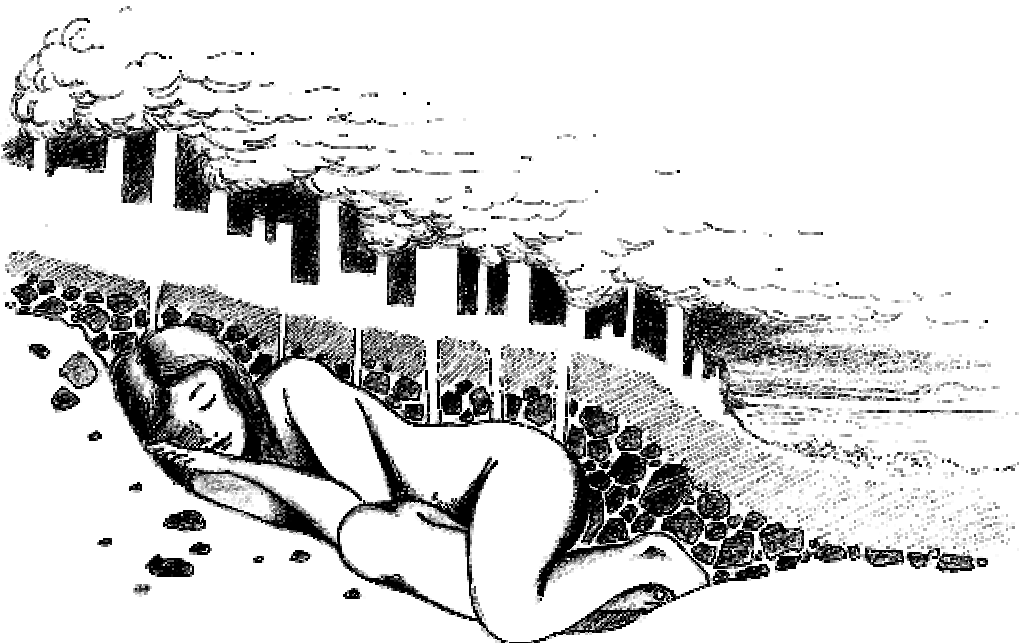


SOBRE LA PROBLEMÁTICA ENERGÉTICA¹

Celso Vargas²
Email: celvargas@itcr.ac.cr

Resumen

La satisfacción actual y futura de la demanda energética presenta uno de los problemas ambientales más importantes en este momento. La energía presenta enormes complejidades. Se analiza en este trabajo los aspectos generales principales relacionados con el tema. En primer lugar, la relación entre consumo energético y emisiones de gases con efecto de invernadero. En segundo lugar, las emisiones de CO₂ respecto a cada uno de los sistemas energéticos considerados. En tercer lugar, la proyección del consumo mundial proyectado al 2020 y el incremento en emisiones de CO₂. Dentro de esa misma sección se hace una estimación de las reservas energéticas mundiales para cada uno de los sistemas energéticos bajo consideración. Finalmente, se analiza el tema del cambio climático y los acuerdos de Kyoto que pueden influir de manera significativa el comportamiento actual en la participación de los sistemas, en particular, los relacionados con combustibles fósiles. La esperanza es que este artículo pueda proporcionar información útil al público relacionado con las humanidades sobre este tema tan importante para el futuro del ser humano en el planeta.



¹ Quiero agradecer al director de la Revista y a los miembros del Comité Editorial por haber satisfacción por este trabajo y las recomendaciones que hicieron para mejorar su presentación final. Sin embargo, la responsabilidad por todos los errores conceptuales es del autor.

² Profesor de la Escuela de Ciencias Sociales, Instituto Tecnológico de Costa Rica

Introducción

La energía es uno de los componentes principales del desarrollo nacional, regional y mundial. Es una condición indispensable para mantener el nivel actual de desarrollo humano y económico alcanzado a nivel mundial, así como para garantizar que en el futuro este nivel pueda mantenerse y mejorarse. Sin embargo, la condición actual de la energía no está exenta de problemas y para el futuro el horizonte es, también, problemático. La conciencia sobre esta problemática no es universal. De ahí que la a nivel de varios países y organizaciones la preocupación, en lo relativo a la energía, tiene que ver con varios problemas. 1-. Con la satisfacción actual y futura de la demanda energética en los cuatro sectores principales de la sociedad: el sector industrial, el sector servicios, el sector doméstico y el transporte. 2-. Con la seguridad en el abastecimiento de este recurso. 3-. Con el establecimiento de sistemas energéticos que garanticen que, ante una crisis mundial, por ejemplo, el abastecimiento no sea afectado de manera severa. 4-. Con los compromisos actuales en materia de medio ambiente, particularmente con aspectos relacionados con el cambio climático y la salud humana. Como reconoce la Unión Europea (Comisión Europea, 2001) los objetivos sobre independencia energética implicados en el objetivo 2 y 3 no pueden cumplirse de manera satisfactoria, al menos para la Unión Europea. Por lo que, la meta es lograr niveles de independencia importantes que reduzcan las incertidumbres actuales en relación con el futuro energético. Es difícil pensar en este momento en una estrategia mundial en relación con la problemática energética.

Dos componentes fundamentales para la toma de decisiones en materia energética son, por un lado, el análisis del comportamiento de la demanda energética mundial y su distribución según sistema de producción, y por el otro, la evaluación de los mismos. La evaluación comparativa de estos sistemas proporciona información muy valiosa en relación con varios aspectos. 1-. Respecto las contribuciones al medio ambiente y a la salud de cada uno de estos sistemas incluyendo todo el ciclo del combustible utilizado. 2-. Respecto a los riesgos asociados con los distintos sistemas. 3-. Costos económicos en la producción energética en los distintos sistemas. 4-. Respecto a la independencia energética futura. 5-. Y muy importante, proporciona la base para la toma de decisiones en relación con la seguridad energética futura. Aunque este artículo se ocupa principalmente sobre la demanda energética actual y proyectada, es importante decir algunas palabras en relación con la evaluación de los sistemas energéticos con propósitos de situar las preocupaciones del momento sobre el crecimiento actual y proyectado de la demanda energética.

La Unión Europea en 1999 concluyó uno de los estudios más completos que en materia de evaluación de sistemas energéticos se ha realizado hasta la fecha, denominado *ExternE: Externalities of Energy*. Este estudio tuvo dos etapas principales: la primera de 1991 a 1995 en la que se desarrolló la metodología con los criterios de comparación a utilizar. La segunda etapa de 1995 a 1999, en la que esta metodología fue aplicada por catorce países de la Unión para evaluar los sistemas energéticos de interés de estos países. La información obtenida de este estudio es utilizada como base en la elaboración de la estrategia europea para el abastecimiento energético conocido como **Libro Verde**. Hay dos aspectos que son de vital importancia como parte del marco general para comprender mejor la necesidad de tomar decisiones en relación con las alternativas energéticas existentes: 1) El crecimiento de la demanda energética debido a factores como el crecimiento de la población mundial, y las nuevas expectativas de desarrollo en varias regiones del mundo y los cambios en las características que están sufriendo varias economías con

importante potencial de demanda energética y 2).El problema de las emisiones al ambiente. Atendamos primero a estos aspectos.

1-. Comportamiento de la Demanda Energética (90-97)

Desde el punto de vista del ambiente, varios tipos de emisiones de interés están relacionados de manera significativa con los sistemas de producción energética. Parte de la preocupación mundial actual está centrada en aquellas emisiones que fuerzan el equilibrio radiactivo (balance entre el porcentaje de radiación que es reflejado al espacio, el que permanece en la atmósfera y el que es absorbido por los suelos, los océanos y los hielos polares). Este problema está creando el fenómeno conocido como efecto de invernadero en la tierra. Son cuatro los gases principales asociados con este fenómeno: Bióxido de Carbono, Óxidos Nitrosos, Óxidos de Azufre, Metano. De todos ellos el CO₂ es, sin duda, el que se emite en mayores concentraciones en la atmósfera. El CO₂ tiene un tiempo de permanencia en la atmósfera de más de 100 años.

En general, los sistemas energéticos contribuyen en un alto porcentaje con las emisiones de gases con efecto de invernadero. Se estima que esta contribución es de alrededor del 60 % de las emisiones totales. Algunos procesos industriales son responsables de otra parte importante de estas emisiones (por ejemplo, la producción de cemento tipo portland, genera alrededor de una tonelada métrica de CO₂ por cada tonelada de material procesado). Los datos que se presentan a continuación en relación con la demanda energética se consideran las emisiones de CO₂ asociados con el sector energía. Estos datos se establecen para los años 90 y 97 (para los años siguientes no se cuenta con información mundial actualizada). La siguiente tabla muestra las cantidades correspondientes, medidas en millones de toneladas métricas:

Consumo Energético y emisiones de CO₂ a nivel mundial para los años 90 y 97 en Mt(1)

Región	Consumo Energético		Emisiones de CO ₂	
	1990	1997	1990	1997
Europa Occidental	1362,7	1459,7	3262	3261
Unión Europea	1314,2	1406,9	3184	3174
EFTA (2)	48,6	52,8	77	87
Resto de OECD (3)	2852,2	3246,2	7138	7973
NAFTA (4)	2259,6	2541,7	5746	6375
OECD del Pacífico (5)	540,1	633,2	1268	1423
Mediterráneo (6)	--	---	123	175
Europa Central y Oriental	333,4	289,5	957	787
CEI (7)	1347,8	911,1	3553	2213
África	363,8	425,2	566	653
Oriente Medio	237,2	329,3	658	947
Asia	1732,0	2350,7	3906	5672
América Latina	339,1	435,8	616	806
TOTAL	8686,1	9579,4	20656	22312

Fuente: **1999-Annual Energy Review, European Commission**, January 2000

- (1) MT = millones de toneladas métrica
- (2) EFTA = Irlanda, Noruega y Suiza
- (3) OECD = Organización Económica de Cooperación y Desarrollo
- (4) NAFTA = Tratado de Libre Comercio de América del Norte
- (5) OECD del Pacífico incluye Australia, Japón y Nueva Zelanda
- (6) No se incluye información sobre el Mediterráneo
- (7) CEI = Comunidad de Estados Independientes

Como puede observarse, por cada tonelada métrica de energía producida se emiten al medio alrededor de 2.3 toneladas de CO₂ a la atmósfera. Estudiando el comportamiento de las distintas regionales encontramos que prácticamente todas ellas sufrieron incrementos considerables tanto en el consumo energético como en la cantidad de emisiones de CO₂. En cuanto al consumo, la excepción la constituyen los CEI (Comunidad de Estados Independientes) y Europa Central y Oriental. En el caso de los primeros, la razón, como es claro, se debe a la crisis económica que ha afectado la región desde hace ya varios años. En la caso de la segunda, debido a la reformas económicas y políticas impulsadas desde finales de la década de los 80 del siglo pasado, en las que se ha pasado a un sistema de organización social y económica centrado en el mercado. Como resultado de esta transición, se dio una fuerte recesión a partir de 1990, que ha repercutido en el consumo energético de la región. Aun así, ha comenzado a mostrar un repunte económico a partir de 1993 (European Commission, 2000) de alrededor del 1 %. El efecto futuro de estos cambios podrían ser significativos desde el punto de vista energético.

El crecimiento en el consumo energético mundial representa un 9,9 % en el periodo de referencia (90-97) y un 8 % en las emisiones de gases con efecto de invernadero. Las regiones de NAFTA, Oriente Medio y Asia son los que han tenido un crecimiento espectacular tanto en las emisiones de CO₂ como en el consumo energético. De manera que Asia ha experimentado un crecimiento promedio de 4.4 % anual. En América Latina, por otro lado, el crecimiento promedio por año, a partir de 1990, de un 5.1 %.

De igual manera, es importante indicar que, desde el punto de vista de las emisiones de CO₂, únicamente la Unión Europea muestra una tendencia clara hacia la estabilización, a pesar del incremento sostenido del consumo durante ese periodo. Las razones para este cambio, como señala Priddle (1999) se han debido principalmente, "al desplazar a los combustibles fósiles, las fuentes de energía renovables ya impiden cada año la emisión de 1500 millones de toneladas de dióxido de carbono, y un 7 % de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía" (el 7 % referido tiene que ver con el consumo europeo no el mundial). Lo anterior no significa, como reconoce el autor, que las fuentes de origen fósil no hayan mejorado de alguna manera. Todo lo contrario, se ha mejorado la eficiencia de estas centrales y se han introducido filtros en los procesos de producción para reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Sin embargo, consideraciones de naturaleza económico, como reconoce la Unión Europea (1999), relacionadas con los costos, imponen importantes límites a la eficiencia que

pueda lograrse en la reducción de estas emisiones. Esto debido, principalmente, a que las emisiones de CO₂ son características intrínsecas de estos sistemas de producción.

La reducción aludida del 7 % en la Unión Europea, obedece también a otros factores como las condiciones climáticas, es decir, un clima más cálido en los últimos años, lo cual ha tenido un impacto positivo sobre el consumo energético de manera que en Europa. Se prevé para los años menos cálidos un incremento considerable del consumo energético en la Unión Europea (Comisión Europea, 2001), bajo las condiciones actuales, es decir, si no se introducen nuevos cambios en el comportamiento del mercado energético.

No se observa un comportamiento similar a nivel de las otras regiones, a pesar de las condiciones climáticas. Es importante, por ello, estar pendiente de los datos de los siguientes años para evaluar el comportamiento del consumo energético.

El comportamiento mundial del consumo energético muestra una variación importante por sector. El sector industrial experimentó un leve crecimiento mundial en el periodo de referencia de alrededor de un 3.3 %. El sector doméstico experimentó un gran crecimiento en el consumo sostenido de un 1,8 % anual en este periodo. Aunque el consumo en este sector y en el terciario (servicios), que creció en un porcentaje similar, depende de las condiciones climáticas, como se indicó, y podría variar de manera significativa en los próximos años. El sector transporte experimentó un enorme crecimiento en todo el mundo, en parte debido a muchos factores: mejoría en la calidad de vida de la población mundial, accesibilidad a vehículos de costo moderado, mejoramiento de la infraestructura de comunicación terrestre, implantación de sistemas de calidad "just in time", y un crecimiento espectacular en el transporte aéreo. En general, el transporte ha crecido a nivel mundial a un ritmo del 3 % anual.

Sin embargo, es importante indicar que los vehículos han experimentado cambios importantes en el rendimiento energético que ha reducido de manera considerable el consumo promedio por kilómetro, respecto a los vehículos de las generaciones anteriores. Aun así, el número promedio de vehículos en regiones como Europa prácticamente se ha duplicado.

2-. Distribución del Consumo y Emisiones por fuente

Consideremos ahora la distribución de la producción mundial de energía y de las emisiones de CO₂ de acuerdo con su fuente, es decir, con el tipo de combustible que utilicen (y se denominan sistemas energéticos). Los siguientes son los principales sistemas utilizados a nivel mundial: los sistemas que funcionan con petróleo, sistemas de carbón (la hulla, el lignito, la turba y los esquistos bituminosos), sistemas de gas natural, reactores nucleares (uranio, y plutonio) y los sistemas renovables (energía hidroeléctrica, solar, geotérmica, eólica y biomasa). El primero y el tercero utilizan combustibles de origen fósil. Sin embargo, como veremos en esta sección, se diferencian por sus contribuciones al ambiente.

La distribución porcentual por fuente energética ha sufrido una importante variación a partir de 1980. El petróleo pasó de un 43 % en 1980 a un 37 % en 1997. Los combustibles sólidos, como el carbón, pasaron de representar un 25 % en 1980 a un 23 % en 1997. El gas natural pasó de un 17 % en 1980 a un 20 % en el 1997. Las energías renovables se han mantenido en un 13 % desde 1980. Finalmente, la energía nucleoelectrica ha experimentado un decrecimiento porcentual, de un 13 % en 1980 a un 7 % en 1997. El consumo de biomasa, representa el monto restante y se

concentra principalmente en la región asiática, la cual representa alrededor del 50 % de la energía mundial bajo este sistema energético.

La estimación de las emisiones de CO₂ a nivel mundial, por sistema energético, presenta algunos problemas debido principalmente a los dos factores siguientes: 1-. La eficiencia y medidas de reducción de emisiones (tales como filtros y otros dispositivos), 2-. Según los criterios de comparación que se utilicen. Con respecto a este segundo aspecto, es importante indicar que algunas comparaciones (como *ExternE* al que hemos hecho referencia previamente) contempla criterios muy amplios que incluyen, por un lado, todo el ciclo de la producción energética (extracción del combustible, transporte, producción, desmantelamiento de las plantas que cumplieron su vida útil) y los materiales utilizados para la construcción de la planta, incluyendo los ciclos correspondientes de los componentes básicos de la construcción y el transporte de los mismos. Algunos otros utilizan como criterio las emisiones debido a la producción energética únicamente, es decir, no consideran todo el ciclo y la construcción de las plantas. Si utilizamos los criterios de *ExternE*, ninguno de los sistemas energéticos están exentos de emisiones de CO₂ al medio (véase Hirschberg y Strupczewski (1999) y Strupczewski (1999)), y algunos de los sistemas de energía renovables que normalmente son considerados como cero emisiones, como la energía eólica y la solar, hacen contribuciones significativas de CO₂ comparadas con otros sistemas como el nuclear (Strupczewski (1999) y Priddle (1999)).

Con respecto al primero de los problemas mencionados, no conocemos de la existencia de estudios comparativos de eficiencia en las emisiones en los distintos países para cada uno de los sistemas energéticos. Sin embargo, como se puede concluir de la tabla de consumo presentada en la sección anterior, es altamente probable que únicamente la Unión Europea esté aplicando medidas para la reducción de las emisiones de CO₂ en los distintos sistemas. Los datos disponibles muestran que, desde el punto de vista de la producción energética, las energías renovables y la nuclear no emiten CO₂ a la atmósfera. Los combustibles derivados del petróleo contribuyen con el 49,68 % del total de emisiones de CO₂. Le sigue los combustibles sólidos (carbón) con un 28,64 %. Finalmente, el gas natural que contribuye con un 21,66 %.

3-. Proyección del Consumo energético y emisiones de CO₂

La estimación de la proyección del consumo energético y las emisiones de CO₂ es realmente compleja, y se presentan muchas incertidumbres al respecto. Sin embargo, se visualizan algunos grupos importantes de variables que se considera que jugarán un papel clave en el consumo energético futuro. En esta sección consideramos los siguientes: las estimaciones sobre la proyección del crecimiento poblacional mundial, el recuento de las existencias mundiales en materia energética, en los sistemas anteriormente mencionados, los acuerdos de Kyoto sobre el cambio climático, los costos asociados con el establecimiento de políticas de eficiencia energética concordantes con ese marco.

Otros elementos que solo mencionaremos están relacionados con la profundización de los procesos de globalización, es decir, la continuación de los procesos de comunicación (transporte tanto terrestre y marítimo como aéreo; las telecomunicaciones), la dinámica del intercambio comercial y sus nuevos aspectos normativos y regulativos; y las expectativas sobre el mejoramiento de la calidad de vida, entre otros. Por ejemplo, según proyecciones para el 2020 el número de

vehículos a nivel mundial se duplicará. Sin embargo, es también de esperar que las medidas para incrementar la eficiencia en el consumo energético en vehículos tengan logros importantes en este sentido. Sobre estos elementos existen muchas incertidumbres, y no serán discutidos en el presente artículo.

3.1.- Proyección del crecimiento de la población

El crecimiento de la población proyectada se basa, en gran parte, en el comportamiento pasado y actual de la población. En 1990 la población mundial alcanzó los 5.249 millones de personas (European Commission, 1999). A partir de esta fecha, según las Naciones Unidas (1997) se ha experimentado un crecimiento anual de alrededor de 80 millones, es decir, un 1,52 % anual. En números porcentuales, el crecimiento proyectado es de un 45 %, es decir, 2,500 millones de personas. El crecimiento proyectado más espectacular tendrá lugar en los países en desarrollo, que sufrirán un crecimiento de alrededor del 87 % para el 2020 (European Commission, 1999), es decir, pasará de 3.979 en 1990 a 6.414 en el año 2020. La Proyección del crecimiento poblacional en la Unión Europea será de alrededor de un 5 %. Pasará de 364 millones en 1990 a 384 en el 2020. El resto de los países de la Organización Económica de Cooperación y Desarrollo (OECD) tendrá un crecimiento proyectado del 12,6 %. La población de la ex-Unión Soviética y de Europa Oriental, experimentará un crecimiento proyectado de 6.2 %, y pasará de 410 millones en el 1990 a 487 millones en el 2020. Finalmente, el mayor crecimiento poblacional proyectado se dará en los países en desarrollo, algunos de los cuales tienen actualmente y tendrán porcentajes de crecimiento de alrededor del 4,4 % de la población del país.



El crecimiento de la población mundial es, claramente, uno de los disparadores más importantes del consumo energético y, por tanto, de las emisiones de CO₂ proyectadas.

3.2.- Reservas energéticas mundiales

La consideración de las reservas energéticas mundiales es un parámetro muy importante, tanto para la definición de una estrategia en relación con el tema como para proyectar el precio promedio comparativo de los distintos recursos existentes.

El petróleo

Las reservas confirmadas de petróleo al 2000 son del orden de 1.200.000 millones de barriles, distribuidos de la siguiente manera: un 70 % en los países miembros de la OPEP (Irán, Iraq, Nigeria, Argelia, Argelia, Venezuela, Kuwait, Arabia Saudí y Libia), un 17 % en el Mar Caspio y el Mar del Norte y el 13 % en Estados Unidos y México. Finalmente, es de observar que América Latina posee únicamente el 3 % de los recursos mundiales de petróleo proyectados.

La proyección en barriles no toma en consideración lo que la Unión Europea denomina "recursos petroleros no convencionales", es decir, aquellos recursos que por el costo actual y la tecnologías de extracción existentes, no son rentables, pero que pueden

serlo en un futuro. De ahí que se considere que este es un recurso que no se agotará pronto como se había proyectado.

Más aún, las proyecciones mundiales de la Unión Europea indican que para el 2020 la dependencia del petróleo será del 50 % comparado con la participación mundial en 1997 que fue únicamente de un 37 %. En 1997 la producción mundial diaria de petróleo en barriles de 53,92 millones, es decir, 19.681 barriles en el año. Para el 2020 la demanda de petróleo habrá crecido casi en un 38% respecto a 1997, es decir, subirá alrededor de los 27, 000 millones de barriles, con lo cual las reservas confirmadas de petróleo podrán mantener la demanda energética durante los próximos 50 años. Dicha fuente energética puede extenderse, como se indicó anteriormente, debido a la explotación y establecimiento de nuevos recursos petroleros, así como el desarrollo de nuevas tecnologías de extracción que hagan rentable la explotación de estas fuentes.

El gas natural

El gas natural está mejor repartido a nivel mundial. Se encuentra en muchas de las regiones del mundo. Sin embargo, la Unión Soviética posee el porcentaje más alto de este recurso energético. La estimación de las existencias de gas natural, medidas en toneladas métricas es de 223,200 millones de toneladas. La tasa de consumo actual es de alrededor de las 2,000 millones de toneladas, y la demanda proyectada a nivel mundial crecerá a las 4,000 millones de toneladas (European Commission, 1999), con lo cual las reservas confirmadas de este recursos se agotarán en menos de 100 años. Sin embargo, al igual que el caso del petróleo, existen reservas no convencionales que pueden extender este recurso mucho más allá.

El carbón

Bajo el término “carbón” se agrupan cuatro tipos de combustibles sólidos, que poseen diferentes propiedades calóricas, clasificados en orden descendente por la Unión Europea de la siguiente manera: antracita, hulla, lignito y turba. Algunos países asiáticos dependen sustantivamente de este recurso energético. A nivel mundial se ha estado abandonando este tipo de combustible, por varias razones: es altamente contaminante y produce desechos en grandes cantidades. Pero la razón principal es que no puede competir con el petróleo en rendimiento calórico y en precio. De acuerdo con el **Libro Verde**, “En términos absolutos, las reservas mundiales de combustibles sólidos son considerables, superan cuatro o cinco veces las del petróleo y representan unos 200 años de consumo” (pág. 20).

El comportamiento mundial en el consumo del carbón ha permanecido prácticamente constante de 1990 a 1997, es decir, en alrededor de las 2100 toneladas métricas(European Commission, 2000). Sin embargo, la proyección del consumo del carbón sugiere que para el 2020 su participación será mucho mayor, alcanzando una participación del 26 % de la demanda proyectada, lo que permite situar el consumo en 3900 millones de toneladas métricas.

Energía nuclear

Como sistema energético, la energía nuclear, se utiliza principalmente en la generación de electricidad. De 1980 a 1997, la participación mundial de la energía nuclear ha incrementado en términos absolutos, pero no en términos porcentuales. En términos absolutos ha pasado a representar en 1997 alrededor de las 500 millones

de tep (toneladas equivalente petróleo), es decir, un 7 % del total de oferta energética. Porcentualmente ha sufrido un decrecimiento significativo, de un 13 % en 1980 a un 7 % en 1997, como se ha indicado.

Las reservas mundiales confirmadas de uranio natural (es decir, uranio 238 en el mayor porcentaje) ascienden a los 125 millones de toneladas métricas. Al ritmo de consumo actual, estas reservas aseguran un consumo para los próximos 2000 años aproximadamente. Sin embargo, las reservas de materiales nucleares pueden extenderse aun más tomando en consideración los tres factores siguientes: 1-. Del desmantelamiento de armas nucleares que utilizan plutonio como material fisionable, se ha generado una cantidad significativa de este recurso preparado para ser utilizado en la generación de electricidad. Esta estrategia ha sido recientemente seguida por los Estados Unidos (2001) cuando decidió construir nuevos reactores nucleares para atender la demanda de electricidad. El utilizar material fisionable proveniente de políticas de desarme, hace que este combustible sea mucho más barato ya que no es necesario ningún procesamiento adicional. 2-. El establecimiento de un sistema de reprocesamiento del material fisionable, en lo que se conoce como mezcla de óxidos (Uranio, Plutonio) hace que actualmente se reduzca en un 50 % la generación de residuos subproductos de fisión. En el futuro, la eficiencia en lo que se denomina "ciclo cerrado del combustible" hará que se obtengan mayores resultados en cuanto a la reutilización de este recurso. 3-. La construcción funcional de reactores de fusión. Estos llevan a cabo el proceso inverso de fisión, y se conoce, al menos teóricamente, que la cantidad de calor generada por este proceso es superior al obtenido por fisión. La utilización combinada de fisión-fusión, no solamente eliminará los desechos radiactivos sino que hará que los recursos disponibles se extiendan de manera prácticamente indefinida. Los reactores de fusión enfrentan problemas prácticos importantes. Uno de ellos es que no existen, actualmente, materiales para contener la energía calórica generada mediante fusión. La investigación en este campo, va orientada a la experimentación con campos magnéticos que permitan aislar el encapsulado del reactor, evitando que éste se pueda fundir.

Las energías renovables

Las energías renovables, como se indicó anteriormente, agrupan una buena diversidad de sistemas energéticos. Los principales son los siguientes: la energía hidroeléctrica, la geotérmica, la solar, la eólica y la obtenida por mareas. Algunos de estos sistemas presentan un enorme potencial futuro, pero actualmente, debido a los costos tan altos, su participación en el futuro energético no se proyecta como muy significativa.

Energía hidroeléctrica

En muchos países, incluyendo el nuestro, el recurso hídrico es abundante y presenta un gran potencial para la generación de electricidad. Sin embargo, la explotación de este recurso requiere el establecimiento una serie de decisiones tanto ambientales (lucha contra la deforestación, reforestación de áreas con potencial hídrico y protección de las mismas), así como la garantía de que el abastecimiento de agua potable en el futuro pueda ser garantizada. En este sentido, el planeamiento del desarrollo energético hídrico requiere de una política a largo plazo que asegure aspectos como los mencionados. En países como el nuestro, este recurso es fundamental en la satisfacción futura de la demanda energética. Esta no es la situación en otros países, donde esta alternativa tiene que competir con la satisfacción de agua potable.

La energía geotérmica

Tal y como se considera actualmente, este recurso es limitado y representará en el futuro un porcentaje muy modesto en la satisfacción de la demanda energética proyectada. En nuestro país dicho potencial podría ser menor al 10 % de la oferta total actual y proyectada.

La energía eólica

Este tipo de energía eólica es conocida desde hace varios miles de años con diversos propósitos. Su utilización para la generación de electricidad se remonta al año 1900, fecha en que el danés Christian Sørensen diseñó una rueda cónica que servía como turbina (Strandh, 1982). Posteriormente, varios países desarrollaron proyectos eólicos. Sin embargo, muchos de ellos fueron abandonados. Holanda ha sido el país que ha permanecido constante en la investigación de este tipo de energía. Actualmente, como señala el **Libro Verde**, la energía eólica "ha adquirido carta de nobleza". Como señala la European Wind Energy Association (1999), este sistema energético genera ya alrededor de 8,000 MW de energía en Europa, y la proyección para el 2020 es que genere alrededor de 100,000 MW, que representará el 10 % de la demanda total de energía para ese año. Sin embargo, en este momento, su desarrollo depende en gran parte de una política de subvención clara por parte de los distintos países. Como tecnología incipiente, no puede competir en igualdad de condiciones con los sistemas consolidados. El autor de este ensayo no conoce sobre las proyecciones mundiales de este tipo de tecnología.

Debido a lo incipiente del desarrollo de aquellas energías renovables que presentan un gran potencial futuro, resulta difícil incorporarlos de manera decisiva en la manera cómo a futuro se satisfará la demanda energética mundial.

En las proyecciones mundiales realizadas por la Unión Europea en los relativo a la emisiones de CO₂ se prevé un crecimiento del 1,8 % de 1997 hasta el 2010 y del 2,7 % del 2010 al 2020 (European Commission, 1999b). Esto significa que al ritmo actual las emisiones de este gas crecerán en un 50,4 % en el 2020. En términos absolutos, estamos hablando de un total de emisiones proyectado de 33.557.25 millones de toneladas métricas de CO₂.

No obstante lo anterior, el panorama mundial podría estar cambiando a partir del respaldo dado por la mayoría de los países en julio del 2001 al acuerdo de Kyoto. En el siguiente apartado nos referiremos a los acuerdos relacionados con el cambio climático.

3.3-. Acuerdos sobre el cambio Climático

El protocolo de Kyoto es una consecuencia de las negociaciones que, sobre la protección de la atmósfera fueron adoptados en la Cumbre de Río de 1992, tanto en el Programa 21 de las Naciones Unidas, como en la Convención Marco sobre el Cambio Climático. Esta última está directamente relacionada con un conjunto de aspectos programáticos orientados a la implantación de medidas para la mitigación de gases con efecto de invernadero, principalmente, del CO₂.

En 1997 se prepara en Kyoto, Japón, la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático con el propósito de establecer de manera definitiva políticas de mitigación en todos los países. Hubo varias circunstancias que impidieron que se

establecieran dichos acuerdos: el primero de ellos, fue la presión ejercida por los Estados Unidos en el sentido de no establecer ningún compromiso de mitigación hasta que no se muestre que no tendrá consecuencias serias para la economía. El segundo factor, lo constituyó la crisis de los países orientales. Se establece, por tanto, un criterio bastante más laxo respecto a lo que se había considerado en 1992, a saber: el compromiso de que en el periodo comprendido entre el 2008 y el 2012, los países desarrollados reducirán en un 5.2 % las emisiones respecto a los niveles de 1990, dando libertad a los países de que puedan implantar prácticas de mitigación aun mayores. Este acuerdo es conocido como "Protocolo de Kyoto". La Cuarta Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en Buenos Aires, se realizó en 1998 y tenía como objetivo el definir las acciones correspondientes para la implementación del protocolo. Los aspectos por considerar incluían el financiamiento para los proyectos de implementación conjunta, así como el denominado "Mecanismo de desarrollo Limpio" acordado en Kyoto. Nuevamente en Buenos Aires, los Estados Unidos condicionan la adopción de políticas de mitigación, a dos aspectos: 1-. Que no haya consecuencias económicas significativas para los Estados Unidos, y 2-. Que los países en vías de desarrollo establezcan también políticas de reducción de emisiones. Como es de esperar no hubo consenso sobre estos dos aspectos, ni con respecto a las modalidades de implementación a utilizar. Este año 2001, los Estados Unidos anunciaron oficialmente que no firmarían el Protocolo de Kyoto, por considerarlo no realizable. Sin embargo, como veremos más adelante, otros países, principalmente los de Europa ha logrado mantener los niveles de emisiones del año 90. Sin embargo, existen algunos factores externos que lo han propiciado.

Dado que no se llegó a ningún acuerdo se propuso un plan de acción, conocido como "Plan de acción de Buenos Aires", que fue analizado en la Sexta Conferencia de Países que de finales del 2000. Este plan de acción contempla los siguientes aspectos: 1-. Los mecanismos de financiamiento para el establecimientos de políticas de mitigación en los países en desarrollo; 2-. El desarrollo y fortalecimiento de un régimen para la medición de las políticas de reducción acordadas; 3-. El desarrollo y transferencia de tecnologías más limpias en los países en desarrollo; 4-. Determinación de las necesidades de los países afectados por el cambio climático; 5-. El mejoramiento de los mecanismos de implementación conjunta y del mecanismo de desarrollo limpio.

A principios de este año, el gobierno de los Estados Unidos declaró que no firmaría los acuerdos del protocolo de Kyoto y del plan de acción de Buenos Aires. Se temía que otros países desarrollados secundaran a los Estados Unidos, con lo cual los logros obtenidos por grupos de países como los de la Unión Europea peligraban, o serían poco significativos en el contexto del consumo mundial de energía. El anuncio hecho en Julio del 2001, de que los países con mayor participación en las emisiones de gases con efecto de invernadero, ratificaban el Protocolo de Kyoto y, posiblemente, el plan de acción de Buenos Aires, cambiará de manera significativa el panorama mundial respecto a estas emisiones. Sin embargo, los últimos acontecimientos en los Estados Unidos y su impacto en el resto del mundo es posible que retarde la entrada en vigencia de los acuerdos.

Desde el punto de vista de los sistemas energéticos que están llamados a desempeñar un papel fundamental en el futuro están las energías renovables y la energía nuclear. Es fundamental, como señala el **Libro Verde**, que el público y los distintos países valoren a partir de los compromisos con el medio ambiente, la tecnología nuclear. Como afirma el **Libro Verde**:

“La opción nuclear debe valorarse teniendo en cuenta su contribución a los objetivos de seguridad del abastecimiento, de reducción de las emisiones con gases de efecto invernadero y de desarrollo sostenible. La energía nuclear ha permitido evitar en Europa alrededor de 300 millones de toneladas de emisiones de CO₂, lo que equivale a la retirada de la circulación de 100 millones de turismos” (pág. 78).

No obstante lo anterior, es fundamental la promoción de los sistemas energéticos renovables, sobre todo aquellos, que tienen un gran potencial y pueden contribuir de manera significativa a reducir el impacto sobre el ambiente, como la energía eólica. Aun así deben resolverse problemas importantes que han hecho que los ecologistas se opongan a la construcción de sistemas eólicos.

Bibliografía

Carnino y Niehaus (1999) “La Seguridad, un Objetivo”. En **OIEA Boletín**, Vol 41, No. 3, Vienna, Austria.

Comisión Europea (2001) **Libro Verde. Hacia una Estrategia Europea de Seguridad del Abastecimiento Energético**. Luxemburgo. Oficina de Publicaciones Oficiales de la Comunidades Europeas.

..... (2000) **1999-Annual Energy Review**. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Community.

..... (1999a) **Economic Foundations for Energy Policy**. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Community.

..... (1999b) **European Union Energy Outlook 2020**. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Community.

European Wind Energy Association (1999) **Wind Energy: The Facts**. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Community.

Hirschberg y Strupezewski (1999) “¿Hasta dónde son aceptables?”. En **OIEA Boletín**, Vol 41, No. 3, Vienna, Austria.

Naciones Unidas (1996) **World Population Projections**. UN, NY, 1996.

Naciones Unidas (1992) **Programa 21 sobre Medio Ambiente y Desarrollo**. Editorial Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) (1997) **Sustainable Development and Nuclear Power**. Vienne, 1997.

Priddle, R. (1999) “Energía y Desarrollo Sostenible”. En **OIEA Boletín**, Vol 41, No. 3, Vienna, Austria.

Rosen, M. (1997) “Energy Efficiency and Sustainable Development” en: **IEEE Technology and Society Magazine**. Winter 1996-1997.

Rosen, M. (1998) “Energy Outlook and Role for Nuclear Energy”. En: OIEA (1998) **Seminario Regional de Información Pública sobre los usos Pacíficos de la Energía Nuclear en América Latina**. San José, 2-4 de Junio de 1998.

Strandh (1982) **Máquinas. Una Historia Ilustrada.** Hermann Blume Ediciones, Madrid, España.

Strupczewski (1999) "Evaluaciones comparativas de las emisiones procedentes de sistemas energéticos: beneficios y problemas". En **OIEA Boletín**, Vol 41, No. 3, Vienna, Austria.

Wilson y otros (1999) "Evaluaciones comparativas de los riesgos de las opciones energéticas: significado de los resultados". En **OIEA Boletín**, Vol 41, No. 3, Vienna, Austria.