que constituye un factor de independencia.

Cronología

ALREDEDOR
DE MEDIO MILLÓN
DE AÑOS ATRÁS

(glaciación de Mindel).

PRIMEROS VESTIGIOS
DE UTILIZACIÓN
DEL FUEGO.

Entre las glaciaciones de Mindel y de Würm (cerca de 35 000 años a. C.), se utiliza la leña como combustible.

35 000-30 000
AÑOS a. C.

El *Homo sapiens* domina el fuego y fabrica herramientas usando su propia energía.

VI MILENIO a. C.

Inicio de la era neolítica con control y utilización más racional de la energía: agricultura, crianza y uso de animales para el trabajo, almacenamiento y preparación de alimentos.

IV Y III MILENIOS a. C.

Inicio de los primeros grandes sistemas energéticos de la historia con cultivos irrigados en las zonas pluviales del Tigris, Eufrates, Nilo. En Egipto, se utilizaron decenas de millares de hombres para la construcción de las pirámides. Construcción de una máquina elemental para el levantamiento de pesos según el principio de la palanca.

3000-1500 a. C.

Explosión tecnológica. Se desarrollan los transportes por tierra (con tracción animal) y por agua (utilizando incluso la energía eólica mediante las velas).

SIGLOS VII-I a. C.

Civilización griega y romana, desarrollo de máquinas (molinos de agua y de viento), construcción de carreteras, desarrollo de la energía térmica para el calentamiento y la iluminación.

1000-1500 d. C.

Notable difusión del molino de agua y de viento en Europa; la leña es el combustible más usado.

INICIOS

DEL 1600 d. C.

En Inglaterra el carbón es usado tanto para el calentamiento como para la industria.

INICIOS

DEL 1700 d. C.

Desarrollo de la máquina de vapor (Papin Savery, Newcomen, Watt).

SIGLO XIX.

Invento de la locomotora de vapor a inicios de 1800. Después son construidas redes de distribución de gas y petróleo para la iluminación. Creación del motor eléctrico. Al final del siglo, iniciada la producción industrial de energía hidráulica y térmica. En 1882 son activadas centrales eléctricas en Londres, Nueva York y Milán.

1839.

William Grove idea la pila electroquímica. Solamente a partir de 1959, cuando Francis T. Bacon y J. C. Frost, de la Universidad de Cambridge, construyeron la primera pila con alimentación continua, con el hidrógeno como combustible y el oxígeno como oxidante, aumentó el interés por este invento para la producción de energía eléctrica.

1852.

Descubrimiento de los sistemas de bomba de calor que actualmente se desarrollan en escala industrial.

1859.

Se excava en Pensilvania el primer pozo de petróleo, por la Seneca Oil Co.

1860-1880.

El francés Augustin Mouchot, pionero de la energía solar, idea y construye una máquina en la cual el calor recogido por un colector solar acciona un motor a vapor. Además, desarrolla equipos de energía solar para la producción de hielo y la destilación.

1870.

Nikolaus August Otto desarrolla el motor de explosión de cuatro tiempos.

1877.

En los Estados Unidos de América se construye el primer sistema de telecalentamiento que en los últimos decenios encontró un notable desarrollo en el Norte de Europa, en Alemania Federal y en varios países del Este europeo, particularmente en Rusia.

1880.

Fundación de la Standard Oil, por John Rockefeller, la primera gran sociedad petrolífera. Inicia el *boom* del petróleo que llevará más tarde a la constitución de las siete grandes multinacionales, las siete hermanas (Exxon, Shell, Mobil, Texaco, Standard Oil, Gulf y British Petroleum), con un monopolio casi total. Es justamente la explosión del mercado del petróleo, lo que bloqueará el desarrollo de la vía alternativa. A partir de 1960, esta última será nuevamente frenada por la energía nuclear, mantenida con firmeza en manos de los grandes *lobbies* (Westinghouse, General Electric, Siemens, Framatome, etc.).

1891-1893.

El estudioso La Cour conduce en Dinamarca profundas investigaciones sobre la energía eólica y por primera vez se produce hidrógeno de la electrólisis del agua para el almacenamiento de la energía, utilizándolo después en el sector de la iluminación.

SIGLO XX.

En los primeros decenios de 1900 se registra un fuerte desarrollo en la producción de energía eléctrica. Además, se potencia la industria petrolífera. Se construyen numerosas centrales termoeléctricas de combustibles fósiles.

1900.

En este período, en la costa del mar del Norte, entre Holanda y Dinamarca, funcionan cien mil molinos de viento y otros treinta mil en el interior de Dinamarca.

1904.

Italia, primera por el camino de la utilización de la energía geotérmica (en Larderello).

1908.

Se construye en Dinamarca el primer generador de electricidad movido por el viento.

Inicio de 1900. En los primeros decenios del siglo se desactivan miles de pequeñas hidroeléctricas debido a la imposición del petróleo.

1924.

Convocada la primera Conferencia Mundial de la Energía, para reorganizar la industria eléctrica. La más reciente Conferencia Mundial de la Energía se remonta a septiembre de 1989, realizada en Montreal, Canadá, con el tema: «La energía del mañana». Aunque las fuentes alternativas estaban en la agenda, la conferencia fue dominada por los defensores de la vía dura.

1942.
Entrada en funcionamiento del primer reactor nuclear en la Universidad de Chicago.

6 DE AGOSTO DE 1945.
Estados Unidos arrojó la primera bomba atómica, sobre Hiroshima.

9 DE AGOSTO DE 1945.
Las Fuerzas Áreas estadounidenses lanzan su segunda bomba atómica, esta vez sobre la ciudad de Nagasaki.

1954.
Realización de la primera celda fotovoltaica con silicio.

1957.
Entrada en funcionamiento del primer reactor nuclear comercial, tipo PWR (agua a presión), en Shippingport, Pensilvania.

AÑOS
CINCUENTA.

Fundación de la International Solar Energy Society (ISES), con secciones en varios países del Norte y del Sur del mundo.

1960.
Desarrollo de la utilización de la energía geotérmica a escala industrial en los Estados Unidos (California).

1961.
Entrada en funcionamiento, en Illinois, del primer reactor nuclear comercial tipo BWR (agua hirviendo).

1966.
Cerca de Detroit un reactor rápido de investigación (funcionaba desde 1963), es semidestruido a causa de la fusión del núcleo.

AÑOS SETENTA.

Los Estados Unidos abandonan el programa de los reactores rápidos, considerados demasiado peligrosos. Fundación de la International Association for Hydrogen Energy (IAHE).

1973.

Crisis petrolífera a consecuencia de la guerra de Kippur. Se abre una señal de esperanza para las vías alternativas.

AÑOS OCHENTA

Y NOVENTA.

Se vuelven a poner en funcionamiento muchas minihidroeléctricas (pequeñas centrales hidroeléctricas de hasta 1 MW), desactivadas en los primeros decenios de 1900. Desarrollo de las tecnologías para la producción de energía a partir de la biomasa. Particularmente avanzados en este campo son: Austria en Europa, India y Tailandia en Asia, la Isla Mauricio en África, Brasil y Cuba en América Latina (en Cuba cerca de 30 % de la energía en los años noventa proviene de la biomasa). En Noruega se realizan las primeras experiencias de centrales movidas por olas marinas. En 1989 entra en funcionamiento por obra de la Norwave Norvegese una central de olas marinas para alimentar una ciudad de cinco mil habitantes en Indonesia, a la cual deberían seguir otros centenares. Los generadores se desarrollan principalmente en Dinamarca, Alemania, Suecia, Holanda, España, California y en la India. La tecnología de los sistemas fotovoltaicos (silicio monocristalino, policristalino y amorfo) está lista para la entrada en el mercado industrial. Se construyen sistemas integrados en las paredes y en los techos de edificios, sobre todo en Alemania, Suiza, Holanda. Desarrollo de las investigaciones y de los experimentos sobre sistemas de almacenamiento de energía solar a través del hidrógeno y sus hidruros metálicos. Se desa-

rolla la tecnología de la arquitectura solar. Se construyen en los Estados Unidos y en Suecia las primeras casas alimentadas por hidrógeno solar. En Alemania se experimentan los primeros automóviles y en la antigua Unión Soviética los primeros aviones de hidrógeno, también automóviles eléctricos fotovoltaicos.

1979.

Accidente nuclear en Three Mile Island.

1986.

Al inicio del año el reactor rápido Superphenix comienza a producir electricidad.

26 DE ABRIL DE 1986.

Accidente en Chernóbil.

MARZO DE 1987.

Se notan pérdidas de sodio líquido en el reactor Superphenix, que permanece largo tiempo parado.

1988.

Congreso de Toronto The Changing Atmosphere. Fundación en Bonn, Alemania, de la asociación europea Eurosolar, para la promoción de las energías renovables.

JUNIO DE 1992.

Tiene lugar la Cumbre de Río de Janeiro sobre el medio ambiente y el desarrollo.

1994.

Fundación en Cuba de la Asociación CUBASOLAR para la promoción del camino del Sol: una importante realidad para América Latina.

1995.

Graves accidentes en los reactores experimentales rápidos japoneses.

NOVIEMBRE DE 1997.

Inauguración de la instalación fotovoltaica de un megawatt, en la Feria de Munich, Alemania, el sistema más grande integrado en el techo de un edificio.

1 AL 10

DE DICIEMBRE

DE 1997.

Conferencia de Kyoto para la protección del clima.

1998.

Se decreta el cierre del reactor rápido francés Superphenix.

2001.

Fundación en Bonn, Alemania, de la organización no gubernamental para la promoción de las fuentes renovables de energía en el mundo (The World Council for Renewable Energy, WCRE).

FEBRERO DE 2005.

El Protocolo de Kyoto entra en función.

Bibliografía

An Assessment Study for the Commission of the European Communities 1989. Munich: di Ständer, Polytechnisches Institut Ortlindesstr. 2, 1989.

Annual Energy Review. Bruselas: Comunidad Económica Europea, sep., 1997.

Annual Review of Energy. Palo Alto, California: Ed. Annual Reviews Inc., s/a.

Avvenimenti. Semanario editado en Roma, s/a.

BAUERSCHMIDT, R. *Kernenergie oder Sonnenenergie*. Munich: Ed. C. H. Beck Verlag, 1985.

BEZZI, G. *La Via Dolce dei Materiali*. Italia: junio, 1997.

Bild der Wissenschaft. Stuttgart: Ed. Deutsche Verlags-Anstalt, julio, 1988.

Biomass conversion and technology. Inglaterra: publicado por John Wiley & Sons Ltd., (copyright UNESCO), 1996.

BROWN, L. R. *State of the World 1993*. Washington: Estudio sobre nuestro planeta del Worldwatch Institute (ISED-traducción al italiano de la librería UTET, Turín), 1993.

BROWN, L. R., ET. AL. *State of the world 1988*. Turín: Ed. ISEDI Petrini editore, 1988.

Bulletin of the Atomic Scientists. Chicago: Ed. Educational Foundation for Nuclear Science, Inc., s/a.

CONTI, LAURA. *Questo pianeta*. Roma: Ed. Editori Riuniti, 1987.

Das Potential erneuerbarer Energien in der Europäischen Union. Bonn: Estudio de Eurosolar, comisionado por la CEE, noviembre, 1994.

DEBEIR, JEAN-CLAUDE, ET AL. *Les servitudes de la puissance. Une histoire de l'énergie*. París: Ed. Flammarion, 1986.

DEGLI ESPINOSA, P. Y E. TIEZZI. *I limiti dell'energia*. Milán: Garzanti editore, 1987.

DÜRR, HANS-PETER. *Das Netz des Physikers*. Munich: Ed. Hanser Verlag, 1988.

EUROPEAN RENEWABLE ENERGY COUNCIL (EREC). *Renewable Energy Scenario 2040*. 2004.

Eurosolar Journal. Bonn: Ed. Eurosolar, Plittersdorferstr. 103, 5300, s/a.

GRAEUB, R. *Der Petkau-Effekt*. Gümligen: Ed. Zytglogge Verlag, 1985.

Greenpeace Magazine. Hamburg, Alemania, s/a.

HOHMEYER, O. *Social Costs of Energy Consumption*. Heidelberg: Ed. Springer Verlag, Berlín, 1988.

- Integral*. Revista española. Abril, 2005. <http://www.revistaintegral.com>.
- INTERNATIONAL SOLAR ENERGY SOCIETY (ISES). *White Paper «Transition to a Renewable Energy Future»*. 2003.
- ISES Italia. Febrero, marzo y abril de 2005.
- ISES Solar World Congress Proceedings. Budapest: Published by Hungarian Energy Society, 1993.
- KAFKA-HEINZ, P. Y MAIER LEIBNITZ. *Streitbriefe über Kernenergie*. Munich: Ed. R. Piper Verlag, 1982.
- KEYES, J. *The Solar conspiracy*. New York: Ed. Morgan & Morgan Inc. Dobbs Ferry, 1975.
- Lifegate Magazine*. Ene.-feb., 2005.
- MEADOWS, DONELLA Y DENNIS MEADOWS. *Beyond the limits (Oltre i limiti)*. Post Mills, Vermont: Chelsea Green Publishing, 1992.
- Mediatius*. Ed. Forschungsinstitut für Friedenspolitik, Starnberg (Munich di Baviera), Casella Postale: 1529, s/a.
- MEYER-ABICH, K. M. Y B. SCHEFOLD. *Wie möchten wir in Zukunft leben*. Munich: Ed. C. H. Beck Verlag, 1981.
- _____. *Die Grenzen der Atomwirtschaft*. Munich: Ed. C. H. Beck Verlag, 1986.
- Mini Hydropower*. England: publicado por John Wiley & Sons Ltd. (copyright UNESCO), 1997.
- Nuclear Technology*. Illinois: vol. 52, Ed. Danville, enero, 1981.
- Ocean Thermal Energy Conversion*. England: publicado por John Wiley & Sons Ltd. (copyright UNESCO), 1996.
- OECD Workshop on Bioremediation*. Tokio: Photosynthetic Hydrogen Production (Produzione di idrogeno per fotosintesi) di Peter Boger, noviembre, 1994.
- PIO BERTÉ. «Vuoto a rendere come non rifiuto». *Pubblicazione WWF*. Delegazioni Trentino-Alto Adige, noviembre, 1993.
- Photovoltaic Insider's Report*. Dallas, Texas: s/a.
- Photovoltaic Solar Energy Conference. Boston-London: *Proceedings of the International Conference*, Firenze 9/13, mayo, 1988, Ed. Kluwer Academic Publishers, 1988.
- Proceedings of the 11th World Hydrogen Energy Conference*. Stuttgart (Alemania), 23-28 junio, 1996, publicado por Schörn & Wetzel, Frankfurt, 1996.
- Proceedings of the 2nd World Conference: Photovoltaic Solar Energy Conversion*. Viena: 6-10 de julio, s/a.
- Proceedings of the 10th European Conference: Biomass for Energy and Industry*. Würzburg: Ed. CARMEN, 8-11 de junio, 1998.

Proceedings of the 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference.

París: 7-11 de junio, 2004.

Proceedings of the 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference.

Barcelona: 6-10 de junio, 2005.

Proceedings of the World Renewable Energy: Congress V, 20-25 sept., 1998, Florence (Italy), Elsevier Science Ltd., Oxford, Pergamon, 1998.

Quaderni del Sole. Roma: Sezione Italiana dell' ISES, Revista bimestral a partir de 1997.

Refocus. Revista del ISES. Sep.-oct., 2004; ene.-feb., 2005; mar.-abr., 2005.

Renewable Energy World. Jul.-ago., 2004; y nov.-dic., 2004.

RESSNAGEL, A. *Bedroht die Kernenergie unsere Freiheit*. Munich: Ed. C. H. Beck, 1983.

SCHEER, H., ET AL. *Die Gespeicherte Sonne*. Munich: Ed. Piper GmbH & Co., 1987.

_____. *Das Solar Zeitalter*. Freiburg: Ed. Dreisam Verlag, 1989.

SCHLUB, U. *Reaktoren und Raketen*. Koln: Ed. Pahl Rugenstein Verlag GmbH, 1987.

Schutz der Erdatmosphäre. Bonn: Comisión del Parlamento Alemán, Ed. Bonner Universitäts, Buchdruckerei, noviembre, 1988.

Solar Electricity. Inglaterra: publicado por John Wiley & Sons Ltd. (copyright UNESCO), s/a.

Solar Photovoltaic Report 2005. 2da. edición. Londres: ABS Energy Research, 2005. <http://www.absenergyresearch.com>.

Sonnen Energie & Wärmetechnik. Alemania: Bielefeld, s/a.

Technologie der Photovoltaik (Tecnología del fotovoltaico). Bonn: Studio Eurosolar commissionato dalla CEE, Plittersdorferstr, 103, 1994.

The Yearbook of Renewable Energies. Londres: publicación de Eurosolar en colaboración con la UNESCO, James & James Science Publishers Ltd. (bianual a partir de 1992), s/a.

TURRINI, ENRICO. *Energía y democracia*. La Habana: Ed. CUBASOLAR, 1997.

_____. *La vía del sole*. Firenze: Ed. Cultura della Pace, segunda edición, 1993.

_____. «Solidarietà con». *Rapporto tra energia solare e solidarietà con il Sud del Mondo*. Turín: Tempi di fraternità, 1994.

UNITED STATES GOVERNMENT. *Global 2000-Report to the President*. Washintgton: Printing Office, 1980.

Wasserstoff Energietechnik. Munich: Ponencia presentada en un taller en la Universidad de Munich, 17-18 de octubre, 1995.

Wind Energy Technology. Inglaterra: Publicado por John Wiley & Sons Ltd. (copyright UNESCO), 1997.

Wind News. Revista alemana. 7 de julio de 2005.

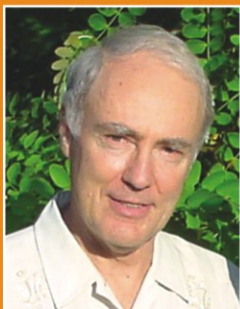
WINTER, CARL-JOCHEN Y JOACHIM NITSCH. *Wasserstoff als Energieträger*. Berlín-Heidelberg-New York-Tokío: Ed. Springer Verlag, 1986.

«*Words into Action*» for the International Conference for Renewable Energies. Bonn, 1-4 de junio, 2004.

WORLD COUNCIL FOR RENEWABLE ENERGY. *WCRE's World Renewable Energy Agenda*. 2004.

Esta edición de *El camino del Sol*
consta de 5 000 ejemplares
y se terminó de imprimir
en febrero de 2006.
«Año de la Revolución Energética en Cuba».

En su composición
se utilizó la familia tipográfica FF Meta
—diseñada en 1991 por Erik Spierkermann—
entre 6 y 33 puntos.



**ENRICO
TURRINI**

El camino del Sol

El mito de la energía y el culto de la expansión productiva y del crecimiento ilimitado, típico de la era atómica, nos hicieron tomar un camino peligroso: la vía energética dura, caracterizada por transformaciones energéticas agresivas que pueden desordenar los tiempos biológicos del planeta y reducirlo a una «estrella» sin vida en el transcurso de pocas decenas de años.

La concentración de las fuentes de energía y el vínculo entre el desarrollo tecnológico civil y militar llevan, inevitablemente, a una centralización del poder con la consecuente reducción de la democracia. Esta obra demuestra la necesidad de un viraje en el modo de pensar que conduzca hacia un nuevo camino, la vía energética suave o camino del Sol, basado en la utilización inteligente de la energía con el empleo de las fuentes renovables, no contaminantes, diversificadas y descentralizadas. El autor analiza las condiciones sociopolíticas para la entrada en la era solar y comenta la experiencia cubana en la búsqueda del desarrollo energético sostenible.

ENRICO TURRINI (Tesero, Italia, 1938). Ingeniero Electrónico y especialista en Control Automático y Seguridad de Reactores. Entre 1979 y 2003 trabajó en el Departamento Europeo de Patentes, y en los últimos años desempeñó la función de Presidente de la Cámara de Recursos de Física. Socio fundador de Eurosolar y Miembro de Honor de CUBASOLAR. Autor de textos sobre las fuentes renovables de energía, entre los que se destacan los libros *El camino del Sol* (en tres idiomas), *Energía y democracia*, e *Ideología solar: hacia la vida*.

ISBN 959711317-1



9 799597 113170

editorial 
cubasolar