

00461



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS POLITICAS Y SOCIALES

FACULTAD DE CIENCIAS POLITICAS Y SOCIALES  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES  
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOBRE AMERICA DEL NORTE  
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES MULTIDISCIPLINARIAS  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLAN

**ENERGIAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE.  
MEXICO Y LA UNION EUROPEA**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN ESTUDIOS EN RELACIONES  
INTERNACIONALES**

P R E S E N T A :

**AIME URANGA ALVARADO**

TUTORA: DRA. ROSA MA. PIÑON ANTILLON



CIUDAD UNIVERSITARIA,

MARZO 2005

0342055

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES  
FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES  
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOBRE AMÉRICA DEL NORTE  
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES MULTIDISCIPLINARIAS  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN**

**ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE.  
MÉXICO Y LA UNIÓN EUROPEA**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN ESTUDIOS EN RELACIONES  
INTERNACIONALES  
PRESENTA:

**AIME URANGA ALVARADO**

**TUTORA: DRA. ROSA MA. PIÑÓN ANTILLÓN**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2005.

Agradezco las enseñanzas de los profesores del Posgrado, pues me ayudaron a crecer académica y personalmente.

De manera particular quiero dar un reconocimiento a la Dra. Rosa Ma. Piñón Antillón, quien depositó su confianza, tiempo y conocimientos en este proyecto.

Un agradecimiento especial con admiración y respeto para las Doctoras: Graciela Arroyo Pichardo, Úrsula Oswald Spring, Rosío Vargas Suárez; y para el Dr. Miguel García Reyes, que se dieron a la tarea de leer y complementar el contenido de este trabajo.

Expreso mi profunda gratitud a toda mi familia por su contribución espiritual para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

# Índice

<b>Introducción</b>	1
<b>1. Energía y medio ambiente</b>	9
1.1. Crisis ambiental	9
1.1.1. El papel de la energía	14
1.1.2. La Tierra un sistema cíclico	17
1.2. Desarrollo sustentable	20
1.3. Fuentes de energía	30
1.3.1. Descripción de las fuentes de energía	31
1.3.2. Desarrollo de las fuentes de energía	36
1.4. Cambio climático	43
1.5. Las energías renovables	56
<b>2. El caso mexicano: ¿Dónde estamos?</b>	69
2.1. México un país petrolero	69
2.2. Balance energético	78
2.2.1. Producción	79
2.2.2. Consumo	81
2.3. Problemática energética	89
2.3.1. Reservas de hidrocarburos	89
2.3.2. Eficiencia energética	96
2.3.3. Emisiones de gases efecto invernadero	100
<b>3. Opciones estratégicas para México</b>	110
3.1. Lecciones a derivar: El caso de la Unión Europea	113
3.2. México: Opciones energéticas	133
3.2.1. Geoenergía	138
3.2.2. Energía solar	145
3.2.3. Energía eólica	148
3.2.4. Mini-hidráulica	149
3.2.5. Biomasa	151
3.2.6. Aplicaciones específicas de las energías renovables	152
3.3. Consideraciones finales	154
<b>Conclusión</b>	162
<b>Anexo-Equivalencias energéticas</b>	169
<b>Glosario</b>	172
<b>Bibliografía</b>	178
<b>Relación de cuadros</b>	183
<b>Relación gráficas, figuras y mapas</b>	184

# Introducción

La energía se encuentra presente en todos los procesos que ocurren en el universo. El sol es la fuente que alimenta nuestro sistema planetario, provee la energía creativa para la realización de todos los ciclos naturales terrestres, tales como el de la lluvia, la marea, el viento, la fotosíntesis, entre otros.

Sin duda alguna puede afirmarse que todas las actividades sean biológicas, sociales, políticas o económicas requieren de la intervención de algún tipo de energía, de ahí que sea considerada como un elemento indispensable, por esta razón el hombre siempre ha dedicado enormes esfuerzos para el desarrollo de tecnologías que le permitan aprovechar los diversos recursos energéticos proporcionados por la naturaleza.

Actualmente, los combustibles fósiles también conocidos como energéticos no renovables (carbón, gas, petróleo y sus derivados), satisfacen aproximadamente el 80% de la demanda energética mundial, ello significa que tienen un papel preponderante al menos en cuatro sentidos:

1. Económico. Cubriendo la demanda de energía en los mercados internacionales, con precios que se hayan sujetos a las reglas económicas imperantes; e influidos siempre por la conflictividad política y militar en las principales zonas productoras.
2. Político. Su posesión proporciona poder de negociación con otros países, pues la producción de mercancías y servicios dependen de la disponibilidad de energía. La búsqueda del dominio de estos energéticos ha dado origen a grandes enfrentamientos e invasiones militares como la de Irak, que suceden con más frecuencia debido al incremento de la demanda y la reducción inminente de las reservas mundiales.
3. Social. Para los países productores significa una fuente muy importante de ingresos que les permite en ocasiones equilibrar su balanza de pagos, amortizar la deuda externa, realizar obras públicas, etc. La falta de los mismos ha implicado para amplias poblaciones como la europea -en ciertos momentos históricos- tener que ajustar su calidad de vida, al tiempo que se impulsó la creatividad tecnológica.
4. Ambiental. Generando una fuerte carga de emisiones de partículas y gases contaminantes lanzados a la atmósfera, con un impacto concreto en la biosfera:

calentamiento global de la Tierra, lluvia ácida, pérdida de biodiversidad y detrimento de la calidad del aire; además de la pérdida irreparable de estas fuentes de energía - creadas a partir de procesos biológicos que duraron millones de años- debido a su explotación indiscriminada.

En este contexto, no es de extrañar que exista –en cierto sentido- consenso en el ámbito internacional<sup>1</sup> sobre la necesidad de producir energía mediante el uso de fuentes alternas, particularmente las renovables (mini-hidráulica, solar, eólica, bioenergía, geotérmica e hidrógeno) que: sustituyan la creciente dependencia energética con respecto a los combustibles fósiles; promuevan la utilización de recursos autóctonos para disminuir las importaciones; y, al mismo tiempo sean más amigables con el medio ambiente.

El discurso político está a favor del cuidado medioambiental, a través del tránsito paulatino de la producción energética basada en los combustibles fósiles hacia una que aproveche las energías renovables. No obstante, la práctica energética internacional continúa siguiendo patrones de desarrollo íntimamente relacionados con el uso de los combustibles fósiles como fuente primigenia para la satisfacción de las necesidades energéticas. Es decir, el discurso político se sitúa en el ámbito de los buenos deseos, mientras que la práctica permanece casi intacta.

El caso mexicano es un ejemplo de ello. Históricamente, el sector energético ha estado dirigido a satisfacer la demanda interna y externa de energía a través de la explotación indiscriminada de los recursos no renovables, principalmente, el petróleo, lo cual se ha traducido en:

1. Dependencia energética, económica, política y social de dicho energético.
2. Disminución de las reservas probadas, probables y posibles de petróleo. (13 años de vida útil según el informe de la Securities and Exchange Comisión de los Estados Unidos de América)
3. Contaminación del medio ambiente a escalas muy altas, debido a los residuos tóxicos y emisiones de gases dañinos generados por la producción incesante de energía mediante el uso de energías no renovables: petróleo y gas natural. (lugar

---

<sup>1</sup> Puesto de manifiesto en diversas cumbres y convenciones medioambientales. Basta revisar la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

#### 14 a nivel mundial en emisiones de CO<sub>2</sub> de acuerdo con el informe del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático)

Estos problemas deberán comenzar a resolverse a partir de decisiones tomadas en el corto plazo, pero con miras a transformar la situación en el largo plazo, pues se encuentra en riesgo el buen funcionamiento del papel que cumple el sector energético dentro de nuestro país.

México, consciente de esta problemática incluyó dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 la intención de producir energía con bajo impacto ambiental, impulsando el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, no obstante, en los hechos, éstas tienen una contribución marginal al balance energético nacional, con los consiguientes efectos negativos que esto tiene para el desarrollo del país y la salud del planeta.

La situación que México enfrenta es crítica, pues al descapitalizar a su empresa petrolera ha impedido la exploración de nuevos yacimientos de petróleo, lo cual se traduce en riesgo de la seguridad en el abasto energético. Adicionalmente, las reservas han disminuido vertiginosamente y algunos de los pozos con los que cuenta no son rentables por cuestiones geológicas y tecnológicas, de ahí que sea necesario explorar el aprovechamiento de nuevas fuentes de energía que permitan diversificar su producción energética.

En este orden de ideas, las nuevas fuentes de energía que elija deberán estar acorde con la necesidad de reducir la emisión de gases efecto invernadero derivadas de la actividad energética, no solamente como resultado del compromiso adoptado al ratificar el Protocolo de Kyoto<sup>2</sup>, sino porque el fenómeno del cambio climático global nos conduce inevitablemente a un dilema de supervivencia como especie. En este sentido, el incumplimiento de los instrumentos internacionales desarrollados como el Protocolo, es la preocupación menor si lo comparamos con las consecuencias negativas que comienzan a sentirse y que prometen mayores desastres en el futuro.

En el ámbito energético, se plantea para México la necesidad de tener un mejor aprovechamiento de los recursos empleando modernas tecnologías en el área industrial,

---

<sup>2</sup> El Protocolo de Kyoto de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) se aprobó en el tercer período de sesiones de la Conferencia de las Partes (COP) en la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas celebrado en 1997 en Kyoto, Japón. El Protocolo establece compromisos jurídicamente vinculantes, además de los ya incluidos en la CMCC. Los países que figuran en el Anexo B del Protocolo (la mayoría de los países miembros de la OCDE y países con economías en transición) acordaron reducir sus emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC y SF<sub>6</sub>) a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre 2008 y 2010.

residencial y transporte; sin olvidar un decidido impulso de las energías renovables, para que en el futuro contribuyan sustantivamente a la satisfacción energética nacional.

Ambas tareas han sido abordadas repetitivamente desde la década de los ochenta en foros nacionales e internacionales donde ha participado; incluso ha recibido apoyo técnico, tecnológico y financiero bilateral/multilateral para desarrollar proyectos concretos de ahorro de energía y uso de energías renovables, tales como: las antenas de comunicaciones solares para lugares remotos; una unidad habitacional en Mexicali que aprovecha energía solar; la granja eólica de La Venta, Oaxaca; la exploración de pozos geotérmicos en Michoacán y Baja California, para proveer energía a la red de electricidad, etc., aun así no ha logrado incrementar de manera considerable el papel de las energías renovables dentro del escenario energético nacional.

En este contexto, se espera que impulse una conversión tecnológica de fuentes convencionales de energía hacia renovables, sin embargo, es una posibilidad lejana que contrasta al comparar las proyecciones de crecimiento de ambas fuentes para el 2010, donde la prioridad continúa centrada en las fuentes fósiles, el cambio más tangible es el movimiento de la dependencia del petróleo hacia el gas, una energía en la que no somos autosuficientes.

Hasta el momento, México ha carecido de visión para enfrentar el futuro próximo. El sector energético es tan solo una pequeña parte del problema donde se pueden iniciar algunas acciones concretas, pero definitivamente cualquier programa que intente dar solución cabal a la crisis ambiental y de sociedad que presenciamos, deberá partir de la noción de “biosfera” en donde se encuentran contenidos y en constante interrelación los sistemas biológicos, ecológicos, económicos, políticos, sociales, etc., porque de lo contrario será imposible tomar decisiones adecuadas.

El propósito fundamental de este trabajo es proporcionar elementos de análisis e informativos que permitan la elaboración de una política energética que aliente la utilización de las energías renovables y por ende, contribuya a reducir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, promueva el desarrollo de las fuentes energéticas autóctonas, proporcione mayor calidad de vida a las comunidades aisladas dotándolas de energía y aproveche mejor sus recursos, tal como está haciendo la Unión Europea.

Principalmente, se trata de plantear los riesgos que implicaría para México y el mundo la continuidad de una política energética basada en las fuentes no renovables de energía y en

consecuencia las alternativas disponibles para diversificar el suministro energético, sobre todo desde una perspectiva medioambiental que entra en contradicción latente con los objetivos y valores planteados por el sistema capitalista –responsable de la presente crisis ecológica y de la marginación de las fuentes renovables–, pues al estar centrado en la obtención de la máxima ganancia, la explotación indiscriminada de recursos, el consumo excesivo, entre otros; se ha olvidado de concebir su esfera humana inserta dentro de un sistema mucho más amplio que es la biosfera y de donde obtiene los materiales para continuar con su dinámica: alimentos, agua, oxígeno, materias primas, etc., al hacerla peligrar amenaza su propia existencia.

Asimismo, es del interés de esta investigación presentar los avances que en materia de legislación están teniendo otros países, para de ahí extraer pautas de acción que sirvan al propósito de potenciar las energías renovables, pues se identificó que la mayor dificultad no se encuentra en el aspecto tecnológico sino en el marco de regulación. Particular interés nos merece el programa de la Unión Europea, cuyo énfasis es colocado en la producción de energía renovable dentro de su territorio.

En este sentido, el objetivo primordial de este trabajo es contribuir al estudio de la situación energética actual en México, basada principalmente en el aprovechamiento de los recursos energéticos no renovables (petróleo, gas natural y carbón); y, las perspectivas de desarrollo de las fuentes renovables de energía (eólica, solar, biomasa, geotermia, mini-hidráulica e hidrógeno), como opción para la satisfacción energética nacional presente y futura.

El punto de partida es la conveniencia de producir la energía que consumimos en México a través de la utilización de las fuentes de energía renovables, por dos razones importantes:

1. La vida energética, económica, política y social mexicana esta, en gran parte, ligada al desarrollo petrolero. Si tomamos como punto de referencia los estudios actuales, donde se afirma que tan solo contamos con 13 años de reservas probadas de petróleo, entonces, tendremos que plantearnos la forma en que nuestro país puede diversificar su producción energética: asegurando el suministro energético interno y garantizando la independencia del exterior; y, al mismo tiempo, ideando la forma en que puede sustituir el papel preponderante que ha adquirido el petróleo al proveer recursos al gobierno, generar miles de empleos, entre otros.
2. Solucionar el deterioro ambiental derivado de la utilización de las fuentes de energía fósiles (petróleo y gas natural), debido a la generación de desechos tóxicos y emisión de

gases contaminantes (dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>; metano, CH<sub>4</sub>; óxido nitroso, N<sub>2</sub>O; cloro-fluoro-carbono 11, CFC-11; hidro-fluoro-carbono 23, HFC-23; y, per-fluoro-metano, CF<sub>4</sub>), relacionados con la lluvia ácida, contaminación atmosférica y el calentamiento global de la Tierra.

Esta sería la problemática en la que nos centraríamos de manera inicial, aunque con la intención de encontrar elementos que permitan elaborar una política energética acorde con los retos planteados por la realidad nacional y global.

La investigación es centrada en los tres primeros años del gobierno de Vicente Fox, ya que las reservas de petróleo se ubican en las más bajas de los últimos 20 años, con una vida útil para 13 años al ritmo de explotación actual, lo cual plantea, en el futuro próximo, un grave problema para satisfacción de la demanda interna de energía, la obtención de divisas, la generación de empleos, entre otros.

Por esta razón, resulta pertinente considerar el papel que juegan las energías renovables dentro de la producción mexicana en la satisfacción de la demanda nacional desde una perspectiva energética y medioambiental.

Estudiar los diversos recursos potenciales energéticos renovables que México posee y la rentabilidad de su aprovechamiento.

Analizar las perspectivas de desarrollo de las fuentes renovables de energía (eólica, solar, biomasa, geotermia e hidráulica) en México, como opción para la satisfacción energética y protección al medio ambiente.

Proporcionar un estudio amplio sobre la necesidad de diversificar los recursos energéticos para la satisfacción energética mexicana, considerando criterios económicos, políticos, sociales y ambientales.

Como fue mencionado anteriormente, se retoma la experiencia de la Unión Europea en este ámbito, pues los países que la integran son pioneros en el desarrollo de energías renovables debido a la dependencia energética que históricamente han presentado con respecto al exterior ante la carencia de hidrocarburos. Cuentan con un plan bastante ambicioso a este respecto, cuyo objetivo es resolver la carencia energética, disminuir la emisión de gases invernadero y promover el empleo de sus fuentes autóctonas de energía que disminuyan las importaciones de energéticos.

Finalmente, se abordan algunos de los obstáculos que enfrentan las energías renovables para expandirse a nivel mundial como resultado de las leyes del mercado imperantes. Asimismo, se presentan algunos mecanismos internacionales que pueden contribuir a fortalecer su presencia en el mundo y que México puede aprovechar, por ejemplo los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) inscritos en el Protocolo de Kyoto.

Esta investigación consta de tres capítulos. En el primero de ellos se reflexiona sobre el origen de la crisis ambiental; se define el concepto de energía y fuentes de energía; se realiza una breve historia de la evolución de los energéticos empleados por el hombre a lo largo de su historia; se expone la importancia internacional del uso de energías renovables para combatir el cambio climático y su contribución para dirigir esfuerzos al logro de un desarrollo sustentable.

La intención del capítulo primero es justificar en términos medioambientales la necesidad de recurrir al impulso de las energías renovables como llave para combatir el desequilibrio provocado por la actividad humana sobre la naturaleza, considerando que la Tierra es un sistema donde los residuos generados tienden a permanecer en su interior, particularmente los gases obtenidos por el sector energético tienen un papel primordial al contribuir al calentamiento global y por ende al detrimento de la calidad del aire necesario para la existencia de las diversas especies, incluyendo la humana.

En este sentido, se destaca el apremio por modificar las formas de producción y consumo energético encaminados a lograr un Desarrollo Sustentable o al menos una relación cabal con la naturaleza que permita al ser humano continuar presente como especie en el planeta (postura biocéntrica), a diferencia de las formas tecnocéntricas basadas en la idea de que la tecnología es capaz de resolver el problema como si éste no fuera producto de condiciones más profundas.

Asimismo, se aborda el problema del cambio climático asociado principalmente al sector energético y cuyas consecuencias afectan negativamente la supervivencia de todos los ecosistemas existentes en la Tierra, ya que al modificarse la temperatura con tanta rapidez imposibilita la adaptación de las especies existentes.

El capítulo segundo está dedicado a presentar el contexto energético en el cual deben ser desarrolladas las energías renovables en México, destacando la dependencia energética con respecto a los combustibles fósiles. El fin de este apartado es demostrar con cifras precisas la producción y el consumo de energía en el país, el cual en gran parte está orientado a la

satisfacción energética internacional y de donde son obtenidas grandes cantidades de divisas que a su vez implican la dilapidación de recursos naturales.

Igualmente, se expone la problemática energética enfrentada en la actualidad por México: baja de las reservas de petróleo, falta de inversión en exploración, carencia de una política energética adecuada, emisión de gases contaminantes, baja eficiencia energética, peligro en la satisfacción del suministro energético y sobre todo, el gobierno está utilizando a PEMEX para sufragar su gasto corriente, con lo cual impide el manejo sano de la paraestatal. Se trata pues de un diagnóstico energético a partir del cual posteriormente se harán las recomendaciones pertinentes.

En el capítulo tercero se plantea el aprovechamiento del potencial que México tiene en fuentes renovables como una opción estratégica que asegure en el largo plazo el suministro energético, resolviendo dos problemas básicos: el agotamiento de las reservas de petróleo y la emisión de gases contaminantes a la atmósfera.

Además, se hace un breve análisis de las lecciones a derivar del caso Europeo. En este momento ambas experiencias distan mucho de parecerse, pero el comportamiento del sector energético mexicano tiene una marcada tendencia a ser un reflejo de la situación presente de la Unión Europea (UE). El objetivo es evitar que México importe mayores cantidades de hidrocarburos, a la vez que pierda su fuente principal de divisas.

En última instancia se presentan algunos datos interesantes sobre el comportamiento energético mexicano con respecto a los compromisos contraídos en los Acuerdos de Brasilia y además, se exponen las ventajas que México puede aprovechar en virtud del Protocolo de Kyoto y el llamado Eurokyoto.

# 1. Energía y Medio Ambiente

Actualmente, el mundo se encuentra sumergido en una profunda crisis medioambiental con latentes consecuencias sobre el equilibrio natural que amenaza todas las formas de vida existentes sobre la Tierra, para comprender mejor la situación es preciso reflexionar sobre las causas que nos han conducido a dicha crisis.

## 1.1. Crisis Ambiental

Para comenzar retomaremos tres ideas fundamentales planteadas por la historia ambiental, las cuales pueden ser de gran valor para el análisis de los problemas hombre-naturaleza:

1. “En primer término, que la naturaleza es... histórica -esto es, que el mundo natural no puede ser ya comprendido sin considerar las consecuencias acumuladas por la intervención humana en sus ecosistemas a lo largo de al menos los últimos cien mil años.
2. En segundo lugar, está el hecho de que nuestros conocimientos sobre la naturaleza son el producto de una historia de la cultura organizada en torno a los valores dominantes en las sociedades que han producido esos conocimientos.
3. Por último, la historia ambiental nos recuerda que nuestros problemas ambientales de hoy son el resultado de nuestras intervenciones de ayer en el mundo natural, tal como fueron llevados a cabo en el ejercicio de los valores dominantes en aquella cultura.”<sup>3</sup>

De acuerdo con lo antes señalado, podemos afirmar que el hombre desde siempre se ha preocupado por aprovechar los recursos naturales en su beneficio, sin embargo, es con el sistema capitalista cuando la conquista de la naturaleza se convierte en una prioridad existencial, sobre todo si nos remitimos a la envergadura del concepto de “desarrollo” presente en dicho sistema, el cual descansa sobre “la alta valoración de la idea de progreso y modernidad que da prioridad a la

---

<sup>3</sup> Guillermo Castro H., “Un desarrollo sostenible”, ponencia presentada en el *Simposio Regional sobre Ética y Desarrollo Sustentable*, Bogotá, Colombia, 2-4 de mayo, 2002, Ministerio del Medio Ambiente de Colombia/PNUMA/PNUD/CEPAL/BM, [www.ecoportat.net/articulos/sostenible.html](http://www.ecoportat.net/articulos/sostenible.html)

producción material y el consumo como sinónimo de calidad de vida<sup>4</sup>, para lograrlo requiere de la constante explotación de recursos. Mientras más integrada esté una sociedad a la dinámica capitalista más desarrollada es, y este es el paradigma al cual aspiran la mayoría de las poblaciones que integran el planeta.

Como resultado de la preeminencia de este pensamiento nos encontramos en una preocupante situación medioambiental. Hasta la primera Revolución Industrial, “la humanidad desenvolvía su existencia [...] adecuándose a la utilización de la naturaleza según sus funciones y leyes. Ni los recursos eran factores limitantes, ni los residuos dejaban de incorporarse a los ciclos vitales. Parecía que la especie humana vivía en sociedades evolutivamente estables. A partir de este momento, la humanidad ha ido creciendo aceleradamente en organización y complejidad con fuentes adicionales de energía [el hombre actual consume 115 veces más que el hombre primitivo] e información<sup>5</sup>, alterando de manera progresiva los mecanismos de auto-regulación natural y profundizando los problemas de contaminación, agotamiento de los recursos naturales, pérdida de biodiversidad, lluvia ácida, cambio climático, entre otros. (Ver cuadro 1.1 y gráfica 1.1)

Hombre primitivo	2,000
Hombre cazador	4,000
Primeras culturas agrícolas	12,000
Culturas agrícolas avanzadas	24,000
Hombre industrial	70,000
Hombre tecnológico	230,000
Fuente: World Resources Institute, World Resources 1999-2000, Washington, 2001.	

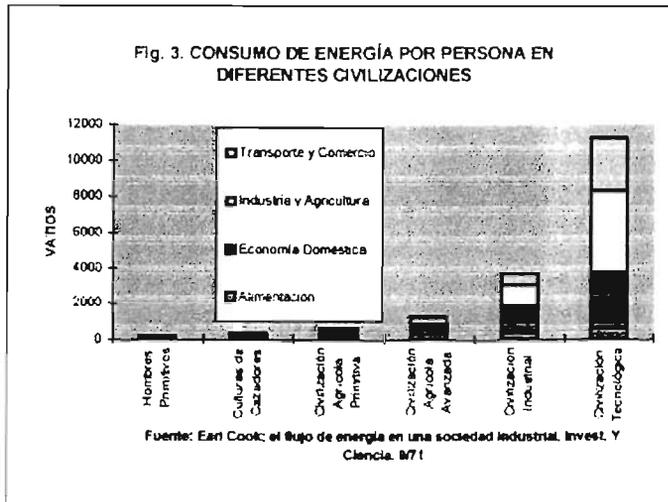
Para ilustrar mejor el tema es necesario hacer una referencia al Informe "Planeta Vivo 2004" realizado por el World Wildlife Found, el cual muestra que “los seres humanos consumen actualmente un 20% más de recursos naturales de los que la Tierra puede producir, y que poblaciones de especies terrestres, de agua dulce y marinas han disminuido una media del 40% entre 1970 y el 2000, [como consecuencia de nuestra Huella Ecológica], es decir, el impacto de los seres humanos sobre la Tierra, se ha incrementado dos veces y media desde 1961. El informe

<sup>4</sup> Francisco Vio, “La Sociedad Ecológica. Nuevos Paradigmas, Ecología y Desarrollo”, en *El Desarrollo Social. Tarea de Todos*, Comp. Carlos Contreras, Santiago: Comisión Sudamericana de Paz, Seguridad y Democracia, 1994, p. 246.

<sup>5</sup> Luis Jiménez Herrero, *Desarrollo sostenible: transición hacia la coevolución global*, Ed. Pirámide, 2000, Madrid, España, p. 263.

de este año muestra que la huella media es 2,2 hectáreas por persona mientras que hay 1,8 hectáreas de terreno disponible para proporcionar recursos naturales para cada habitante del planeta. Este dato se ha obtenido dividiendo los 11.300 millones de hectáreas de suelo productivo y espacio marino entre los 6.100 millones de personas.”<sup>6</sup>

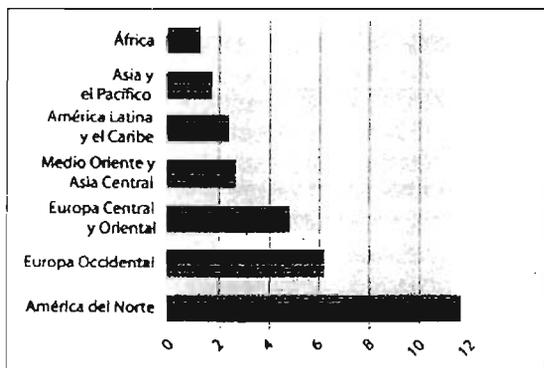
**Gráfica 1. 1.- Consumo de energía por persona en diferentes civilizaciones**



En el camino a la expansión del capitalismo y a la acumulación de ganancias –su objetivo primordial-, se han agudizado las diferencias entre los favorecidos y los excluidos. Las diferencias quedan denotadas simplemente al considerar la huella ecológica de ciertos países: la de un norteamericano medio no solamente es el doble que la de un europeo, sino nueve veces mayor que la de un asiático y trece veces más que la de un africano medio. Atendiendo esto, es posible advertir que la presión sobre los recursos de la Tierra seguirá creciendo conforme estas regiones vayan desarrollándose y consumiendo más. (Ver gráfica 1.2)

<sup>6</sup> La Huella Ecológica es una medida de sostenibilidad ambiental. Mide cuánta naturaleza tenemos, cuánta utilizamos y quién utiliza qué. Representa la extensión de terreno biológicamente productivo y el agua que requiere una población (un individuo, una ciudad, un país o toda la humanidad) para los recursos que consume y para absorber sus residuos utilizando tecnología común. Claude Martin, “WWF presenta un estudio sobre el alarmante estado del mundo”, en *Ambiente y Sociedad*, año 5, no. 181, octubre, 2004, <http://www.ecoportail.net/content/view/full/36140>

Gráfica 1. 2.- Huellas ecológicas regionales (unidades de área per capita)



Fuente: GEO: Global Environment Outlook 3  
[www.unep.org/geo/geo3/spanish/086.htm](http://www.unep.org/geo/geo3/spanish/086.htm)

En este orden de ideas, el sistema económico, político y cultural dominante conocido como capitalismo, al tener como base fundamental la acumulación de capital requiere incrementar constantemente el consumo y la producción, cuestión que nos refiere directamente a la explotación indiscriminada de los recursos naturales para la creación de bienes y servicios; así como de reducir lo más posible el costo de producción de la mercancía con respecto al precio de venta, permitiéndole un margen mayor de ganancia, lo cual requiere disminuir lo más posible el costo de los in-puts (mano de obra, materias primas, maquinaria, infraestructura, etc.).<sup>7</sup>

A lo largo de la historia, los gobiernos han permitido que las empresas no asuman muchos de sus costos mediante diversos mecanismos como las subvenciones, la puesta a su disposición de infraestructura financiada con recursos estatales, el diseño de políticas salariales favorables, entre otras. En el caso específico de nuestra relación con la biosfera ha bastado con una no-acción, pues no se ha insistido en que una operación productiva debe incluir el costo de restaurar el medio ambiente para que éste sea “preservado”.

Según Wallerstein, “hay dos tipos diferentes de operaciones para la preservación del medio ambiente. El primero consiste en limpiar los efectos negativos de una actividad productiva (por ejemplo, combatiendo las toxinas químicas subproducto de la producción, o eliminando los residuos no biodegradables). El segundo tipo consiste en invertir en la renovación de los recursos

<sup>7</sup> Immanuel Wallerstein, *Ecología y Costes de Producción Capitalistas*, jornadas PEWS XXI, The Global Environment and the World-System, Universidad of California, Santa Cruz, en *Iniciativa Socialista*, No. 50, 3-5 de abril, 1997.

naturales que han sido utilizados (por ejemplo, replantando árboles). Los movimientos ecologistas han planteado una larga serie de propuestas específicas dirigidas hacia esos objetivos. En general, estas propuestas encuentran una resistencia considerable por parte de las empresas que podrían ser afectadas por ellas, porque estas medidas son muy costosas y, por tanto, llevarían a una reducción de producción. La verdad es que las empresas tienen esencialmente razón. Estas medidas son, desde luego, demasiado costosas, si se plantea el problema en términos de mantener la actual tasa media de ganancia a nivel mundial... [el estímulo o] la puesta en práctica de medidas ecológicas significativas y seriamente llevadas a cabo, podría ser el golpe de gracia a la viabilidad de la economía-mundo capitalista.”<sup>8</sup>

Ante este panorama pueden plantearse algunas alternativas:

1. “Los gobiernos pueden insistir en que todas las empresas deben internalizar todos los costos, y nos encontraríamos de inmediato con una aguda disminución de beneficios.
2. Los gobiernos pueden pagar la factura de las medidas ecológicas (limpieza y restauración más prevención), utilizando impuestos para ello. Pero si se aumentan los impuestos, entonces, se aumentan sobre las empresas, lo que conduciría a la misma reducción de las ganancias; o se aumentan sobre el resto de la gente, lo que posiblemente conduciría a una intensa rebelión fiscal.”<sup>9</sup>
3. Otra opción es la adopción de una política de superar la tecnología de “fin de tubo” e invertir en procesos productivos, de servicio y agropecuarios limpios.
4. Finalmente, “podemos no hacer prácticamente nada, lo que conduciría a las diversas catástrofes ecológicas de las que los movimientos ecologistas nos han alertado. Hasta ahora, la tercera alternativa es la que ha predominado.”<sup>10</sup>

En este proceso degenerativo el sistema energético mundial juega un papel protagónico como contribuyente al desequilibrio ecológico traducido en agotamiento de recursos, emisiones de gases contaminantes, residuos tóxicos, etc.,<sup>11</sup> pero a su vez puede convertirse en un bastión para cambiar a nuestro favor el saldo negativo existente, tal y como veremos más adelante.

---

<sup>8</sup> Ibid.

<sup>9</sup> Ibid.

<sup>10</sup> Ibid.

<sup>11</sup> Es alarmante nuestra huella energética, debido principalmente al uso de combustibles fósiles como el carbón, gas y petróleo. Este es el parámetro que más rápidamente crece de la huella ecológica, aumentando cerca de un 700% entre 1961 y 2001. WWF destaca que la sobreexplotación de estos combustibles está poniendo a toda la humanidad bajo la amenaza del cambio climático. Claude Martin, “WWF presenta un estudio sobre el alarmante estado del mundo”, en *Ambiente y Sociedad*, año 5, no. 181, octubre, 2004, <http://www.ecoportal.net/content/view/full/36140>

### 1.1.1 El papel de la energía

La energía interviene en todos los fenómenos que ocurren en el universo, desde el movimiento de un objeto hasta la transformación de unas sustancias en otras. Está implícita en todos los procesos que ocurren en los sistemas ecológicos, geológicos, meteorológicos, económicos, sociales y demás. Siguiendo esta idea, resulta posible afirmar lo siguiente: “*La energía constituye la fuente y el control de todas las cosas, todos los valores y todos los actos de los seres humanos y de la naturaleza*”<sup>12</sup>, es decir, en la medida en que sea comprendido su funcionamiento o su lógica, estaremos en mejor posición para establecer una relación equilibrada con la biosfera que asegure nuestra permanencia a largo plazo.

El concepto de *energía* tiene diversos significados. En un nivel general, entendemos que se refiere a aquello que nos permite desarrollar nuestras actividades diarias, pues es un medio para hacer funcionar electrodomésticos, transportes, maquinaria, iluminar espacios cerrados, etcétera.

Una definición más técnica la concibe como: “*la capacidad para realizar trabajo.[...]Puede convertirse en masa o derivarse de la masa. Se presenta en varias formas, tales como energía cinética, potencial, química, eléctrica, calorífica y energía atómica, y puede cambiar de una de estas formas a otra.*”<sup>13</sup>

Partiendo de que esta investigación será dirigida al área de las Ciencias Sociales, definiremos el concepto de la siguiente manera:

*Energía.- La capacidad para realizar trabajo que tienen algunos recursos naturales, llamados energéticos, mediante el uso de alguna tecnología: petróleo, carbón, viento, sol, entre otros, con impactos económicos, políticos, sociales y medioambientales.*

La anterior definición nos parece más ad-hoc, pues deja de lado la energía presente de manera natural en todos los procesos biológicos y se concentra en la obtenida por el hombre de las fuentes más variadas: el fuego, la tracción animal, el viento, el agua, la combustión de la madera o el petróleo, las reacciones nucleares, etc.

---

<sup>12</sup> Howard T. Odum/ Elizabeth C., *Hombre y Naturaleza Bases Energéticas*. Ed. Omega, S.A. Barcelona 1981, p. IX

<sup>13</sup> Antonio Juárez Núñez y Carlos Gay García, *La energía solar: Gran ausente dentro del sector energético en México*, Universidad Autónoma de Puebla, ANES, 25/04/03, [www.anes.org/ar27-05-pdf](http://www.anes.org/ar27-05-pdf)

No obstante, ambos tipos de energía se sujetan a las *leyes de la materia y la energía*<sup>14</sup> que se cumplen en la biosfera de manera puntual:

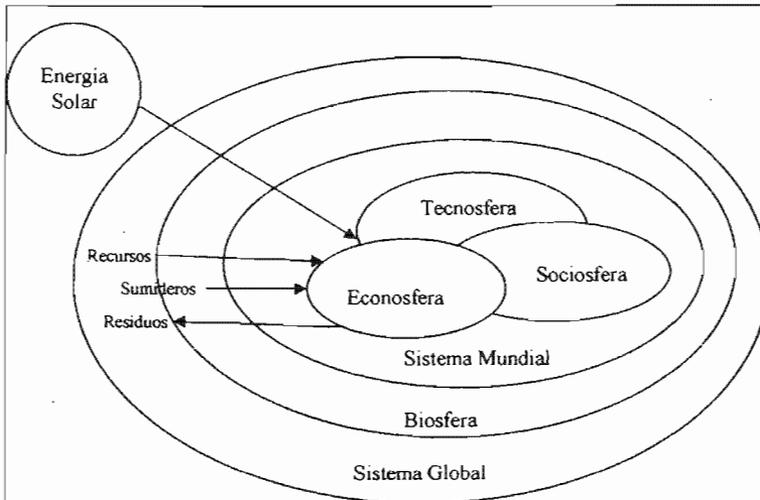
1. *Ley de la conservación de la energía.* La materia y la energía no se crea ni se destruye únicamente se transforma. La energía que entra a un sistema se acumula allí o fluye hacia fuera.
2. *Ley de la degradación de la energía.* En todos los procesos una parte de la energía pierde su capacidad de realizar trabajo y queda degradada. La energía fluye del nivel con mayor potencial al de menor potencial, es decir, el calor siempre fluye del punto más caliente al punto de menor temperatura, al fluir, una parte pierde su capacidad de realizar trabajo y deja de tener utilidad.
3. *Principio de la máxima potencia.* En la naturaleza solamente sobreviven los sistemas que reciben más energía y la emplean con mayor efectividad. Los sistemas con menor eficiencia desaparecen.

Las leyes antes señaladas tienen marcadas consecuencias sobre nuestro planeta, por ello resulta necesario conocerlas y explicarlas más ampliamente. El siguiente esquema ilustrativo permite establecer la relación entre energía solar, sistema global, biosfera, sistema mundial y hombre, sobre todo con la intención de establecer las direcciones en que fluye la energía, los residuos y las consecuencias de las leyes sobre el sistema. (Ver figura 1.1)

---

<sup>14</sup> Howard T. Odum/ Elizabeth C., *op. cit.*, p. XIII.

**Figura 1. 1.- Relaciones Sistémicas en el Sistema Global**



Fuente: Luis Jiménez Herrero, *Desarrollo Sostenible. Transición hacia la Coevolución Global*, Ed. Pirámide, 2000, Madrid, España, p. 271.

Nótese que la fuente energética que alimenta al sistema global es el sol, dentro del cual se haya el Planeta Tierra conformado por la biosfera y el sistema mundial (econósfera, sociósfera y tecnósfera). De acuerdo con la figura 1, es claro que el sistema Tierra es uno, sus componentes interactúan entre sí, por lo cual tiene que ser estudiada de manera integral, ya que las causas, procesos y consecuencias van ligados formando un “todo”.

Puede apreciarse también que “los seres humanos constituyen solamente una parte pequeña de la gran biosfera (océanos, atmósfera, montañas, valles, tierra, ríos, bosques y componentes ecológicos). En este sentido, no es precisamente el ser humano... quien determina lo que es importante, sino el conjunto de las energías puestas en juego en el mundo.”<sup>15</sup>

Así pues, la energía solar percibida por nuestro planeta es transformada mediante complejos procesos naturales en energía de alta calidad, esto significa que se convierte en animales, árboles, minerales, vegetales, etc., en todo lo que podemos ver a nuestro alrededor y en nosotros mismos.

Constantemente la energía de alta calidad es aprovechada por los organismos vivos y convertida en ciertas sustancias, por ejemplo: las plantas mediante el proceso de la fotosíntesis aprovechan la energía solar y obtienen elementos que al ser consumidas en la dieta de algunas

<sup>15</sup> Howard T. Odum/ Elizabeth C., *op. cit.*, p. 44

especies proporcionan los nutrientes necesarios para la supervivencia de los mismos siguiendo la dirección de la cadena alimenticia, pero finalmente se obtienen residuos (heces fecales, sudor, entre otros) que continúan siendo la energía inicial pero de menor calidad (de acuerdo con la ley de la degradación de la energía). Tales sobrantes son utilizados como abono, pero para poder realizar un nuevo trabajo o actividad útil requieren del empleo de nueva energía, iniciando así un nuevo ciclo.

Cabe apuntar que en las transformaciones sufridas una parte de la energía puede adquirir mayor calidad, mediante trabajo y otra parte sufrir degradación y perder utilidad. El uso de energía de mayor calidad como retroalimentación de un proceso, lo estimula. Por ejemplo, la tecnología es una energía de alta calidad, usada como componente de un proceso estimula los resultados. Así, el excremento de los animales, las hojas decaídas de los árboles y los desperdicios orgánicos (todos ellos energía degradada hasta cierto punto), gracias a la acción de bacterias y microorganismos anaeróbicos, que son energía de alta calidad pueden convertirse en gas metano y abono orgánico dentro de un digestor, pudiendo aprovecharse el gas como combustible y los sedimentos como abono enriquecedor de suelos en la agricultura. El digestor es una retroalimentación de energía del almacén de la sociedad, que si es demasiado elaborado<sup>16</sup>, contribuye a que el sistema no tenga aporte neto de energía a la salida. Por tanto, nunca paga la inversión de energía fósil que se ocupo en su elaboración.

### **1.1.2 La Tierra un sistema cíclico**

La Tierra es un sistema donde los desechos no son naturalmente lanzados fuera de la biosfera, esto significa que los residuos generados en su interior permanecen y se reincorporan al ciclo de vida a través de complejos sistemas de reciclaje natural.

Trasladando esta analogía a la sociedad humana tenemos que gracias al poder del sol fueron creados los recursos naturales que el hombre emplea para sostenerse a sí mismo y a toda su maquinaria tecnológica (transportes, aparatos eléctricos, fábricas, comunicaciones y toda una serie de satisfactores); en su paso va continuamente degradando la energía de alta calidad hasta llegar a residuos que al no poder ser expulsados fuera de la atmósfera se convierten en contaminantes y residuos tóxicos, gran parte de esto es reciclado por la misma naturaleza, sin

---

<sup>16</sup> Nos referimos a la energía que utilizada en la fabricación del tanque y de los implementos para captar el gas metano, así como, a las tuberías de distribución del agua con alto contenido de composta. Si gastamos demasiada energía en la fabricación, habrá que restarla a la energía producida durante su vida útil.

embargo requiere de tiempo para realizar dicha función.

Ejemplifiquemos lo anterior. En el caso del petróleo, la naturaleza con ayuda de las bacterias transformó los desechos vegetales y animales en un compuesto llamado petróleo, para ello recurrió al uso de energía y la energía en forma de materia (los desechos) se convirtieron en el popular combustible. El hombre, para extraer el oro negro del subsuelo diseña y construye enormes complejos industriales con componentes también extraídos de la naturaleza como el acero y utilizando energía creada a partir de la quema del mismo petróleo.

Después de este y otros peregrinajes, el petróleo es ofrecido en varias presentaciones: diesel, gasóleo, gasolinas, kerosenos, etc., que hacen funcionar fábricas, transportes, hospitales, entre otros, sufriendo una nueva transformación de la cual obtenemos aceites quemados, partículas en el aire y gases expulsados en el proceso que permanecen dentro del sistema en forma de contaminantes, finalmente son sometidos a un reciclaje natural, por ejemplo el CO<sub>2</sub> es captado por las selvas y bosques para luego transformarlo en oxígeno.

El problema principal reside en que a medida que el hombre ha incrementado su actividad los desechos han aumentado en la misma proporción, cada vez se dilapidan más los recursos naturales al grado de que la naturaleza parece incapaz de proporcionar las materias primas y de reciclar.

La sociedad global que ha construido el capitalismo está condenada al colapso debido a su propia dinámica. "Producción y consumo, industrialización y comercio, son las condiciones *sine qua non* del desarrollo; el medio: el crecimiento económico; el elemento que posibilita ese crecimiento: el petróleo."<sup>17</sup>

Aventurándonos demasiado, se podría alegar que nuestra especie en el área de la tecnósfera ha logrado encontrar mejores sistemas de:

1. aprovechamiento de la materia/energía y
2. de reciclaje.

Los primeros son insuficientes, todavía tenemos una eficiencia más o menos del 35-50% dependiendo del combustible y la tecnología empleada, es decir, entre 75 y 50% es desperdiciado y enviado en forma de calor y gases a la atmósfera.<sup>18</sup>

Los segundos son parte de la solución, pero se debe tener cuidado al evaluar y elegir los métodos a emplear, pues algunos sistemas -como el reciclaje industrial de plástico- en términos

<sup>17</sup> Joseph Tainter, *The Collapse of Complex Societies*, New York: Cambridge University Press, 1988.

<sup>18</sup> Para obtener más información sobre este aspecto consultar el capítulo tercero de este trabajo.

energéticos puede convertirse en un serio problema, ya que implica más recursos en para hacer útil lo ya degradado. No obstante, el aluminio y el vidrio son favorables al reciclamiento.

No obstante, el estado crítico actual de nuestro sistema depende en mayor medida de las actitudes observadas tanto en la tecnósfera (investigaciones científicas, innovación tecnológica, técnicas), la econósfera (economía, relaciones comerciales, impuestos) y la sociósfera (cultura, educación, relaciones familiares, etc.), en este sentido se plantea la necesidad de una respuesta integral que conjugue los diferentes planos, pero siempre como parte integrante de la naturaleza.

Si consideramos la tercera ley de la materia y la energía, podemos señalar que la especie humana tiende a la desaparición, porque recibe altas cantidades de energía que aprovecha de manera ineficiente. Debido a ello, no es raro que la cuestión actual este centrada en resolver el agotamiento de los recursos energéticos y naturales en general, incluso, el agua es un motivo de conflictos.

Tecnológicamente se pueden tener algunos avances a favor de mayor eficiencia y un mejor aprovechamiento, pero si éstos no son empleados por su costo económico poco podrán hacer para combatir el desequilibrio medioambiental. Faltaría modificar los valores culturales con que dirigimos nuestras actividades sociales, económicas y políticas con miras a actuar en consecuencia con los nuevos retos planteados.

En este punto del análisis, salta a la luz la necesidad de explicar ¿cuál es la razón del constante incremento en el uso de energía? La respuesta es que los sistemas sociopolíticos requieren de energía para mantenerse y a medida que aumenta su complejidad, también aumentan los requerimientos energéticos y las innovaciones técnicas, políticas, económicas, etc. Sin embargo, descubrir esas innovaciones requiere de energía, lo que subraya las restricciones de la relación energía-complejidad.

## 1.2. Desarrollo sustentable

Este apartado ha sido dedicado al Desarrollo Sustentable porque se ha erigido como el modelo de sociedad al cual aspira llegar la humanidad –al menos en lo que al discurso respecta– por ello no puede dejar de ser abordado en un trabajo que pretende lograr la reivindicación de las fuentes energéticas renovables como opciones estratégicas para un suministro constante de energía y el logro permanente de la convivencia armónica con la biosfera terrestre.

La protección ambiental despertó un visible interés desde los cincuenta, cuando en Berlín y Londres se presentaron muertes masivas por inversión térmica en inviernos duros, aunque quedaban como fenómenos locales. Es en los setenta con el Informe “Nuestro Futuro común” cuando las amenazas de los ecosistemas en escala planetaria empiezan a cuestionar el modelo del cuerno de la abundancia. A raíz de mayores evidencias del cambio climático, el descubrimiento adelgazamiento de la capa de ozono por clorofluorocarbonos (CFC), la deforestación y la pérdida de diversidad biológica, la sustentabilidad se convirtió en una preocupación pública.<sup>19</sup>

De la noción de “crisis ambiental” han surgido varias formas de comprenderla y superarla. En términos generales pueden identificarse al menos tres grandes vertientes teóricas en el análisis: a) la tecnocéntrica, b) la biocéntrica y c) la sustentable. (Ver cuadro 1.2)

- a) La primera considera el universo material del planeta tierra como infinito, al igual que los recursos y espacios de vertido, de tal suerte que plantean el “desarrollo sostenible” basados en la creencia de que el planeta puede seguir soportando un crecimiento económico paulatino y sostenido en el marco del liberalismo económico, la tecnociencia y la organización burocrática de la sociedad.<sup>20</sup>

Se encuentra enmarcada en una mirada mecanicista y utilitaria del mundo, basada en el método creado por Bacon que enfatiza la manipulación, el control y la medición cuantitativa. En este sentido, la creatividad tecnológica permite la existencia de una sustitución perfecta entre los factores productivos, terminando así con el concepto de escasez absoluta y donde el mercado es el mecanismo más confiable para decidir como deben asignarse los recursos. La técnica se coloca como la fuente suprema de

<sup>19</sup> Úrsula Oswald Spring, *Fuente avejuna o caos ecológico*, Colegio de Tlaxcala, CRIM-UNAM y Fundación Böll, México, 2002.

<sup>20</sup> Anisar M. Rahman, y Orlando Fals Borda, “La situación actual y las perspectivas de la Investigación - Acción - Participativa en el mundo”, en *La Investigación - Acción - Participativa. Inicios y Desarrollo*, (Edición María Cristina Salazar), Santafé de Bogotá, Magisterio, 1989, p. 23.

conocimiento de la realidad y de solución de los problemas del ser humano.<sup>21</sup>

Si aceptamos que la crisis ambiental no es un problema planetario de la cultura occidental, sino una cuestión generada por la mala aplicación de la técnica o por el crecimiento desmesurado de la población, las medidas instrumentales, tanto de carácter técnico como político, resultarían ser las más eficaces, operando como una herramienta apropiada para lograr que los agentes sociales adopten las medidas necesarias para su solución sin poner en cuestión las raíces profundas de la crisis.

- b) La segunda postura reconoce que el hombre debe aprenderse integrado en el seno de ecosistemas, y sujeto -en sus actividades-, a las limitantes ambientales; por tanto, no podrá mandar sobre la naturaleza más que obediéndola. Esta noción biocentrista de la crisis ambiental propugna por una dictadura de la naturaleza sobre lo esencialmente humano. En ella los seres humanos no tienen más opción que seguir como modelo de comportamiento los dictados de la naturaleza. La postura más radical de esta concepción confiere los mismos derechos a humanos, animales y plantas de disfrutar de los bienes de la naturaleza, al mismo tiempo plantea que el capital humano y el capital natural son complementarios, por ello, la sociedad debe descentralizarse, la riqueza redistribuirse y la economía sólo puede crecer por la vía de aumentar la eficiencia ecológica y no por aumentar el capital construido. Expresa con claridad su pesimismo frente al desarrollo tecnológico, al cual se ve como responsable de que la capacidad de la biosfera de soportar la vida esté llegando a su límite.<sup>22</sup>
- c) La tercera noción parte de que la crisis ambiental surge de la relación cultura-naturaleza, la cual se caracteriza por tener un alcance planetario que supera las barreras de los Estados- Nación y los intereses individuales de los seres humanos. A diferencia de otras crisis ambientales ocurridas en otras culturas y otros tiempos, la actual tiene sus raíces en el surgimiento de la modernidad occidental en la Edad Media, pues se sustenta en un ideal de ciencia universal que fragmentó y matematisó el mundo y sobre la cual se construyó el mito del progreso infinito de nuestra sociedad. Ese ideal de progreso se expresa hoy en un "estilo de desarrollo", cuyo eje es la eficiencia y el rendimiento económico. Esta visión recibe el influjo de las corrientes antes comentadas, intentando

---

<sup>21</sup> Lewis Mumford, "Técnica y civilización", en *Utopías del Renacimiento*, Fondo de Cultura Económica, México 1995, p. 73.

<sup>22</sup> Anisar M. Rahman, y Orlando Fals Borda, *op. cit.*, p. 25.

evitar los excesos de amabas. Se plantea que para guiar el desarrollo debe apartarse del statu quo actual. Enfatiza la interdependencia entre el capital humano y el natural, llama a los seres humanos a poner su conducta en un perspectiva ética, se plantea dudas sobre el desarrollo tecnológico, enfatiza la calidad de vida y ve a los ecosistemas llegando al limite de su capacidad de continuar aportando sus vitales servicios ecológicos.<sup>23</sup>

**Cuadro I. 2.- Paradigmas medioambientales**

Supuestos Básicos	Visión		
	Tecnocéntrica	Sustentable	Biocéntrica
<b>I. Dimensión Ética</b>			
1. Imagen del Planeta	Gran máquina	Sistema soporte de vida	Fuente de vida
2. Seres humanos/naturaleza	Disociados	Interdependientes	Integrados
3. Rol seres humanos	Dominación	Responsables	Sin status especial
4. Lógica	Racionalismo	Red articulada	Holística
<b>II. Ciencia y Tecnología</b>			
1. Resiliencia	Alta	Frágil	Vulnerable
2. Capacidad de Soporte	Sin limites	En el limite	Sobrepasada
3. Población	Sin limites	Estabilización	Disminución
4. Problemas	Menores	Graves	Catastróficos
5. Tecnología	Optimista	Dudosa	Pesimista
6. Innovación Tecnológica	Gran escala/centralizada	Amistosa/desagradable	Apropiada/local
7. Capital Humano/Natural	Sustitución plena	Sustitución parcial	Complementarios
<b>III. Economía/Sociología</b>			
1. Objetivo	Asignación eficiente	Calidad de vida	Integridad ecológica
2. Naturaleza humana	Homo economicus	Homo sapiens	Homo animalist
3. Estructura económica	Mercado	Economía verde	Economía estática
4. Crecimiento	Necesario	Eficiencia ecológica	Innecesario
5. Reducción de pobreza	Chorro	Igualdad de oportunidades	Redistribución
6. Capital Natural	Adecuado	Conservación	Aumento

Fuente: Versión modificada de T. Gladwin; J. Kennelly and T. Shelomith-Krause. 1995. "Shifting Paradigms for Sustainable Development: Implications for Management Theory and Research. In the Academy of Management Review

<sup>23</sup> T. Gladwin/J. Kennelly y TShelomith-Krause, "Shifting Paradigms for Sustainable Development: implications for management Theory and Research", en *The Academy of Management Review*, No. 20, Octubre, 1995, p. 19.

La óptica que pretende seguir este trabajo se encuentra centrada en la sustentabilidad. En este sentido, la crisis del medio ambiente se entiende como algo consustancial a la evolución histórica de la sociedad, la cual se caracteriza por el agotamiento de los recursos, la estrechez de los espacios de vertido y la incapacidad de los sistemas políticos.

El desarrollo sustentable tiene como antecedente conceptual la preocupación por la escasez de recursos naturales y sus consecuencias sobre el crecimiento económico, expresadas desde 1798 por Malthus en su ensayo sobre población; cabe destacar que los factores limitantes en su tiempo se restringían a la tierra y a la capacidad de crecimiento de la oferta de alimentos, por encima de un crecimiento desmedido de la población. Ricardo, compartía su pesimismo con respecto a que la disminución de la rentabilidad de la tierra imponía límites al crecimiento tanto económico como poblacional.<sup>24</sup>

La situación se mantuvo sin cambio hasta 1968, cuando con la publicación del libro de Meadows y Meadows “Los Límites al Crecimiento” se inició el neomalthusianismo, que retomaba la demografía como variable importante a controlar por parte de los países pobres, desde el punto de vista de los ricos. El argumento fundamental fue la necesidad de establecer límites para el crecimiento exponencial de las actividades económicas, la población, la contaminación, debido a que el mundo se consideraba finito en tierra cultivable, yacimientos minerales, recursos energéticos y en la capacidad para soportar la contaminación.<sup>25</sup>

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano de 1972, en Estocolmo, Suecia, se abordaron los problemas que afectaban el bienestar de la población y el desarrollo económico del mundo y el deterioro del ambiente. Estos fueron relacionados con la presión ejercida por el crecimiento de la población, los problemas resultantes de la contaminación industrial (países ricos), mal uso de los recursos naturales y su consiguiente agotamiento (países pobres). Se concluyó que la raíz de los problemas estaba en la falta de desarrollo, por lo que el rápido crecimiento económico se traduciría en el fin de la problemática ambiental.<sup>26</sup>

De la idea anterior surgiría un pensamiento contrario expresado en el concepto de “ecodesarrollo”, elaborado por Ignacy Sachs en la década de los sesenta. Los puntos centrales de su propuesta incluían renunciar a la idea de un crecimiento exponencial e ilimitado y la

<sup>24</sup> Rachel Cavalcanti, “Desarrollo sustentable”, en *II Curso Internacional de Aspectos Geológicos en Protección Ambiental*, Santiago, Cuba, 2000.

<sup>25</sup> Mario Alberto Díaz López, *Desarrollo sustentable: pasado, presente y futuro*, Facultad de Ingeniería y Arquitectura-UR, México, 2003, p. 4.

<sup>26</sup> José Miguel Naredo, *Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible*, marzo, 2000, <http://habitar.aq.upm.es/p2/04>

posibilidad de promover el desarrollo basado en exportaciones masivas de recursos naturales locales, así como detener el creciente proceso de degradación ambiental; desmitificar la creencia en el progreso a través de la ciencia y la tecnología; alterar los patrones de consumo de los países industrializados y de las elites de los países pobres, lo que constituye el compromiso que buscaba conciliar el incremento de la producción con el respeto a los ecosistemas, requerido para preservar las condiciones de habitabilidad de la tierra.

Las referencias al “desarrollo sustentable” como tal, inician con una definición que fue incluida en 1987 en el informe final de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo de la Organización de Naciones Unidas (ONU), conocido como “Nuestro Futuro Común” que decía: “*El desarrollo sustentable es el que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades propias.*”<sup>27</sup> Aunque sería a partir de Río y de las buenas perspectivas que se abrieron tras la Cumbre de la Tierra de 1992, cuando se observa la proliferación de diversas definiciones sobre el vocablo “desarrollo sustentable”. Siguiendo las apreciaciones de Wolfgang Sachs podemos señalar al menos tres discursos principales contrapuestos sobre este tópico, de acuerdo con su interpretación del desarrollo, de sus límites en términos de espacio-tiempo y por la forma de relacionar la ecología y la justicia.

Una primera interpretación o discurso asimila desarrollo y crecimiento sostenible a partir del aumento productivo como medida para atender las demandas ambientales. Es decir, “sólo con más capital será posible sufragar los costos de la recuperación ambiental. Aumentemos el negocio y la “mano invisible” del mercado traerá, como siempre, los remedios”.<sup>28</sup>

Dentro de este acercamiento, “el medio ambiente es la fuerza para impulsar el crecimiento económico, bajo la creencia de que el crecimiento es parte de la solución y no del problema; por tanto, la modernización ecológica y la eco-eficiencia es un nuevo e importante valor de competición mercantil, hecho que lleva impostergablemente a la división del mundo en países deficitarios (Sur) y países de alto rendimiento (Norte) que deben sacar a los primeros de su situación de insuficiencia de capital, tecnología obsoleta, falta de expertos y crecimiento

---

<sup>27</sup> Enrique Provencio y Julia Carabias, “El desarrollo sustentable: ¿Alternativa para América Latina?”, en *Problemas del Desarrollo*, México, octubre-diciembre, 1992, año 4, no. 91, vol. XXIII, p. 16.

<sup>28</sup> E., García, *El trampolín fáustico. Ciencia, mito y poder en el desarrollo sostenible*. Ed. Tilde, Valencia, 1999, pp. 14-25.

económico negativo.”<sup>29</sup>

En segundo lugar, “se halla la modernización ecológica y la economía verde, donde se asume el costo de la defensa del medio ambiente como un bien colectivo, situación que implica la aplicación de impuestos ecológicos en el presente con miras a encontrar soluciones eficaces tecnológicas, económicas y sociales.”<sup>30</sup> En este sentido, considera al planeta como un objeto y a la sostenibilidad como un reto para la gestión global, el escenario donde se debe actuar ya no es el Sur sino todo el planeta en su conjunto. “Esto conlleva la puesta de sus miras en la unificación política mundial, normativas internacionales, sistemas de información globales, pactos multilaterales y consejos mundiales de distintos tipos para un Plan Marshall planetario.”<sup>31</sup>

En tercer plano se encuentran las interpretaciones que “además de la característica “eficiencia”, incluyen la “suficiencia” y reivindican una transformación ecológica estructural y no decorativa de las relaciones sociales, con marcado énfasis en los cambios de producción y consumo, acompañados de la justicia social, la equidad y la democracia participativa como herramientas de cambio político.”<sup>32</sup>

Esta tercera perspectiva ve al desarrollo sustentable ligado a la vida local. “Desde este ángulo, la causa principal de la degradación ambiental es el desarrollismo, enfermedad a combatir y la justicia social un elemento de debate prioritario en el Norte y en el Sur a la hora de discutir las necesidades a atender. Enfrentarse a la oligárquica dominación de los recursos del planeta por el Norte significa discutir y revisar los fines, más que los medios. Hablar de eficiencia no sirve de nada si no se aporta equidad y suficiencia.”<sup>33</sup>

Finalmente, debe señalarse que desde la Cumbre de Río hasta la de Johannesburgo la primera perspectiva ha marcado la pauta de la discusión medioambiental. No obstante, en esos foros internacionales también se han contrastado las diferentes maneras de entender el desarrollo sustentables y se ha apuntado la necesidad de considerar tres vertientes del problema: la social, la ambiental y la económica, como punto indispensable para iniciar una reconciliación con la

---

<sup>29</sup> Apuntes del Dr. Manssur Mohammadian autor de *Bioeconomics. Interdisciplinary Study of Biology, Economics and Education*. 2004, Madrid, España.

<sup>30</sup> Apuntes de la Dra. Ana Ma. Yabar Sterlin, *Seminario Instrumentos Económicos de Protección Ambiental*, UCM, 2004, UCM, Madrid, España.

<sup>31</sup> I., Barcena, “De qué hablamos cuando hablamos de desarrollo sostenible” en *AA.VV. Hacia un desarrollo rural sostenible ECOS/Asoc.* Cambalache, Cantabria, 2001.

<sup>32</sup> Luis Jiménez Herrero, *Economía, Energía, Ecología y Medio Ambiente ante un Nuevo Paradigma*, Ed. Pirámide, 1982, Madrid, España, p.463.

<sup>33</sup> W., Sachs, “Sustainable Development” en *The International Handbook of Environmental Sociology*, Edward Elgar, Redclift & Woodgate (eds), Cheltenham, G.Bretaña, 1997.

naturaleza.

De aquí podemos derivar dos grandes concepciones terminológicas: el desarrollo sustentable y el sustentable. El primero se refiere a modificaciones técnicas para seguir el modelo de crecimiento propuesto por el sistema económico dominante; mientras que la sustentabilidad, no se refiere sólo a un problema limitado de adecuaciones ecológicas a un proceso social, sino a una estrategia o modelo distinto de sociedad con viabilidad económica y factibilidad ecológica, donde se promueve la igualdad inter e intrageneracional sin dañar a los recursos naturales. Se trata de una redefinición de las relaciones sociedad humana-naturaleza, proceso que se topa con restricciones tecnológicas, culturales, económicas, y de poder, de las cuales depende su aplicación. La última definición es la que impregna el sentido de este trabajo.

El problema de la sustentabilidad del desarrollo nos remite a la contradicción existente entre necesidades humanas y capacidades del mundo natural para afrontarlas, sin duda una característica que siempre ha estado presente en la evolución de nuestra especie y que se refiere a las interacciones entre las sociedades humanas con su entorno a lo largo del tiempo y las consecuencias que de ello se derivan para la sociedad-naturaleza.

Lo que se cuestiona es el estilo de desarrollo depredador de la naturaleza y envilecedor de la condición humana, sobre la cual se sustenta la producción de mercancías, la industria, que basa su crecimiento en el desarrollo científico y tecnológico. Esto permite aseverar que la crisis del medio ambiente es una crisis de la civilización occidental. Por lo tanto, para salir de ella, se requiere construir un nuevo proyecto de sociedad que cambie la relación de los seres humanos entre sí, con la naturaleza y con su propio destino. Ello implica contraponer valores tales como cooperación, asociación, pluralismo, solidaridad, participación, en oposición a valores de competencia, individualismo, competencia, uniformidad, dominación, pero sobre todo, es un llamado a la transformación de los métodos de producción y de los patrones de consumo sustentados en el equilibrio ecológico y el soporte vital del sistema.<sup>34</sup>

No obstante, “esta es una alternativa utópica que sólo vendrá si un prolongado y severo infortunio en las naciones industrializadas la hace atractiva y si el crecimiento económico y el consumismo pueden ser removidos del reino de la ideología. Pero es más probable que en el futuro aumenten las inversiones para solucionar problemas, para incrementar la complejidad total

---

<sup>34</sup> Galo Muñoz Arce, *El desarrollo humano sostenible*, en [www.ecoportail.net/articulos/desarrollo.htm](http://www.ecoportail.net/articulos/desarrollo.htm)

y para disponer de más energía.”<sup>35</sup>

En este orden de ideas podemos retomar dos tendencias marcadas en nuestras relaciones con el mundo natural, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente:

1. "El ecosistema mundial se ve amenazado por graves desequilibrios en la productividad y en la distribución de bienes y servicios, lo cual se expresa en una brecha cada vez mayor e insostenible entre la riqueza y la pobreza que amenaza la estabilidad de la sociedad en su conjunto y, en consecuencia, el medio ambiente mundial.
2. El mundo se está transformando a un ritmo cada vez más acelerado, pero en ese proceso la gestión ambiental está retrasada con respecto al desarrollo económico y social.”<sup>36</sup>

Así pues, la política ambiental continúa siendo un elemento molesto dentro de las decisiones de Estado que se haya supeditada a los designios del crecimiento económico, es decir, atado al concepto real de desarrollo antiguo, mientras que empieza a tomar su lugar el de “desarrollo humano sustentable”, que implica la sapiencia de saberse equitativo, culto, solidario y capaz de ofrecer a sus relaciones con el mundo natural la armonía que caracterice a las relaciones de su mundo social. Se trata, entonces de la lucha por una relación más equitativa entre los humanos y el mundo natural, afirmando el valor de uso de todas las formas de vida contra los intereses de la riqueza, el poder y la tecnología.

En este punto podrían retomarse las ideas sintetizadas por José Martí en 1891: *"No hay batalla entre la civilización y la barbarie, sino entre la falsa erudición y la naturaleza"*; refiriéndose a la contradicción presentada por el desarrollo como mito organizativo en su estrecha asociación con el crecimiento económico o la acumulación incesante de ganancias como objetivo primordial de las relaciones que los seres humanos establecen entre sí y con el mundo natural en la producción de su vida cotidiana. Representa el conflicto entre una acción humana encaminada a la reproducción incesante de la ganancia a escala mundial, y las necesidades de la reproducción de la vida a escala de la biosfera global, constituye justamente el núcleo ético de la sostenibilidad que reclama la crisis en que han desembocado las relaciones que hemos venido construyendo con la naturaleza a lo largo de los últimos 500 años y, en particular, desde mediados del siglo XIX a

---

<sup>35</sup> Ibid.

<sup>36</sup> CEPAL, “Perspectivas y desafíos ambientales”, en *La Dimensión Ambiental en el Desarrollo de América Latina*, CEPAL No. 58, Mayo de 2001, Santiago de Chile, [www.eclac.org](http://www.eclac.org), p. 227

nuestros días.<sup>37</sup>

Vale la pena acercarnos a las ideas expuestas por Ehrlich (neomalthusiano) respecto del papel protagonista del ser humano y su economía en la degradación de la naturaleza a nivel global, quien afirma: "*la enfermedad letal (de la Tierra) es la expansión de la población humana y su economía, como gigantesca plaga que arrasa con la vida animal y la capa vegetal del Planeta: el ecocidio.*"<sup>38</sup> Este enfoque ilustra asertivamente cómo la depredación ecológica está en estrecha relación con los patrones de conducta humanos en las diversas esferas de la biosfera, lo que traducido en elementos concretos se refiere a los esquemas de producción y consumo excesivos, por ello la propuesta de sustentabilidad se avoca a incidir ellos, tanto a nivel internacional, como local, donde los siguientes criterios pueden ser de utilidad:

1. "Minimización del uso de la energía y materias primas.
2. Conservación preventiva de la naturaleza.
3. Reutilización de materiales de desechos.
4. Minimización de la contaminación.
5. Sustitución de recursos no renovables y sustancias peligrosas para el ambiente y las personas.
6. Responsabilidad individual y colectiva.
7. Ética.
8. Transformación del consumo suntuario por el básico.
9. Mayor calidad de vida."<sup>39</sup>

Es indudable que el problema ecológico por el que atraviesa el planeta es responsabilidad de la actividad humana (contaminación de la tierra, aire y mar; agotamiento del agua dulce; tala indiscriminada de los bosques; desertificación acelerada; pérdida de biodiversidad; calentamiento global, entre otros), así que esta en sus manos evitar que el progreso de su especie acabe con la vida de las otras formas de vida y de la suya propia, pues al desaparecer de la Tierra los satisfactores necesarios para sobrevivir y siendo aún remota la posibilidad de encontrarlos en otro planeta, tiene la ardua tarea entonces de cuidar lo que hoy posee y que tan amablemente le brinda

---

<sup>37</sup> J. R. McNeil, *Something New Under The Sun: An Environmental History Of The Twentieth Century World*, Global Century Series, 2001.

<sup>38</sup> Manuel Millor Mauri, "Viabilidad ecológica y la nueva geopolítica", en *Relaciones Internacionales*, México, julio-septiembre, 1994, No. 63, p. 43.

<sup>39</sup> Dora Rodríguez, "Tecnología, competitividad y medio ambiente", en *Relaciones Internacionales*, México, julio-septiembre, 1994, No. 63, p. 20.

la naturaleza terrestre, ya que los estudios científicos demuestran que en lo que se conoce del espacio exterior no existe un lugar adecuado donde sea posible que el hombre encuentre todos los elementos y condiciones básicas para la vida humana.

En este sentido, una vertiente por donde se puede comenzar a establecer una nueva relación con la naturaleza es en el sector energético, lo cual indudablemente repercutiría en otras esferas de la actividad humana a favor de la protección medioambiental.

Para lograr una mejor comprensión del tema, en los siguientes apartados se presenta una visión histórica de las fuentes energéticas, para comprender la preponderancia de los combustibles fósiles; se hace la referencia indiscutible del cambio climático como una de las principales consecuencias del actual modelo energético imperante en el mundo; finalmente, se aborda el papel que pueden jugar las energías renovables en este entramado.

### 1.3. Fuentes de Energía

Los recursos naturales susceptibles de ser aprovechados para la realización de trabajo, como el petróleo, gas natural, carbón, átomo, viento, sol, agua y vegetales, son conocidos con el nombre de *recursos energéticos* o *fuentes de energía*, los cuales, para cumplir dicha función, requieren –cada uno- de un proceso tecnológico diferente.

En este orden de ideas, resulta pertinente comenzar por la clasificación de las fuentes energéticas, ya que cuentan con diferencias importantes, como: origen de extracción; valor energético; nivel de impacto económico y ambiental; y, tecnología empleada para su explotación.

La primera gran división de las fuentes energéticas, es la diferenciación entre energías renovables y no renovables, cada una de las cuales, a su vez, cuenta con otra subdivisión. Así, por ejemplo, encontramos en las no renovables, recursos como el petróleo y sus derivados, el gas natural y el carbón; mientras que, en el rubro de renovables, tenemos: el agua, el sol, el viento y los residuos animales y vegetales.

**Cuadro 1. 3.- Clasificación esquemática de las fuentes de energía.**

<b>Fuentes de Energía</b>		
<b>No Renovables</b>	<b>Combustibles Fósiles</b>	<b>Petróleo y derivados</b>
		<b>Gas Natural</b>
		<b>Carbón</b>
	<b>Nuclear</b>	
<b>Renovables</b>	<b>Eólica (Viento)</b>	
	<b>Solar (Sol)</b>	<b>Fototérmica</b>
		<b>Fotovoltaica</b>
	<b>Hidráulica (Agua)</b>	
	<b>Biomasa (Residuos Vegetales y Animales)</b>	
	<b>Geotérmica (calor interno de la Tierra)</b>	
	<b>No Renovable</b>	<b>Hidrógeno</b>

Elaboración propia en base a datos extraídos de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), [www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)

Las fuentes de energía no renovables son recursos naturales finitos. Esto significa que, dichos energéticos, al ser expuestos a una explotación prolongada se agotan, sin posibilidad de renovarse mediante el proceso biológico natural, es decir, carecen de la capacidad necesaria para reproducirse a sí mismos, pues son resultado del trabajo de la naturaleza por largos años y de condiciones específicas, aunque pueden ser reutilizados a través de un proceso de reciclaje industrial.

En el mundo son la principal fuente de energía, por ello deben ser considerados en cualquier tratado sobre energía, ya que son un punto de referencia obligado para estudiar los avances y retrocesos que han sufrido las políticas públicas energéticas a nivel nacional e internacional.

Los recursos renovables son aquellos que poseen vida animada y que tienden a conservarse o reproducirse a través de un ciclo biológico, como son: los bosques, la flora, la fauna, el agua, etc.

Sin embargo, la mano del hombre puede modificar o impedir el cumplimiento de los ciclos naturales evitando la reproducción de los mismos, dando como resultado la escasez de dichos recursos.

Podemos considerar como fuentes de energía renovables los siguientes elementos presentes en la naturaleza: el viento (energía eólica), el agua (hidroenergía), el sol (energía solar), el calor interno de la tierra (geoenergía), el hidrógeno, los desechos vegetales y animales (bioenergía).

### **1.3.1 Descripción de las fuentes de energía**

#### **a) Petróleo.**

El petróleo es una mezcla de compuestos denominados hidrocarburos. Fue originado a partir de restos fósiles de organismos vivos, que quedaron atrapados a grandes profundidades respecto a la superficie terrestre durante largos periodos de tiempo. Es un líquido espeso y aceitoso de color oscuro, formado por carbono, hidrógeno, y en menor proporción, azufre, nitrógeno, oxígeno y otros materiales.<sup>40</sup>

Los principales *derivados* del petróleo empleados en la generación de energía son: gasolina, diesel, gas licuado propano (GLP), gas butano, queroseno, combustóleo y algunas clases de gas natural.

---

<sup>40</sup> Susana Chow Pangtay, *Petroquímica y Sociedad*, Colección "La Ciencia para Todos", No. 39, SEP, FCE, CONACYT, México, 1998, pp. 21-32.

**b) Carbón.**<sup>41</sup>

Se formó por la descomposición de materia orgánica, principalmente plantas terrestres; con el paso del tiempo las bacterias fueron obteniendo más carbono y perdiendo oxígeno e hidrógeno. Este proceso, más los incrementos de presión y temperatura, provocaron cambios físicos y químicos en los restos orgánicos, transformándolos en grandes masas de bosque petrificadas y es lo que hoy conocemos como carbón, el cual está compuesto de carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre, cenizas y otros elementos en menor cantidad como el potasio, calcio, sodio, magnesio, etc. Las variedades de carbón son antracita, hulla, lignito y turba.

**c) Gas Natural.**<sup>42</sup>

El gas natural es una mezcla de gases que se obtiene en casi todos los yacimientos petrolíferos. Estos gases son el metano, etano, propano, butano, pentano, nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, helio y argón. Es incoloro, inodoro, insípido, sin forma particular y más ligero que el aire; se encuentra en yacimientos en solución o en fase gaseosa con el petróleo crudo, o bien, en yacimientos que no contienen aceite, al primero se le llama gas asociado y al segundo no asociado.

**d) Núcleo-energía.**<sup>43</sup>

Es obtenida mediante la fisión de los átomos pesados o la fusión de los átomos ligeros. Una planta de energía nuclear controla la reacción en cadena que produce el calor que mueve la turbina del generador.

**e) Eólica.**<sup>44</sup>

Es aquella que se obtiene del aprovechamiento de las corrientes de aire. Estas corrientes impulsan aspas, que a su vez ponen en funcionamiento generadores eléctricos que producen corrientes eléctricas. Se considera que vientos con velocidades promedio entre 5.0 y 12.5 metros por segundo son los aprovechables.

El viento contiene energía cinética (de las masas de aire en movimiento) que puede convertirse en energía mecánica o eléctrica por medio de aeroturbinas, las cuales se componen por un arreglo de aspas, generador y torre, principalmente. Las aeroturbinas pueden ser clasificadas, por la posición

---

<sup>41</sup> Datos extraídos de varias fuentes: Juan Tonda, *El oro solar y otras fuentes de energía, la ciencia para todos*, 119, CFE, 1998. / Jennifer Charles, *Energía Renovable: Tecnología de punta para utilizar otras fuentes de energía*, EDAMEX, 1995. / Consumer energy center glossary, en [www.consumerenergycenter.org/glossary.html](http://www.consumerenergycenter.org/glossary.html). / [www.appas.es](http://www.appas.es).

<sup>42</sup> Ibid.

<sup>43</sup> Ibid.

<sup>44</sup> Ibid.

de su eje, en horizontales y verticales.

De manera muy general, con un aerogenerador cuyas aspas tienen un diámetro de 40 metros y sujeto a vientos con velocidad promedio de 8 metros por segundo, se pueden tener 600 kW de capacidad, lo cual es suficiente para proveer de electricidad a un conjunto habitacional de 200 departamentos.

#### f) Solar.<sup>45</sup>

La energía irradiada por el Sol proviene de la fusión de los núcleos atómicos que lo componen. Los tipos de energía que se obtienen del Sol son:

*Energía solar fototérmica.* Los sistemas fototérmicos captan la radiación solar y la transfieren a un sistema, que generalmente es un fluido. Esta energía en forma de calor se usa para procesos químicos, calentar edificios, agua, mover turbinas, generar electricidad, secar granos o destruir desechos peligrosos.

*Energía solar fotovoltaica.* Los sistemas fotovoltaicos convierten directamente la radiación solar en electricidad. Las celdas fotovoltaicas se fabrican principalmente con silicio, aunque están surgiendo nuevos materiales con mayor eficiencia y menor costo que este abundante elemento. La conversión directa de la parte visible del espectro solar es, quizá, la vía más ordenada y estética de todas las que existen para el aprovechamiento de la energía solar. Desafortunadamente esta tecnología no se ha desarrollado por completo en México. Si bien los módulos fotovoltaicos son relativamente simples, su fabricación requiere de tecnología sofisticada que solamente está disponible de forma confiable en algunos países como Estados Unidos, Alemania, Japón y España, entre otros.

#### g) Hidráulica.<sup>46</sup>

La energía hidráulica se obtiene a partir de las corrientes de agua, como los ríos. El mayor aprovechamiento de esta energía se realiza en los saltos de agua de las presas y cascadas. En el mar, por ejemplo existen diversas maneras de extraer la energía aprovechando las diferentes propiedades del agua marina: las mareas (mareomotriz), las olas, la diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo y la salinidad.

---

<sup>45</sup> Ibid.

<sup>46</sup> Ibid.

**h) Geoenergía.** <sup>47</sup> (Calor interno de la Tierra)

Puede considerarse como la energía encerrada en la tierra en forma de calor. Este calor se difunde en el interior hasta escapar. Como ejemplo podemos citar a los volcanes y los géiseres.

**i) Biomasa.** <sup>48</sup>

Las plantas acumulan energía a través de la fotosíntesis donde, alimentadas por la energía solar, separan las moléculas de bióxido de carbono, acumulando el carbono en forma de hidrocarburos y soltando el oxígeno.

En el aprovechamiento de la biomasa como fuente energética se emplean, principalmente, árboles, aceites residuales, desechos animales y vegetales.

*Leña:* La forma más común de biocombustibles sólidos es la leña, que aún en la actualidad cubre casi 50% de las necesidades energéticas en los países en vías de desarrollo. Es aún tan importante el uso de la leña como energético, que existen plantaciones de árboles de rápido crecimiento, como el eucalipto, que se denominan plantaciones energéticas, cuyo propósito es producir madera para combustible. Como referencia al potencial de la biomasa, un metro cúbico de leña es suficiente para permitir que 5 personas tengan suficiente calor para calentar agua para 108 baños de 15 minutos cada uno.

*Fermentación:* Los procesos de fermentación de alcohol y su destilación son conocidos y empleados por las sociedades humanas desde la antigüedad para la producción de vinos y aguardientes. A través de este mismo proceso es posible obtener etanol, un alcohol que se emplea actualmente como combustible en la sustitución de la gasolina o mezclado con ella, y como insumo en la obtención de productos químicos (vitaminas, antibióticos, solventes y otros) La caña de azúcar, el sorgo dulce, las frutas y la remolacha son los cultivos más fácilmente convertibles en etanol; los azúcares base de la fermentación se obtienen con pretratamientos suaves tales como prensado, corte o lavado de los cultivos. Los procesos de fermentación tienen una eficiencia de conversión muy alta, ligeramente superior al 85%. En Brasil, existen automóviles que aprovechan el biocombustible mezclado con gasolina en una proporción de 60 y 40 respectivamente.

---

<sup>47</sup> Ibid.

<sup>48</sup> Ibid.

*Biometanación.* Los desperdicios orgánicos o biomasa con alto contenido de humedad se alimentan a un recipiente llamado digestor biológico. Por la acción de microorganismos adecuados, la materia orgánica se transforma en biogás (una mezcla de bióxido de carbono y metano esencialmente), que puede aprovecharse como combustible, produciéndose además lodos residuales que puede emplearse como mejoradores de suelos o fertilizantes.

*Biogás de los rellenos sanitarios.* El biogás también se produce en rellenos sanitarios, que contienen gran proporción de desechos orgánicos húmedos, y en donde existen las condiciones adecuadas para que proliferen las bacterias anaerobias que al digerir esos desechos producen el metano y el bióxido de carbono en el interior del relleno. Por ejemplo, un relleno sanitario de la Ciudad de México con 5.6 millones de toneladas de residuos sólidos produce suficiente biogás para alimentar una planta de 5 MW de capacidad para operar durante 10 años.

#### j) **Hidrógeno.**<sup>49</sup>

Las celdas de hidrógeno son equipos que a través de las reacciones electroquímicas, la reducción del oxígeno y la oxidación de un combustible (regularmente hidrógeno), transforman la energía química de estos elementos en eléctrica y calorífica, al final del proceso se obtiene como residuo “agua”. La obtención de hidrógeno requiere del empleo de electricidad, la cual puede derivarse tanto de energías fósiles como renovables como el sol.

Como puede observarse el hombre cuenta con variadas fuentes de energía. Cada una de ellas requiere tecnología específica para obtener la “capacidad de realizar trabajo”, lo cual permite al hombre satisfacer sus necesidades energéticas.

Asimismo, las características tecnológicas particulares significan una diferencia cualitativa importante en cuanto a su impacto social, político, económico y medioambiental.

En términos generales puede hacerse un breve comparativo entre las fuentes de energía renovables y no renovables:

1. Las primeras evitan la dilapidación de recursos naturales, utilizan tecnología todavía en desarrollo e implican necesariamente un cambio en las instalaciones actuales de producción de energía que en economía significa una fuerte inversión/gasto, sin embargo, prácticamente no generan residuos y a la larga constituyen ganancias importantes en el sentido medioambiental;

---

<sup>49</sup> Ibid.

2. las segundas al haber predominado desde la Revolución Industrial y seguir vigentes están presentes en las instalaciones de los países, para continuar con su evolución requieren pequeños cambios y adaptaciones tecnológicas, pero en contraparte constituyen una excesiva explotación de recursos naturales, con la consiguiente obtención de los desechos contaminantes que tienen en jaque nuestro *sistema bioesférico*<sup>50</sup>.

Resulta importante puntualizar que no existe ningún proceso de producción de energía con cero contaminación, pero las energías renovables pueden ser una opción adecuada para evitar al máximo los efectos negativos provocados por dicha actividad.

Atendiendo la anterior puntualización se ha desarrollado todo un pensamiento a favor del impulso a las energías renovables y que es abordado dentro de este capítulo en los apartados finales, ya que ello refuerza el sentido de este trabajo que es exponer las ventajas que podrían brindar tales fuentes energéticas a México como opción estratégica de desarrollo.

### **1.3.2 Desarrollo de las Fuentes de Energía**

Este apartado tiene el objetivo de llevar al lector por un viaje a través de la historia, tratando de dilucidar la forma en cómo las energías renovables fueron sustituidas por las fósiles y se convirtieron en el motor del desarrollo actual de la humanidad, para en el próximo inciso expresar el contexto en el cual proliferan las ideas ecológicas a favor del aprovechamiento de la energía generada a partir de tecnologías amigables con el ambiente.

Desde que el ser humano habita la Tierra, la energía y su aprovechamiento han sido protagonistas de la relación establecida entre el hombre y la naturaleza, la cual se ha ido modificando a lo largo de millones de años.

Al comienzo de la civilización humana, el fuego fue la energía que el hombre usó para mejorar su calidad de vida, poniéndolo por encima del resto de los seres vivos que habitan el planeta, ya que le permitió, entre otras cosas, diversificar sus alimentos, afrontar las bajas temperaturas y defenderse de sus depredadores (era paleolítica). Durante milenios la madera de los bosques constituyó el principal combustible, de esta manera se liberó la energía solar

---

<sup>50</sup> El Dr. Mansour Mohammadian considera a la Tierra como un ser vivo y lo nombra sistema bioesférico, pues con los límites impuestos por la biosfera todo lo que ocurre dentro es tal como un cuerpo humano limitado por la piel, en constante interacción. Mansour Mohammadian, *Bioeconomics. Interdisciplinary Study of Biology, Economics and Education*, Madrid, España, 2004.

almacenada mediante la fotosíntesis en forma de carbono en las ramas y troncos de los árboles para constituirse en el motor material de las antiguas civilizaciones, sobre todo en lo que respecta a la reducción de minerales y la obtención de metales como el bronce y el hierro (era neolítica), las cuales posibilitaron al hombre el moldeado de utensilios, armas, herramientas metálicas y joyas, primero en África, aunque destacan algunos hallazgos en Turquía e Irán y, por supuesto, los sumerios. Todavía en 1850 la madera proveía el 90% de las necesidades de los estadounidenses y actualmente la mitad de la humanidad depende aún de la leña para cubrir sus requerimientos básicos de energía.<sup>51</sup>

Por otra parte, la domesticación y uso de los animales de tiro (bueyes, caballos, burros, camellos, etc.), fue un paso importante, el hombre superó las limitaciones físicas de su propia fuerza muscular y los utilizó para realizar trabajo pesado, sustituyendo en gran medida el quehacer humano.

El desarrollo humano continuó por siglos unido a la búsqueda de nuevas fuentes de energía que facilitarían las labores del hombre, pudiéndose afirmar que a cada nueva fuente de energía y su forma de utilización, tuvieron estrecha correspondencia con las formas de organización política y social de cada estadio de la sociedad humana.

En el Mundo Antiguo, civilizaciones como la china, persa, egipcia, mesopotámica y las culturas mesoamericanas, aplicaron la fuerza del viento y del agua en diversas actividades: mediante el uso de la vela potenciaron el alcance de sus embarcaciones logrando recorrer distancias mayores; los mecanismos hidráulicos les permitieron manipular la cantidad de agua para riego; además, la molienda de alimentos se realizó mediante molinos de viento e hidráulicos.

“Los molinos al parecer fueron desarrollados por los chinos y se propagaron lentamente hacia el Medio Oriente. Ya se usaron en Persia antes del año 1,000 y llegaron a Europa a través de los árabes hacia el año 1,200; dos de sus usos principales fueron el desagüe y la molienda de granos. La segunda forma fue la invención de la rueda hidráulica la cual irrigaba los campos babilónicos hace tres mil años. Los romanos la usaron para proporcionar energía a molinos de harina y aserraderos. En la llamada Edad Media europea generaba energía mecánica para los árabes y los europeos. Las primeras fábricas se colocaron cerca de represas para aprovechar su potencial, y durante cierto tiempo, constituyeron la fuente principal de energía para la industria, esto se modificaría hasta 1712 con la invención del motor de vapor.

---

<sup>51</sup> Francisco Bolaños, *Nuestra América*, UNAM, 1992.

Asociadas con el agua aparecieron en el siglo XVIII las maquinas de vapor, calderas y turbinas que aun utilizamos ampliamente. Perfeccionadas en el siglo XIX integraron una verdadera revolución energética. En 1876, en Alemania, Nicolás Augusto Otto desarrolla el motor de combustión interna generando con ello una gran demanda de gasolina, y en 1892, también en ese país, Rodolfo Diesel patentó un motor que podía usar como combustible el polvo de carbón desechado en las minas. A partir de entonces la demanda de energía se ha incrementado en proporciones astronómicas a la par que se han desarrollado otras formas de obtenerlo y otras fuentes señaladas anteriormente.<sup>52</sup>

“Los primeros combustibles fósiles explotados fueron yacimientos superficiales de asfalto, turba y carbón mineral, el petróleo de filtraciones superficiales y gas de respiraderos de depósitos subterráneos. El asfalto ya se quemaba en el Medio Oriente hacia el año 6,000 a.n.e. El asfalto contribuyo en buena medida a los avances técnicos desarrollados durante el Imperio Babilónico en Mesopotamia entre los años 2,500 y 538 a.n.e., con la caída del imperio disminuyó en gran forma su uso después de esta fecha.

El gas natural proveniente de fisuras en el suelo se mantuvo encendido artificialmente por años e incluso por siglos. Antes del año 1,000 a.n.e. ya se usaba en China para el alumbrado, la calefacción y la cocción de alimentos. Se dice que los chinos perforaban pozos profundos para obtener gas que luego conducían por tuberías fabricadas de bambú. Aunque existían extensos depósitos de carbón en muchas partes del mundo, al parecer solo el pueblo chino realizó su extracción y uso generalizado para hacer frente a la creciente escasez de madera debido a la destrucción de sus bosques.<sup>53</sup>

El carbón fue usado también en Inglaterra en la época de la dominación romana. No obstante, en términos generales fue olvidado junto con los otros combustibles fósiles durante casi 2,000 años. Sabemos que asfaltos y petróleo fueron utilizados por diversas culturas americanas para impermeabilizar sus canoas, como incienso en ceremonias religiosas, como remedios medicinales (por ejemplo entre los totonacas de México) y para limpiar la dentadura mediante su masticación, y lo mismo debe haber sucedido en otras regiones en donde se encuentran yacimientos de ambos a flor de tierra.<sup>54</sup>

Fue hasta 1640 en la actual ciudad italiana de Modena en donde se perforó por vez primera

---

<sup>52</sup> Federico Alberta y Serrato, *El costo energético de la civilización*, 1993.

<sup>53</sup> *Ibid.*

<sup>54</sup> PEMEX, *El Petróleo*, PEMEX, 1971, p. 5.

un pozo y se obtuvo petróleo que fue utilizado en la iluminación de las calles. En Rumania existían ya pozos comerciales en 1650, pero fue hasta dos siglos más tarde en América, en 1859, cuando un pozo perforado en el occidente del estado de Pennsylvania en los Estados Unidos produjo una gran cantidad de petróleo iniciándose aquí su comercialización más extensa, diez años después se exportaba hacia todo el mundo keroseno para lámparas.<sup>55</sup>

La revolución industrial inició con el uso del carbón mineral en sustitución de la leña y el grado de tecnologías desarrolladas hasta ese momento. “El carbón cobraria mayor importancia [con la invención de la máquina de vapor (1765), la cual transformaba al vapor en fuerza motriz. Esta energía, muy pronto] sustituyó en los países industrializados, a las velas de los barcos, la fuerza de tracción de los animales en los carruajes y a las locomotoras.”<sup>56</sup>

“Entre 1860 y la Primera Guerra Mundial el carbón terminó desplazando por completo a la madera como principal combustible; en el periodo de entre guerras el petróleo sustituyó al carbón. En los inicios del siglo XX, el petróleo se convirtió en la fuente de energía más importante para los países, comenzó a utilizarse de manera comercial a mediados del siglo XIX como lubricante y materia prima para alumbrado hasta finales de la Primera Guerra Mundial. La expansión del automóvil favoreció el surgimiento de la producción, con lo que comenzó su carrera hacia la condición de principal fuente de energía primaria. Después de la Segunda Guerra Mundial completó sus aplicaciones como la materia prima de la industria petroquímica.”<sup>57</sup> Durante la posguerra el petróleo fue estrechamente ligado a los sectores productivos de las débiles economías de los países europeos, formando de esta manera una de las bases más importantes para la recuperación industrial y hoy en día de acuerdo al proceso de refinación que se utilice, se pueden obtener del petróleo y sus derivados más de dos mil productos (Ver cuadro 1.4), los cuales no son objeto de estudio de este trabajo, pero se consideró importante establecer en que grado el petróleo y sus derivados actualmente forman parte de nuestras vidas; es decir como esta variedad de productos afecta nuestra cotidianidad.

A la par del desarrollo petrolero, el gas natural ha crecido rápidamente como consecuencia del desarrollo de las redes de gasoductos y de los sistemas de almacenamiento. Hoy en día, en especial después de las crisis petroleras, el gas natural se ha convertido en una importante fuente de energía, de hecho tanto en México como en España pueden observarse las obras para hacer llegar el gas

<sup>55</sup> O. Russell, "History of energy resources", en *Encyclopaedia Britannica*, Chicago, 1975, tomo 6. p. 854.

<sup>56</sup> Juan Tonda, *El oro solar y otras fuentes de energía*, Colección "La Ciencia para Todos", No. 119, SEP, FCE, CONACYT, México, 1998, p. 99.

<sup>57</sup> PEMEX, *El petróleo. Anuario Estadístico de PFMEX*, julio, 2002, varios números México [www.rolac.imep.mx](http://www.rolac.imep.mx)

natural a los consumidores residenciales sobre todo en la Ciudad de México y Madrid.

**Cuadro 1. 4.- Productos derivados del petróleo**

PRODUCTO	USO
ACPM o diesel	En camiones y autobuses
Asfaltos	Material para sellar en la construcción
Alquitrán aromático	Materia prima para la elaboración de llantas y diluyente
Acido nafténico	Preparación de sales metálicas como naftenatos de calcio, cobre, zinc, plomo, cobalto, etc. que se aplican a pinturas, resinas, poliéster, detergentes y fungicidas
Alquilbenceno	En todo tipo de detergentes, para elaborar plaguicidas, ácidos sulfúricos y en la industria de curtientes
Bencina industrial	Materia prima para fabricar disolventes alifáticos y como combustible doméstico
Bases lubricantes	Materia prima para producir aceites lubricantes
Benceno	Fabricación de ciclohexano
Cocinol	Especie de gasolina para consumo doméstico
Combustóleo o fuel oil	Combustible pesado para hornos y calderas industriales
Ceras parafínicas	Materia prima para producir velas y similares, ceras para pisos, fósforos, papel parafino, vaselina, etc.
Ciclohexano	Materia prima para producir ácido atípico con destino al nylon
Disolventes asfálticos	Para la extracción de aceites, pinturas, pegantes y adhesivos; para producir thinner, gas para quemadores industriales, elaboración de tintas, fabricación de productos agrícolas, de caucho, ceras y betunes, y para limpieza en general.
Gasolina de aviación	En aviones con motores de combustión interna
Gasolina motor corriente y extra	En vehículos automotores de combustión interna, entre otros usos
Gas propano o GLP	Combustible doméstico e industrial
Ortoxileno	Materia prima para producir anhídrido ftálico
Poliétileno	Materia prima en la industria del plástico en general
Queroseno	Se usa en estufas domésticas y equipos industriales
Turbocombustible o turbosina	Gasolina en aviones jet
Tolueno	Se usa como disolvente en la fabricación de pinturas, resinas, adhesivos, pegantes, thinner y tintas, y como materia prima del benceno
Xilenos mezclados	Se usa en la industria de pinturas, de insecticidas y de thinner

Fuente: Esper, Julio-agosto de 2002, *El petróleo*, Colombia, [www.lafacu.com](http://www.lafacu.com) y Tonda, Juan, *El oro solar y otras fuentes de energía*, FCE, México, 2ª ed., 1998, p.150.

Otra fuente de energía que tiene un lugar especial en nuestro mundo es la nuclear o radioactiva. La radiactividad fue descubierta en 1896 e inició una cascada de descubrimientos que revolucionaron al mundo: radiactividad natural, radiactividad artificial, rayos X, rayos catódicos, fusión nuclear, navíos de propulsión nuclear, la primera central nuclear, bombas atómicas, pila atómica, fisión nuclear, entre otros<sup>58</sup>.

Alrededor de la década de los ochenta se pensó que este tipo de energía sustituiría al petróleo,

<sup>58</sup> Pedro Bosch, Silvia Bulbulian y Melania Jiménez, *Pioneros de las Ciencias Nucleares*, Colección "La Ciencia para Todos, No. 120, SEP, FCE, CONACYT, México, 1999, pp. 7-14.

debido a su eficiencia energética, pero cuando comenzó a considerarse el peligro ambiental que representa para el planeta en general y los altos costos de seguridad, dejó de ser una opción viable y dio paso al estudio de energías más benignas con la naturaleza, conocidas también con el nombre de renovables: hidráulica, biomasa, geotermia, solar, eólica e hidrógeno, cuyo desarrollo data de hace muchos años, pero su empleo se ha reducido a aplicaciones concretas, veamos en qué sentido.

En el caso de la energía eólica, podríamos remontarnos al alto paleolítico, aproximadamente entre el 3750-3250, se inventa la vela de barco que impulsaría la navegación. Ya entrados en la Edad Antigua, siendo ampliamente ilustrado con los Egipcios y Fenicios, culturas que se convirtieron rápidamente en expertos navegantes y comerciantes, usando la fuerza del viento para impulsar sus naves de manera más sistemática. Esta tecnología, permitiría posteriormente, la colonización del continente americano, la navegación del océano Atlántico e Índico, gracias a la necesidad de ampliación de las rutas comerciales.<sup>59</sup> “A fines del siglo XVIII, Inglaterra contaba con una flota mercante de 18,000 veleros, lo que nos habla de la importancia que había adquirido la energía eólica. Sin embargo, la aplicación del vapor a la navegación fue revolucionaria, construido de hierro, fue capaz de transportar varios miles de toneladas de carga, incrementó las relaciones comerciales entre los distintos países.”<sup>60</sup>

“Roma (Edad Antigua, 600 a. C.), fue una civilización que utilizó al sol como fuente de energía, para las termas, que eran albercas calentadas por el sol. Durante esta misma época, los romanos, utilizaron la fuerza hidráulica para moler granos, especialmente, trigo y desaguar inundaciones en las tierras bajas, aunque el uso generalizado de la rueda hidráulica para este fin fue hasta la Edad Media, sustituyendo la fuerza animal y humana, ya que hubo una escasez de mano de obra (fracaso en el abastecimiento de esclavos), por tanto, se tuvo que encontrar una respuesta diferente: el desarrollo y la aplicación de fuentes de energía distintas a los músculos humanos.”<sup>61</sup>

Resta hacer una breve referencia al proceso de desarrollo del transporte, motivado por la necesidad de movilizar grandes cantidades de materias primas, dio paso a la utilización de motores de vapor, luego de explosión, eléctricos, turbinas, etc. No puede olvidarse que la aplicación de la energía eléctrica trajo importantes repercusiones en el campo de las comunicaciones: aparece el telégrafo, el teléfono (1869), la comunicación inalámbrica (telegrafía

---

<sup>59</sup> *Ibid.*

<sup>60</sup> *Ibid.*

<sup>61</sup> *Ibid.*

sin hilos), radio (1905), televisión (1936)»<sup>62</sup>

Finalmente, mientras la población humana fue pequeña también lo fue su demanda de recursos energéticos, limitada a lo estrictamente necesario para alimentarse y protegerse mejor. Este tipo de explotación del recurso no provocó una perturbación relevante asociada. Pero al incrementarse la población, primero con la revolución agrícola/urbana, después con la introducción del jabón, la ropa interior de algodón y las crecientes medidas de salud pública (todo ello en Europa y los Estados Unidos), y más recientemente debido a la disminución de las tasas de mortalidad infantil resultado de las vacunas, las mejoras en la alimentación y los antibióticos, la demanda ha crecido enormemente a la par con el incremento en número de la población humana y con el excesivo consumismo de los ricos del planeta.

La producción en masa, ha conducido a la explotación indiscriminada de los recursos energéticos y la búsqueda de su control, esto se puso de manifiesto en 1973, cuando se da la crisis petrolera, en la cual, los países europeos, Estados Unidos y Japón –los mayores consumidores de combustibles-, se plantean desarrollar energías alternativas y disminuir su dependencia de las energías fósiles (carbón, gas, petróleo y sus derivados). Es en esta época, cuando comienza un verdadero desarrollo de las energías alternativas como la geotermia, solar, eólica, biomasa, hidráulica, y su aprovechamiento en las actividades industriales masivas y aeroespaciales.

La década de los 80, significa el surgimiento del concepto de Desarrollo Sustentable –vigente actualmente-, que entre sus objetivos se halla la conservación de las riquezas naturales, las cuales pueden ser salvadas mediante el aprovechamiento de energías más benignas, las renovables. El cuidado ambiental se prolongaría hasta nuestros días, impulsando la formación de organizaciones en pro del medio ambiente, la firma de acuerdos en torno al tema, creación de foros de discusión como las Cumbres Mundiales, hasta llegar en 1997 a la elaboración del Protocolo de Kyoto y cuya vigencia cobrará sentido en el sustentable este año 2005 con motivo de la ratificación por parte de Rusia.

---

<sup>62</sup> *Ibid.*

## 1.4. Cambio Climático

Una de las preocupaciones a nivel internacional prevaleciente en la actualidad se encuentra centrada en el llamado cambio climático, el cual se refiere a la manifestación de alteraciones climatológicas en el sistema Tierra –calentamiento global del planeta y efecto invernadero- de manera drástica en un periodo muy corto de tiempo, directamente relacionado con la contaminación ambiental. Veamos en qué consiste.

El aire atmosférico está constituido por aire seco y vapor de agua en proporciones variables. El aire seco es una mezcla de varios gases: “nitrógeno: 77%; oxígeno: 22%; dióxido de carbono: 0,04% (variable); y otros gases: 0,96% (argón, neón, criptón metano, ozono).”<sup>63</sup> El oxígeno es un elemento básico de la vida pues forma parte de los procesos de combustión; el nitrógeno es un gas inerte; el dióxido de carbono es producto de los procesos de combustión, fermentación y desprendimientos naturales e industriales, de donde también se obtienen otros gases.

Las alteraciones de la composición del aire es un hecho que normalmente se produce por efectos naturales como las erupciones volcánicas, terremotos, incendios forestales, emanaciones de polvo, polen etc., pero las mismas han sido incrementadas en los últimos años por el gran desarrollo tecnológico de la humanidad, sustentada en la explotación de los combustibles fósiles para hacer funcionar complejos fabriles, grandes ciudades, transporte automotor, etc. (Ver cuadro 1.5)

**Cuadro 1. 5.- Gases efecto invernadero en los que influyen las actividades humanas**

	CO <sub>2</sub> (Dióxido de carbono)	CH <sub>4</sub> (Metano)	N <sub>2</sub> O (Óxido nitroso)	CFC-11 (Clorofluoro-carbono-11)	HFC-23 (Hidrofluoro-carbono-23)	CF <sub>4</sub> (Perfluoro-metano)
Concentración preindustrial	unas 280 ppm	unas 700 pptm	unas 270 pptm	cero	cero	40 ppb
Concentración en 1998	365 ppm	1 745 pptm	314 pptm	268 ppb	14 ppb	80 ppb
Ritmo del cambio de concentración <sup>b</sup>	1,5 ppm/año <sup>a</sup>	7,0 pptm/año <sup>a</sup>	0,8 pptm/año	-1,4 ppb/año	0,55 ppb/año	1 ppb/año
Tiempo de vida en la atmósfera	5 a 200 años <sup>c</sup>	12 años <sup>d</sup>	114 años <sup>d</sup>	45 años	260 años	>50 000 años

a El ritmo ha fluctuado entre 0,9 ppm/año y 2,8 ppm/año para el CO<sub>2</sub> y entre 0 y 13 pptm/año para el CH<sub>4</sub> en el período 1990-1999.

b El ritmo se calcula para el período 1990-1999.

c No puede definirse un solo período de vida para el CO<sub>2</sub>, dados los diferentes índices de absorción por diferentes procesos de eliminación.

d Este período de vida ha sido definido como un “tiempo de ajuste” que tiene en cuenta el efecto indirecto del gas en su propio tiempo de residencia.

Fuente: Grupo Intergubernamental sobre Expertos en Cambio Climático, *Tercer Informe de Evaluación sobre Cambio Climático: La base científica*, PNUMA, OMM, 2001, p. 32.

<sup>63</sup> G. T. Miller, *Living in the environment, an introduction to environmental science*, Wadsworth Publishing Co., Belmont, California.

De modo que junto a la industrialización tendiente al bienestar y el aumento del nivel de vida de las personas, aparece el problema de la *contaminación ambiental* constituido por la presencia en el aire de sustancias que implican riesgo de daño para la vida del planeta.

Los contaminantes ambientales pueden ser clasificados en:

· *Primarios*. Son sustancias vertidas directamente a la atmósfera desde los focos emisores como los gases que escapan de las chimeneas de las instalaciones de combustión para generación de calor, energía eléctrica y procesos industriales.<sup>64</sup>

-Gaseosos. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de Carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO), hidrocarburos (HC).

-No gaseosos. Líquidos (hidrocarburos inquemados), sólidos (partículas en suspensión de 0 a 10 micrones de diámetro y por tanto volátiles; partículas sedimentales de diámetro superior a 10 micrones, al ser más pesadas tienden a depositarse sobre el suelo).

- Aerosoles. Producto de la dispersión de contaminantes sólidos y líquidos en un medio gaseoso. Pueden mantenerse en suspensión durante cierto tiempo y su diámetro es de 0,1 a 50 micrones.

· *Secundarios*. No son vertidos directamente a la atmósfera y se producen como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas o fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en la misma.<sup>65</sup>

Existen pruebas fehacientes de que las concentraciones elevadas de contaminantes en el aire son peligrosas para los seres humanos y animales; asimismo se ha comprobado la relación existente entre la contaminación atmosférica y la aparición de dificultades respiratorias y afecciones pulmonares producida por partículas en suspensión de anhídrido sulfuroso. Las plantas muestran una especial sensibilidad a la mayor parte de los contaminantes del aire y sufren daños significativos a concentraciones mucho más bajas que las necesarias para causar efectos perjudiciales sobre la salud humana y animal.

Ahora bien, el calentamiento global está interrelacionado con la contaminación atmosférica,

---

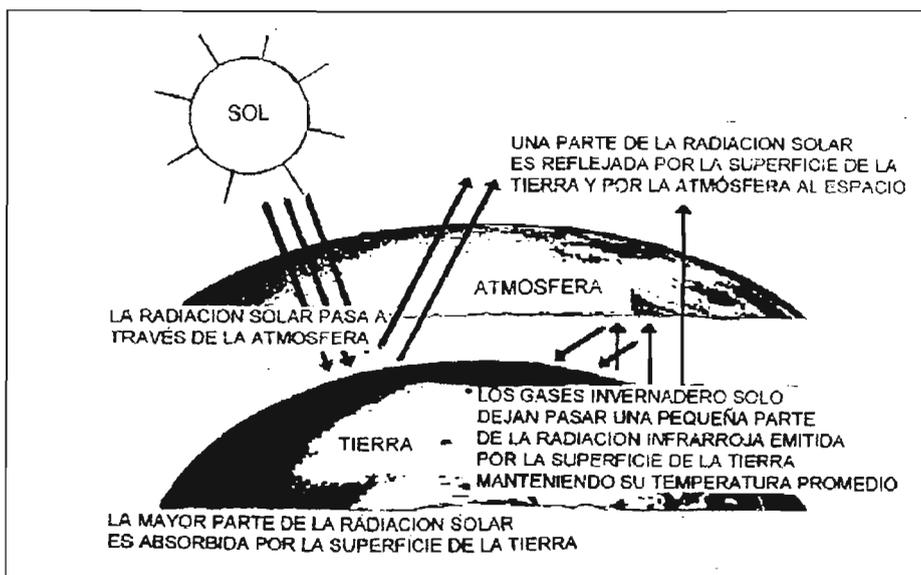
<sup>64</sup> Durante el proceso de combustión de las fuentes de energía fósiles se libera a la atmósfera el azufre contenido en el combustible en forma de anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), junto con otros contaminantes como óxidos de nitrógeno (NO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metales pesados y una gran variedad de sustancias.

<sup>65</sup> La mezcla de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos volátiles reaccionan inducidos por la luz solar, en un complejo sistema de reacciones que forma ozono (O<sub>3</sub>) que es una molécula que sigue reaccionando con otros contaminantes presentes en el aire. Esta reacción se ve favorecida en los casos de fuerte sol y poco viento, ya que dificultan la dispersión de los contaminantes, produciendo el oscurecimiento de la atmósfera dejando un aire teñido de color marrón rojizo cargado de componentes dañinos para los seres vivos y los materiales.

pero tiene su origen en una dinámica propia de la naturaleza que puede ser explicada de la siguiente manera.

Normalmente, la Tierra absorbe cierta cantidad de calor de la radiación luminosa proveniente del sol (90%), los gases que componen la atmósfera absorben las radiaciones infrarrojas, mientras que el resto es reenviado al espacio exterior, manteniendo una temperatura superficial promedio global de aproximadamente 15°C que permite el desarrollo de la vida humana. (Ver figura.2)

**Figura 1. 2.- Proceso de calentamiento global de la tierra**



Fuente: Glosario de Ambiente y Sociedad, [www.ecoport.net](http://www.ecoport.net)

Los gases que forman parte de la atmósfera actúan como el vidrio o el plástico transparente de un invernadero y por ese motivo se denominan *gases de invernadero*, porque actúan bajo el mismo principio, permitiendo el paso de la luz solar e impidiendo escapar el calor en forma de radiación infrarroja.<sup>66</sup>

El efecto invernadero es un fenómeno natural y necesario, producido básicamente por el

<sup>66</sup> En este principio se basa el funcionamiento de los colectores solares térmicos y el desarrollo de la arquitectura solr.

dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el vapor de agua que constituye la humedad y las nubes; y en menor proporción por el metano, óxido nitroso, los clorofluorocarbonos (CFCs) y el ozono, pero ocurre que la concentración de los gases invernadero han aumentado rápidamente en los últimos años como consecuencia de las actividades humanas, por lo cual la energía calorífica almacenada tiende a producir un aumento de la temperatura promedio de la tierra que origina cambios en la temperatura global, fenómeno conocido con el nombre de *cambio climático*.

Las concentraciones atmosféricas de los principales gases antropogénicos de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el ozono (O<sub>3</sub>) troposférico, alcanzaron los niveles más altos jamás registrados durante el decenio de 1990<sup>67</sup>, debido principalmente al consumo de combustibles fósiles, la agricultura y cambios en el uso de las tierras.

Los estudios científicos realizados a este respecto muestran que el aumento de la temperatura de la superficie terrestre durante el siglo XX en el Hemisferio Norte ha sido probablemente superior al de cualquier otro siglo en los últimos mil años.

Cabe señalar que, los estudios de detección y atribución durante los últimos 35 a 50 años han encontrado sistemáticamente pruebas de la relación emisiones de gases efecto invernadero, uso de aerosoles de sulfato y el cambio climático, más que por la actividad de los volcanes y otras condiciones naturales.

De hecho, se ha descubierto que las modificaciones en el nivel del mar, las zonas cubiertas por las nieves, la extensión de las capas de hielo y la precipitación guardan relación con un clima cada vez más caliente cerca de la superficie terrestre.

En el cuadro 1.6 se aprecian los cambios experimentados en la atmósfera, el clima y el sistema biológico terrestre durante el siglo XX, como consecuencia de la actividad humana, lo cual resulta alarmante para nuestra permanencia en el planeta.

Según el informe del IPCC se observa “un ciclo hidrológico más activo, con precipitaciones más intensas, la retirada generalizada de glaciares no polares, el ascenso del nivel del mar, un aumento de la temperatura marina, una disminución de las superficies nevadas y de las capas de hielo marino, tanto en su extensión como en su espesor.”<sup>68</sup>

---

<sup>67</sup> Según la *Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)*.

<sup>68</sup> Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, *Cambio Climático 2001: Resumen para responsables de políticas*, IPCC, 2001, p. 9.

Cuadro 1. 6.- Cambios en la atmósfera, clima y sistema biológico terrestre durante el siglo XX

Indicadores de la concentración	
<p>Concentración atmosférica de CO<sub>2</sub></p> <p>Intercambio de CO<sub>2</sub> en la biosfera terrestre</p> <p>Concentración atmosférica de CH<sub>4</sub></p> <p>Concentración atmosférica de N<sub>2</sub>O</p> <p>Concentración troposférica de O<sub>3</sub></p> <p>Concentración estratosférica de O<sub>3</sub></p> <p>Concentraciones atmosféricas de HFC, PFC, y SF<sub>6</sub></p>	<p>De 280 ppm durante el periodo 1000–1750 a 368 ppm en el año 2000 (31.4% de aumento). Fuente cumulativa de aprox. 30 Gt C entre los años 1800 y 2000; pero durante la pasada década de 1990 un sumidero neto de unos 14.7 Gt C.</p> <p>De 700 ppb durante el periodo 1000–1750 a 1750 ppb en el año 2000 (151.425% de aumento). De 270 ppb durante el periodo 1000–1750 a 316 ppb en el año 2000 (17.45% de aumento). Aumentó en un 35 a 15% entre 1750 y 2000, y varía según la zona.</p> <p>Disminuyó durante el periodo 1970–2000, y varía con la altitud y la latitud.</p> <p>Aumentaron en todo el mundo durante los últimos 50 años.</p>
Indicadores meteorológicos	
<p>Temperatura media global de la superficie</p> <p>Temperatura de la superficie del hemisferio norte</p> <p>Gama de temperaturas diurnas en la superficie</p> <p>Índice de calor/días de calor</p> <p>Días fríos/con heladas</p> <p>Precipitación continental</p> <p>Fenómenos de fuerte precipitación</p> <p>Frecuencia y gravedad de sequías</p>	<p>Aumentó en un 0.6±0.2°C durante el siglo XX; las zonas terrestres se calentaron más que los océanos (<i>muy probablemente</i><sup>1</sup>).</p> <p>Aumentó durante el siglo XX más que durante ningún otro siglo durante los últimos 1000 años. La década de los 90 fue la más cálida de todo el milenio (<i>probablemente</i><sup>1</sup>).</p> <p>Disminuyó en el periodo 1960–2000 en las superficies terrestres; las temperaturas mínimas nocturnas aumentaron el doble que las temperaturas máximas diurnas (<i>probablemente</i><sup>1</sup>).</p> <p>Aumentó (<i>probablemente</i><sup>1</sup>).</p> <p>Disminuyeron en casi todas las zonas terrestres durante el siglo XX (<i>muy probablemente</i><sup>1</sup>).</p> <p>Aumentó en un 6–10 por ciento durante el siglo XX en el hemisferio norte (<i>muy probablemente</i><sup>1</sup>); aunque disminuyó en algunas regiones (por ejemplo, el norte y oeste de África y partes del Mediterráneo).</p> <p>Aumentaron en latitudes medias y altas del norte (<i>probablemente</i><sup>1</sup>).</p> <p>Aumentaron las sequías y periodos secos durante el verano en algunas áreas (<i>probablemente</i><sup>1</sup>). Se ha observado un aumento en la frecuencia e intensidad de las sequías durante décadas recientes en algunas regiones tales como en partes de Asia y de África.</p>
Indicadores biológicos y físicos	
<p>Nivel medio mundial del mar</p> <p>Duración de la cubierta de hielo en ríos y lagos</p> <p>Grosor y extensión del hielo del mar Ártico</p> <p>Glaciares no polares</p> <p>Cubierta de hielo</p> <p>Permafrost</p> <p>Fenómenos relacionados con El Niño</p> <p>Estación de crecimiento</p> <p>Extensión geográfica de plantas y animales</p> <p>Crisis, floración y migración</p> <p>Decoloración (e arrecifes coralinos)</p>	<p>Aumentó a un régimen medio anual de 1 a 2 mm durante el siglo XX.</p> <p>Disminuyó unas 2 semanas durante el siglo XX en latitudes medias y altas del hemisferio norte (<i>muy probablemente</i><sup>1</sup>).</p> <p>Se redujo su grosor en un 40 por ciento en décadas recientes desde finales de verano a principios de otoño (<i>probablemente</i><sup>1</sup>) y disminuyó en extensión en un 10–15 por ciento desde la década de 1950 durante primavera y verano.</p> <p>Retirada generalizada durante el siglo XX.</p> <p>Disminuyó su área un 10 por ciento, desde que se dispone de observaciones mundiales por satélite a partir de la década de los 1960 (<i>muy probablemente</i><sup>1</sup>).</p> <p>Se debilitó, calentó y degradó en partes de las regiones polares, subpolares y montañosas. Presentan una mayor frecuencia, persistencia e intensidad durante los últimos 20–30 años en comparación con los 100 años anteriores.</p> <p>Aumentó en entre 1 a 4 días por década durante los últimos 40 años en el hemisferio norte, especialmente en latitudes altas.</p> <p>Desplazamiento hacia los polos y hacia mayores altitudes de plantas, insectos, pájaros y peces.</p> <p>Anticipación en la floración de plantas, la llegada de pájaros y fechas de crianza, así como la pronta aparición de insectos en el hemisferio norte.</p> <p>Aumentó su frecuencia, especialmente durante los fenómenos relacionados con El Niño.</p>
Indicadores económicos	
<p>Pérdidas económicas relacionadas con la meteorología</p>	<p>Las pérdidas mundiales ajustadas a la inflación ascendieron en una unidad de magnitud durante los últimos 40 años. Parte de la tendencia al alza observada se encuentra vinculada a factores socioeconómicos y parte se relaciona con factores climáticos.</p>

<sup>1</sup> Esta tabla proporciona ejemplos de cambios clave observados y no es una lista completa. Incluye tanto cambios atribuidos a cambios climáticos antropogénicos como los causados por variaciones naturales o por cambios climáticos antropogénicos. Se informa de los niveles de confianza cuando hayan sido explícitamente evaluados por el Grupo de Trabajo I.

Fuente: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, *Cambio Climático y Biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC*, PNUMA/UNEP, abril 2002, p. 10.

Asimismo, “se prevé para el siglo XXI un aumento en las concentraciones de dióxido de carbono en la temperatura media de la superficie del planeta y el nivel del mar. Las predicciones realizadas a la fecha confirman que la concentración de CO<sub>2</sub> para el año 2100 oscilará entre 540 y 970 ppm, comparada con cerca de 280 ppm en la época preindustrial y cerca de 368 ppm en el año 2000. Esto equivale a un aumento de la temperatura media de la superficie del planeta de 1.4-5.8° C en el periodo 1990-2100.

Dicha cantidad es 2 a 10 veces superior al valor central del calentamiento observado durante el siglo XX a una velocidad sin precedentes en los últimos 10,000 años registrados en el paleoclima.

En lo que respecta a la precipitación media anual para el siglo XXI el aumento se dará en un 5-10%, particularmente en África, el Antártico, Asia meridional y oriental (verano); Australia, América Central y África meridional (invierno). Los glaciares y las capas de hielo continuaran su retirada, es probable que en el Hemisferio Norte disminuya la capa de nieve, mientras que en la Antártica aumentara la masa. En este sentido, es probable que el nivel medio mundial del mar se eleve en un 0.09-0.88 m entre 1990 y el 2100, esta elevación se debe al aumento de la temperatura de los océanos, la fusión de los glaciares y placas de hielo.”<sup>69</sup>

Puede señalarse que los efectos negativos del cambio climático afectarán gravemente a los países tropicales y subtropicales, sobre todo porque tendrá consecuencias adversas sobre la salud humana: la proliferación de mosquitos transmisores de enfermedades por la humedad (dengue, malaria), los elementos patógenos en el agua, disminución de la calidad del agua y del aire. Por supuesto, esta situación puede ser aminorada por la búsqueda de opciones de adaptación social, institucional, tecnológicas y de comportamiento para disminuir las afecciones a la salud en el mediano plazo, pero finalmente nos enfrentamos al dilema de supervivencia en el futuro distante. Otras zonas experimentaran intensas sequías, lo cual repercutirá en la agricultura y otras actividades productivas, la disponibilidad de agua y alimentos será escasa.

Los escenarios extremos previstos (Ver cuadro 1.7) afectarán negativamente la distribución de la población, pues la necesidad de búsqueda de los satisfactores provocará una movilidad migratoria con marcadas consecuencias políticas y sociales, además del riesgo importante sobre los ecosistemas como la extinción de algunas especies, debido a incendios, sequías, plagas, invasión de especies, tormentas y decoloramiento de arrecifes. Un tema delicado es la

---

<sup>69</sup> Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. *Cambio Climático y Biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC*, PNUMA/UNEP, abril 2002, p. 23-24.

desertificación en zonas semiáridas y áridas, donde el cambio climático hará imposible abastecer a la población con agua potable, alimentos y bienes de consumo generalizados. Este proceso puede llevar a un dilema de supervivencia (Brauch 2004, Oswald, 2005), donde o la población se queda en el lugar de origen y se expone a deterioros de calidad de vida que pueden terminar con la muerte, o emigran. En los lugares de emigración encuentran condiciones adversas y tendrá que luchar por tierra, agua, trabajo y alimentos, lo que aumenta la conflictividad regional y que puede en casos extremos llevar a guerras entre regiones y naciones por el acceso a los recursos naturales (véase la guerra de Irak).

Igualmente, se señala en el Tercer Informe del IPCC que los cultivos de cereales pueden decaer como resultado del aumento de la temperatura. En cuanto a los asentamientos humanos en deltas, zonas costeras bajas o en pequeñas islas corren el peligro de ser desplazadas de tales lugares, junto con el agua dulce, pesquería, arrecifes, atolones coralinos y el hábitat de especies silvestres. (Ver cuadro 1.7)

Como anteriormente fue mencionado, el cambio climático tiene sus orígenes en la emisión de gases contaminantes, por ello la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es una acción sustantiva que debe realizarse para retrasar y reducir los daños causados por el cambio climático.

Los países industrializados han sido responsabilizados por las alteraciones climatológicas, ya que representan el 20% de la población mundial y emiten el 60% del CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono). Este gas es el principal contaminante pero no el único, el metano y el óxido nitroso, que también son producidos por los combustibles fósiles, son igualmente perjudiciales para la naturaleza.<sup>70</sup> A mayor concentración de gases efecto invernadero en la atmósfera, más aumento en la temperatura del planeta, debido al ciclo explicado en párrafos anteriores.

El primer intento a nivel internacional para estudiar el fenómeno del cambio climático se remonta al Convenio Marco sobre Cambio Climático aprobado en 1992 en Río de Janeiro, el cual ha sido firmado y ratificado por 181 países. Posteriormente se realizaría la COP1 en Berlín en 1995, y desde entonces la COP tiene lugar todos los años.<sup>71</sup>

---

<sup>70</sup> Cfr. Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, *Cambio Climático 2001: Resumen para responsables de políticas*, IPCC, 2001, p. 10.

<sup>71</sup> José Santa Martha, "Un día sin coche no basta", en *Ambiente y Sociedad*, año 5, no. 176, septiembre, 2004, [www.econet.com/lat=1096774813&hm](http://www.econet.com/lat=1096774813&hm)

**Cuadro 1. 7.- Ejemplos de fenómenos de variabilidad climática y episodios climáticos extremos y ejemplos de sus impactos**

<i>Cambios proyectados durante el siglo XXI en fenómenos climáticos extremos y su probabilidad</i>	<i>Ejemplos representativos de impactos proyectados</i>
Temperaturas máximas más altas, más días calurosos y olas de calor en casi todas las zonas terrestres (muy probable)	Aumento de la incidencia de muertes y enfermedades graves en ancianos y la población urbana pobre. Aumento de problemas producidos por el calor en el ganado y la fauna silvestre. Cambio de destinos turísticos. Aumento de riesgo de daños en varios cultivos. Aumento de la demanda de energía para aparatos de refrigeración y disminución de la fiabilidad del suministro energético.
Aumento cada vez mayor de las temperaturas mínimas, con menos días fríos, días con heladas y olas de frío en casi todas las zonas terrestres (muy probable)	Disminución de la morbilidad y mortalidad producida por problemas relacionados con el frío. Disminución del riesgo de daños en algunos cultivos y aumento del riesgo en otros. Ampliación del área de distribución y actividad de algunas plagas y enfermedades transmitidas por vectores. Menor demanda de electricidad para calentamiento.
Aumento de las precipitaciones intensas en muchas zonas (muy probable)	Aumento de los daños ocasionados por inundaciones, deslizamiento de tierras, avalanchas y lodo. Aumento de la erosión del suelo. Aumento de los escurrimientos tras inundaciones, que podrían aumentar la recarga de agua de algunos acuíferos en cauces de avenidas. Aumento de la presión en los sistemas oficiales y privados de seguros contra inundaciones y socorro en casos de desastre.
Aumento del clima seco estival en la mayoría de las zonas interiores continentales de latitud media, y del riesgo asociado de sequías (probable)	Disminución del rendimiento de las cosechas. Aumento de los daños en los cimientos de edificios, debido a la contracción del suelo. Disminución de la calidad y cantidad de los recursos hídricos. Aumento del riesgo de incendios forestales.
Aumento de la intensidad máxima de los ciclones tropicales y de la intensidad media y máxima de las precipitaciones en algunas zonas (probable)	Aumento del riesgo a la vida humana, debido a epidemias infecciosas y muchos otros tipos de riesgos. Aumento de la erosión costera y daños en edificios e infraestructuras en las costas. Aumento de los daños en ecosistemas costeros, tales como arrecifes de coral y manglares.
Aumento de las sequías e inundaciones asociadas con El Niño en varias zonas (probable)	Disminución de la productividad agrícola y ganadera en regiones propensas a sequías o inundaciones. Disminución de potencial de energía hidroeléctrica en zonas propensas a las sequías.
Aumento de la variabilidad en precipitaciones monzónicas en Asia	Aumento de la magnitud de las inundaciones y sequías en zonas templadas y tropicales de Asia.
Aumento de la intensidad de tormentas en latitudes medias (poca coincidencia entre las simulaciones actuales)	Aumento de los riesgos en la vida y salud humanas. Aumento de las pérdidas de bienes e infraestructuras. Aumento de los daños en ecosistemas costeros.

Fuente: IPCC, *Cambio Climático 2001: Resumen para responsables de políticas*, IPCC, 2001, p. 16

Mediante el Mandato de Berlín elaborado en la COP1 las partes acordaron adoptar compromisos más firmes y más detallados para los países industrializados, lo cual llevaría durante la COP3 de 1997 realizada en Japón a comprometerse con el conocido Protocolo de Kyoto, cuyo objetivo es reforzar de manera significativa los objetivos, principios e instituciones de la Convención sobre Cambio Climático, ya que a través de él "las Partes incluidas en el anexo I se comprometen a lograr objetivos individuales y jurídicamente vinculantes para limitar o reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. Las partes en la Convención que sean también partes en el Protocolo (es decir, que lo ratifiquen, acepten, aprueben o se adhieran a él) estarán obligadas por los compromisos del Protocolo, cuando entre en vigor... El periodo de compromiso [abarcado es] 2008-2012."<sup>72</sup>

Durante las siguientes rondas se convinieron las normas detalladas para la aplicación del Protocolo de Kyoto. El proceso culminó finalmente en la COP7 con la adopción de los Acuerdos de Marrakech.

Posteriormente, "en la COP 8 (2002) se incluyeron las plantaciones como "sumideros de carbono" en lo que se denomina "Mecanismos de Desarrollo Limpio"<sup>73</sup> del Protocolo de Kyoto" y con esto se amplió el gran negocio que permite talar bosques, destruir ecosistemas autóctonos, desplazar campesinos y comunidades de pueblos originarios y reemplazar todo esto por monocultivos de rápido crecimiento y alto rendimiento económico para el negocio de las madereras y para tener bonos de carbono, cuya compensación permite que las grandes industrias y países emisores de los gases que producen el calentamiento global, puedan seguir haciéndolo mientras le compran el ambiente a los países pobres en donde se instalan estos sumideros de carbono que en realidad ni siquiera son útiles para este fin, ya que absorben menos gases de efecto invernadero que los bosques, la tala y procesamiento de estos árboles producen mas carbono agravando el problema."<sup>74</sup>

En la COP 9 (2003) se permitió explícitamente la inclusión de árboles genéticamente modificados para que actúen como "sumideros de carbono". Esto provocó fuertes críticas debido

---

<sup>72</sup> Noemi Abad (Nota Editor), "COP X, Cambio Climático y Árboles Transgénicos como sumideros de carbono", en *Ambiente y Sociedad*, año 5, no. 186, diciembre, 2004, [www.ecoportal.net](http://www.ecoportal.net)

<sup>73</sup> Proyectos implementados en países en vías de desarrollo y son financiados por los industrializados para reducir las emisiones en países no Anexo B. Estos proyectos generan certificados de reducción de emisiones (CRE). Gabriel Quadri de la Torre, *Inversión de energías rentables en México*, CONAE, 28 febrero, 2002.

<sup>74</sup> Red por una América Latina Libre de Transgénicos y World Rainforest Movement, "No a los Árboles Genéticamente Modificados como Sumideros de Carbono", en *Ambiente y Sociedad*, año 5, no. 186, diciembre 2004, [www.ecoportal.net/content/view/full/38093](http://www.ecoportal.net/content/view/full/38093)

a que la experiencia reciente alerta sobre los graves impactos ambientales y sociales que ya provocan los monocultivos de árboles, lo cual podría ser agravado por las implicaciones no muy claras del empleo de árboles transgénicos en los suelos, la diversidad biológica, los mantos acuíferos, etc.<sup>75</sup> Tampoco hay estudios integrales que muestran la inocuidad para seres humanos y animales, de modo tal que se requieren mayores estudios científicos para poder entender el conjunto de los potenciales riesgos que traen consigo estas innovaciones tecnológicas

En diciembre de 2004 tuvo lugar la última COP 10 realizada en Argentina, donde se refuerzan las ideas antes planteadas.

A continuación se abordará más detalladamente las implicaciones del Protocolo, ya que es un intento por contener el avance del cambio climático. Este instrumento reúne en sus líneas un compromiso de reducción de emisiones de gases de invernadero por los 39 países industrializados, incluidos los de la antigua URSS, para que entre en vigor debe ser ratificado por un número suficiente de países, que en conjunto sean responsables del 55% de las emisiones, esto fue logrado el pasado octubre de 2004, ya que el parlamento ruso por fin accedió a su ratificación.<sup>76</sup>

Básicamente el documento obliga a “mitigar las emisiones conjuntas de seis gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, compuestos perfluorocarbonados (PFC), compuestos hidrofluoro-carbonados (HFC) y hexafluoruro de azufre) respecto al año base de 1990 para los tres primeros gases y 1995 para los otros tres, durante el periodo 2008-2012, en proporciones diferentes según el país: reducción de un 8% para el conjunto de la Unión Europea, un 7% para EE UU y un 6% para Japón. Ucrania, la Federación Rusa y Nueva Zelanda se comprometen a mantener sus emisiones de 1990. En conjunto la reducción global acordada es de un 5,2% para los países industrializados.”<sup>77</sup> Es claro que el Protocolo no obliga en una primera fase a los países en desarrollo, dadas sus reducidas emisiones por habitante.

Para el conjunto de los países del Anexo B de la OCDE se prevé que las emisiones crezcan un 16% entre 1999 y 2010, mientras que Rusia, Ucrania y los países del antiguo bloque oriental disminuirán sus emisiones en un 12% para el 2010 respecto a 1990. Estas previsiones implican que los países de la OCDE deberán reducir sus emisiones anualmente en 770 millones de

<sup>75</sup> *Ibid.*

<sup>76</sup> Gonzalo Girolami, “Protocolo de Kyoto: Una esperanza para evitar el desastre climático de cara a la Cumbre de Buenos Aires. El Parlamento Ruso Destraza Boicot Estadounidense”, en *Ambiente y Sociedad*, año 5, no.181, octubre 2004, [www.ecoportat.net/content/view/full/36187](http://www.ecoportat.net/content/view/full/36187)

<sup>77</sup> José Santa Martha, “Políticas para frenar el cambio climático”, en *World Watch, Climate Action Network*, [www.nodo50.org/worldwatch](http://www.nodo50.org/worldwatch)

toneladas de carbono equivalente, mientras que el antiguo bloque soviético tendrá un exceso anual de 150 millones de toneladas de carbono en el año 2010, lo que se conoce como "aire caliente" (*hot air*), regulado por el artículo 17 del protocolo de Kyoto."<sup>78</sup>

Los artículos 3.3 y 3.4 del Protocolo de Kyoto regulan el papel de los sumideros, la forestación, reforestación y deforestación y los cambios del uso de la tierra (LULUCF en inglés). Estas actividades son tanto fuentes de emisión como de sumideros de los gases de invernadero, y tienen un importante y complejo papel en el clima y en la equidad social. Cada tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) absorbida por los bosques permitiría emitir otra tonelada adicional de CO<sub>2</sub>. Según el criterio que se adopte, los sumideros absorberían de 30 a 200 millones de toneladas de carbono, lo que reduciría el esfuerzo de la OCDE de 500 a 330 millones.<sup>79</sup> El concepto de sumideros se presta a todo tipo de interpretaciones, y algunas podrían afectar negativamente a la diversidad biológica, y otras podrían tener un efecto más que dudoso en la absorción de carbono. Se debe prohibir la sustitución de los bosques naturales, *viejos y/o* autóctonos por plantaciones que tengan como fin actuar de sumideros del carbono atmosférico, en el marco de proyectos de la Joint Implementation<sup>80</sup> (JI), el CDM o el cumplimiento de las obligaciones de los países del Anexo B.<sup>81</sup>

El llamado "mecanismo de desarrollo limpio" (CDM en inglés) permitirá a los países industrializados disminuir sus esfuerzos domésticos de reducción de emisiones merced a las actividades realizadas en los países en desarrollo. El artículo 12 del Protocolo de Kyoto define las características del mecanismo de desarrollo limpio, cuyo propósito declarado es "ayudar a las Partes no incluidas en el Anexo B<sup>[82]</sup> a lograr un desarrollo sustentable y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las Partes incluidas en el Anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones".<sup>83</sup>

El CDM se originó a partir de una propuesta de Brasil en la COP3, y en teoría podía

---

<sup>78</sup> *Ibid.*

<sup>79</sup> *Ibid.*

<sup>80</sup> Son aquellos proyectos que se llevan a cabo con el fin de incentivar la implementación de tecnología más eficiente en los países del Anexo B (economías en transición) y generar unidades de reducción de emisiones (ERU) a un menor costo.

<sup>81</sup> Ver Protocolo de Kyoto en [www.ser.gob.mx/tratados](http://www.ser.gob.mx/tratados)

<sup>82</sup> Alemania, Australia, Bielorrusia, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Comunidad Europea, Checoslovaquia, Dinamarca, España, EEUU, Estonia, Federación Rusa, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, Rumania, Suiza, Suecia, Turquía y Ucrania. ONU, *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, 1992, SRE, [www.sre.org.mx](http://www.sre.org.mx)

<sup>83</sup> *Ibid.*

beneficiar tanto a los países industrializados del Anexo I, que podrían cumplir sus compromisos con un costo menor, como a los países en desarrollo, que obtendrían financiación, en teoría adicional, para proyectos que contribuyen a aumentar la eficiencia energética y la participación de las energías renovables.

El mecanismo de desarrollo limpio podría servir para ayudar a los países en desarrollo a alcanzar un desarrollo sustentable con equidad, dando prioridad a la mejora de la eficiencia energética, a las energías renovables y al transporte colectivo. Sin embargo, algunos países proponen incluir la energía nuclear, el carbón "limpio", las grandes centrales hidroeléctricas y los sumideros, como las plantaciones de eucaliptos, árboles genéticamente modificados, lo que iría en contra de la equidad y la sostenibilidad. El 10% de los fondos del CDM se debe destinar a proyectos de *adaptación* al cambio climático en los países en desarrollo más vulnerables, como los pertenecientes a la "Alianza de Pequeñas Islas Estados" (AOSIS en inglés), que en algunos casos incluso podrían desaparecer a causa de la subida del nivel del mar. La financiación de los proyectos de adaptación se basa en el principio de que el que *contamina paga*, y los países del Anexo I son los causantes de gran parte de la contaminación.

El mercado potencial de emisiones en el marco del "mecanismo de desarrollo limpio" es enorme, y se habla incluso de cientos de millones de toneladas anuales de carbono, aún sin incluir las actividades forestales y de cambios de uso del suelo, los llamados sumideros<sup>84</sup>. Actualmente se habla de unos "200 millones de toneladas anuales de carbono, lo que, junto con otros mecanismos, reduciría el esfuerzo doméstico de los países de la OCDE a poco más de 100 millones de toneladas anuales de carbono para el año 2010. Pero si se permite incluir los proyectos forestales en el CDM, los *créditos* disponibles podrían llegar a unos 700 millones de toneladas anuales de carbono, lo que haría innecesario cualquier esfuerzo doméstico de reducción de las emisiones de gases invernadero en los países industrializados."<sup>85</sup>

Finalmente, debe darse un peso específico a la participación del sector energético en el cambio climático, pues tan solo "en 1999 el consumo mundial de energía llegó a 10.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep): 2.146 Mtep de carbón, 3.200 Mtep de petróleo, 2.301 Mtep de gas natural (20,1%), 607 Mtep de nuclear, 220 Mtep de hidroeléctrica y cerca de

---

<sup>84</sup> Depósitos donde el carbono se capta de la atmósfera y se mantiene secuestrado por largo tiempo. Los grandes sumideros de carbono del planeta son los bosques (principalmente la biomasa de árboles de vida larga y la materia orgánica del suelo) y los océanos (formación y mantenimiento de plancton, así como carbono precipitado al fondo del mar).

<sup>85</sup> José Santa Martha, "Políticas para frenar el cambio climático", *ibidem*.

1.500 Mtep de biomasa (14%), fundamentalmente leña, y pequeñas cantidades de geotermia, solar y eólica (menos del 2%). La producción, transformación y consumo final de tal cantidad de energía es la causa principal de la degradación ambiental. El consumo está muy desigualmente repartido, pues los países del Norte, con el 25% de la población mundial, consumen el 66% de la energía, factor determinante a tener en cuenta a la hora de repartir responsabilidades de la crisis ambiental causada por la energía.”<sup>86</sup>

Estados Unidos, “con sólo el 4,6% de la población mundial, emite el 24% del CO<sub>2</sub> mundial (más de 20 toneladas por habitante al año). Las emisiones de gases de invernadero en EE UU han aumentado un 21,8% entre 1990 y 1998. El Protocolo de Kyoto obliga a EE UU a reducir sus emisiones en sólo un 7%”<sup>87</sup>, aún así se ha dedicado a obstaculizar la aprobación del mismo, basta recordar que junto con los países llamados paraguas (Japón, Australia e incluso Rusia), condicionaron su ratificación a la asunción de compromisos por parte de China (el segundo emisor mundial) y otros países en desarrollo.

Asimismo, algunos países como EE UU, Canadá, Japón, Francia, Australia, Nueva Zelanda y Reino Unido, han presionado sustantivamente para incluir a la energía nuclear dentro del CDM, que en principio es una fuente que no emite gases de efecto invernadero, sin embargo, enfrenta un graves problemas en cuanto a la seguridad en las instalaciones (recordar el accidente de Chernobil) y al manejo de los residuos radioactivos peligrosos que se derivan del proceso (el tritio es altamente inestable), quizás la disyuntiva más importante se refiere a la determinación de los lugares de confinamiento y los efectos negativos que pueden presentarse en dichas zonas por contaminación nuclear.

La grave crisis ambiental, el agotamiento de los recursos y los desequilibrios entre el Norte y el Sur, son factores que obligan a acometer una nueva política energética. A corto plazo la prioridad es incrementar la eficiencia energética, pero ésta tiene unos límites económicos y termodinámicos, por lo que a más largo plazo solamente el desarrollo de las energías renovables permitirá resolver los grandes retos del futuro como son el efecto invernadero, los residuos nucleares y las desigualdades Norte-Sur.

---

<sup>86</sup> Octavio Enrique Carrasquilla, “De Río de Janeiro a Johannesburgo”, en *Ambiente y Sociedad*, año 4, No. 147, mayo, 2003, [www.ecoport.net/noti02/n901.htm](http://www.ecoport.net/noti02/n901.htm).

<sup>87</sup> Cfr. Octavio Enrique Carrasquilla, *op.cit.*

## 1.5. Las Energías Renovables

Hasta antes de los primeros años de la década del 70, nadie se cuestionaba la excesiva dependencia con respecto a los combustibles fósiles, sin embargo, la crisis energética de 1973, pondría de manifiesto este hecho y marcaría el comienzo de una dinámica tendiente a localizar nuevas fuentes de energía y tecnologías de aprovechamiento más eficiente de las energías existentes que aseguraran el suministro energético de los países industrializados principalmente, ya que eran y son los mayores consumidores de energía.

Como respuesta a estos acontecimientos se unieron Estados Unidos, Europa y Japón en la Agencia Internacional de Energía-AIE, para buscar alternativas a su creciente dependencia, tratando de evitar crisis posteriores. Se plantearon entonces canalizar sumas cuantiosas al desarrollo de tecnología eficiente y a la experimentación con energéticos alternos, entre los que destacaron energías como: la nuclear, hidráulica, solar, eólica, biomasa, geoenergía e hidrógeno, de las cuales exceptuando la nuclear todas son consideradas como fuentes renovables.

A partir de aquella década se han dedicado recursos económicos, tecnológicos y científicos al desarrollo de las energías alternas, como una forma de asegurar el suministro energético mundial. En principio, la energía nuclear fue adoptada como la mejor posibilidad, pero al tener que enfrentarse a los desechos contaminantes que genera y los daños a la salud, las sociedades están ahora más dispuestas a apostar a favor de las energías renovables, teniendo en cuenta que pueden considerarse tecnologías más suaves con el entorno natural, de ahí que hayan adquirido relevancia y sean parte fundamental del discurso actual energético.

Hoy en día nos encontramos ante una posible crisis del sistema energético mundial. Como fue señalado con anterioridad, el petróleo es el energético que ha posibilitado la consolidación del modo de producción capitalista, provee aproximadamente el 80% de la energía a nivel mundial y a partir de su destilación se producen combustibles y precursores petroquímicos que son el principio de las cadenas productivas de una gran cantidad de mercancías, por ello cuando se hacen aseveraciones respecto a su agotamiento causa un enorme nerviosismo, tanto para los países productores como para los importadores, ya que muchas esferas de la sociedad dependen del mismo.

Algunos especialistas han tratado con cierta profundidad este tema, entre los que

encontramos a Colin J. Campbell y Jean H. Laherrère, quienes son autores de *El fin del petróleo barato*, en el cual indican que el descubrimiento y la producción de campos petroleros alrededor del mundo sugiere que en la próxima década la oferta de petróleo convencional será incapaz de satisfacer la demanda. Esto indica que podría descender la producción y en consecuencia los precios se incrementarán a menos que la demanda caiga considerablemente.

Atendiendo los datos proporcionados por estos autores, "la disminución de la producción comenzará antes del 2010. Es probable que la producción alcance su máximo antes del 2020. El mundo no se está quedando sin petróleo por lo menos aún no. Lo que nuestras sociedades encararán, y pronto, es el fin de petróleo abundante y barato del que dependen las naciones industriales."<sup>88</sup>

El petróleo crudo es por mucho la mayor fuente comercial de energía. La creciente extensión del uso del petróleo para el transporte, para lo que no hay sustitutos disponibles todavía, sugiere que un "shock" energético está por llegar.

Asimismo, "del 30% al 70% de los costos de insumos intermedios de la producción agrícola en los países en desarrollo son directa o indirectamente relacionados con la energía. El petróleo provee el 50% del combustible utilizado para la extracción del carbón. Los próximos 100 años la obtención de energía de recursos fósiles (petróleo, gas y carbón) será negativa. Mantener la producción de bienes y servicios a los niveles actuales requerirá más energía de la que ahora generamos. Tener más energía en el futuro significa que la energía utilizada por los sectores no energéticos de la economía deberá destinarse a la generación de energía."<sup>89</sup>

Estas aseveraciones contrastan con datos proporcionados por otros autores donde se expone que de acuerdo con el ritmo actual de extracción, las reservas estimadas (incluyendo las probadas, rentables y probables) de carbón durarán 1.500 años, las de gas natural 120 y las de petróleo no menos de 60 años. La mejora de las tecnologías de extracción incrementará la duración de las reservas, al acceder a las zonas marítimas profundas. No existe un problema de agotamiento de los combustibles fósiles en un horizonte inmediato, aunque el consumo actual es 100.000 veces<sup>90</sup> más rápido que su velocidad de formación; la verdadera cuestión es la de los sumideros, especialmente la atmósfera, en la que se acumula el dióxido de carbono y otros gases de invernadero, con el subsiguiente calentamiento de la atmósfera que amenaza la supervivencia

---

<sup>88</sup> Colin J. Campbell y Jean H. Laherrère, "The End of Cheap Oil", en *Scientific American*, marzo 1998, pp. 60-65.

<sup>89</sup> Jay Hanson, "Requiem", Global Millennium Foundation, Canadá, 1998, <http://www.dieoff.com>

<sup>90</sup> José Santa Martha, "Políticas para frenar el cambio climático", *ibidem*.

humana y muchas otras especies de vida.

En cualquier caso es un hecho que la satisfacción energética mundial futura representa serios problemas, en este orden de ideas es posible señalar dos directrices filosóficas de pensamiento fundamentales que atienden este hecho:

1. Por un lado, la económico-político-geoestratégica, que se plantea desarrollar fuentes de energía que sustituyan al petróleo, para no estar sujetos a los altos precios y asegurar el suministro energético evitando la dependencia creciente de los combustibles fósiles, esto aunado a una estrategia de negociación con los poseedores de petróleo o en el caso de Estados Unidos de Norteamérica, a la par, planeo una estrategia política y militar para administrar directamente las riquezas energéticas de los países que cuentan con las mayores reservas probadas de petróleo (p. e. Kuwait e Iraq);
2. por otro lado, la ambientalista, referida a la concientización del hecho de que el tema energético esta íntimamente ligado al tema ambiental y a la degradación del medio natural, por tanto, se deben buscar opciones energéticas más amables que permitan la conservación del entorno natural. Esto fue puesto de manifiesto en la I Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano (1972), la Conferencia de Naciones Unidas sobre Población (1974) y en el Informe Brundland (1987) titulado "Nuestro Futuro Común". Este último figura como un parteaguas en el pensamiento internacional, pues plantea un nuevo paradigma de sociedad basado en el término "sustentable", que implica preservar los recursos naturales de la Tierra en beneficio de las generaciones presentes y futuras, pero armonizando naturaleza y cultura.

Las energías renovables se insertan en ambos tipos de pensamiento, la diferencia es el énfasis y los fines que mueven a cada una. En el primero, lo que importa es asegurar el suministro energético independientemente de las consecuencias ambientales, las energías renovables al estar atadas al lugar de producción se conforman como fuentes autóctonas dentro de los países y, por tanto, perfectamente controlables, aunque caracterizadas por su dispersión lo que disminuye su poder energético e incrementa su costo económico, por eso se plantea la necesidad de tener acceso prioritario a los combustibles fósiles (energía concentrada). La segunda cosmovisión preocupada por el efecto negativo de la actividad energética sobre la naturaleza resuelve el empleo de energías renovables atendiendo las diversas ventajas ambientales derivadas de estas tecnologías, aunque con pocos beneficios económicos en el estadio actual de su desarrollo, pero de amplio potencial al funcionar con energía que se encuentran libremente en el entorno humano.

Es evidente, que un punto de confluencia entre las dos corrientes es el desarrollo de las energías renovables en el largo plazo. No obstante, las fuentes de energía renovable han adquirido mayor difusión en las últimas décadas gracias a la férrea lucha que ha suscitado el combate a la crisis ambiental, basada en la globalización de los conflictos ambientales y centrada en la imposibilidad de emitir únicamente soluciones individuales, sino conjuntas. De esta idea surge la organización de las Cumbres Medioambientales de la Tierra, las de Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto, que si bien son guías para saber que todos están de acuerdo en salvar nuestro planeta, también pone de manifiesto la dificultad para integrar a la mayoría de los países a las decisiones conjuntas.<sup>91</sup>

Uno de los ejes mas sobresalientes para el cumplimiento medioambiental es el relativo a la energía, pues son los responsables del agotamiento de diversos recursos naturales y de la emisión de los gases contaminantes que amenazan a la población humana, flora y fauna del planeta. Ante esta situación, los países han tratado de incorporar a sus legislaciones particulares los principios y directrices señaladas en los Convenios Internacionales, especialmente esto ha sido promovido gracias a los acuerdos de integración económica, donde los gobiernos se comprometen a reducir desechos contaminantes, proteger la biodiversidad, entre otros. El caso de la Unión Europea es representativo, ya que cuenta con un plan energético ambicioso para generar en el 2010 el 12% de la energía que consume mediante energías renovables.<sup>92</sup>

Asimismo, no pueden dejar de mencionarse los últimos esfuerzos de la sociedad civil para evitar el cambio climático, por ejemplo la *Conferencia de Durban sobre el Comercio del Carbono* y la *Conferencia Internacional sobre Energías Renovables 2004*.

La primera fue realizada por organizaciones y movimientos populares de diversas regiones del mundo en Durban, Sudáfrica, del 4-7 de octubre de 2004, con el fin de discutir opciones para tratar el problema del cambio climático, pues califican los mecanismos propuestos en el Protocolo de Kyoto como un intento de “privatización del aire” mediante el establecimiento de un “mercado de carbono” global, expresando lo siguiente:

- “El mercado del carbono crea derechos transferibles para verter carbono en la atmósfera, los océanos, el suelo y la vegetación, en cantidades que superan con exceso la capacidad de estos sistemas para almacenarlo. Por concepto de estos derechos, se adjudicarán miles de millones de dólares sin cargo alguno a las grandes corporaciones de energía eléctrica, siderurgia, cemento,

<sup>91</sup> Para obtener mayor información dirigirse a la página web del PNUMA, [www.pnuma.org](http://www.pnuma.org)

<sup>92</sup> cfr. Comisión Europea, *Energía. Controlemos nuestra dependencia*, Comunidades Europeas, Bélgica, 2002.

celulosa y papel y otros sectores, que son los mayores emisores de gases de efecto invernadero en las naciones industrializadas, que han sido las causantes de la crisis climática y que ya explotan al máximo estos sistemas. Los costos de las futuras reducciones en el uso de combustibles fósiles probablemente recaerán en forma desproporcionada sobre el sector público, las comunidades, los pueblos indígenas y los contribuyentes individuales.

- El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto, así como muchos esquemas de comercio de carbono del sector privado, alientan a los países industrializados y a sus corporaciones a financiar o crear sumideros de carbono baratos, tales como las plantaciones de árboles a gran escala en el sur, como una alternativa lucrativa a la reducción de emisiones en el norte. Otros proyectos MDL, como los programas de reducción de los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), se focalizan en tecnologías que apuntan a reducir la contaminación y por ende no hacen nada por reducir los impactos de las industrias de combustibles fósiles sobre las comunidades locales. Además, la dimensión de esos proyectos contrasta radicalmente con el aporte ínfimo de los proyectos de energía renovable, que apenas sirven como decoración de desarrollo sustentable para el MDL.

- Los pequeños estados insulares, los pueblos indígenas, las comunidades locales, los pescadores artesanales, las mujeres, los jóvenes, los pobres, los viejos y las comunidades marginalizadas ya están sufriendo en forma desproporcionada los impactos de las industrias de combustibles fósiles y otras industrias generadoras de gases de efecto invernadero: desplazamientos, contaminación o cambio climático. Los proyectos MDL intensifican estos impactos de muchas maneras. En primer lugar, habilitan que se siga con la búsqueda, extracción, refinación y quema de combustibles fósiles. Segundo, al otorgar financiación a proyectos del sector privado, como las plantaciones industriales de árboles, permiten que éstos se apropien de tierra, agua y aire -que ya son sostén de la vida y formas de sustento de las comunidades locales- para dedicarlos a nuevos sumideros de carbono para las industrias del norte.

Además de generar estas injusticias, las debilidades y contradicciones internas del comercio de carbono hacen más probable que, en los hechos, en vez de "mitigar" el calentamiento global, lo empeore. No es posible, por ejemplo, verificar que los proyectos del MDL estén "neutralizando" ninguna cantidad determinada de extracción y quema de combustibles fósiles. La afirmación de que sí pueden hacerlo resulta cada vez más peligrosa, porque crea la ilusión de que es posible mantener los patrones de consumo y producción, en particular en el norte, sin afectar el

clima.”<sup>93</sup>

Por su parte la *I Conferencia Internacional sobre Energías Renovables 2004*, tuvo lugar del 1-4 de junio en Bonn, Alemania. Se dieron cita ministros de 80 países, aunque no hubieron compromisos firmes para proporcionar el marco político, fiscal y regulatorio necesario para la expansión de las fuentes de energía renovables, su asistencia marca un compromiso simbólico sobre la intención de apoyar la obtención de energía menos contaminante.<sup>94</sup>

Así pues, las energías renovables son un punto de referencia cuando de medio ambiente se trata, sin embargo deben expresarse también las barreras que enfrentan para formar parte del suministro energético mundial, por su puesto el caso de cada país es diferente. En Dinamarca podemos encontrar varias medidas que facilitan su implantación, cosa que no sucede en otras partes del mundo.

Atendiendo estas diferencias y dirigiendo la mirada hacia el objetivo de ampliar la contribución de las fuentes renovables en México, retomamos las barreras observadas por el grupo de trabajo de la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible, que partió del hecho innegable de que los países de menor grado de desarrollo económico anteponen otras prioridades y limitan sus recursos económicos y financieros destinados al impulso de las energías renovables.<sup>95</sup> Al profundizar más en el análisis se pueden exponer los siguientes obstáculos:

- Barreras Técnicas.
  - “Información insuficiente sobre los recursos de energía renovables, falta de datos confiables en periodos largos, al aumentar la incertidumbre sobre la disponibilidad y calidad de la materia prima de estos proyectos aumenta su riesgo financiero, por lo tanto, repercute en el pago de intereses y la rentabilidad del proyecto.
  - Financiamiento insuficiente para los proyectos eólicos, dado que están sujetos a las fluctuaciones de la velocidad del viento, los proyectos de generación de

<sup>93</sup> Los firmantes: Indigenous Environmental Network; Carbon Trade Watch; Coecoceiba-Amigos de la Tierra, Costa Rica; CORE Centre for Organisation Research & Education, Manipur, India; Delhi Forum, India; FERN; FASE-ES, Brasil; Global Justice Ecology Project, USA; National Forum of Forest People And Forest workers (NFFPFW), India; Patrick Bond, Professor, University of KwaZulu Natal School of Development Studies, South Africa; SinksWatch, UK; O Le Siosiomaga Society, Samoa; Sustainable Energy & Economy Network, USA; The Corner House, UK; World Rainforest Movement. *Declaración de Durban sobre el Comercio de Carbono*, Sudáfrica, 10 de octubre de 2004, [www.sinkwatch.org](http://www.sinkwatch.org)

<sup>94</sup> Green Peace, *Renovables 2004: ¿Se materializarán las buenas intenciones?*, 7 de junio de 2004, México, [http://www.greenpeace.org/mexico\\_es/features/details?item\\_id=489494&campaign\\_id=409816](http://www.greenpeace.org/mexico_es/features/details?item_id=489494&campaign_id=409816)

<sup>95</sup> M. Coviello y H. Altomonte, *Energy sustainability in Latin America and the Caribbean: the share of renewable sources*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 1003, p. 39.

electricidad a partir del mismo no se consideran de “capacidad firme”, lo que lleva a que solo reciban financiamiento por energía económica que en el mejor de los casos refleja el costo del combustible evitado, pero no compensa la amortización del capital invertido. Asimismo, en el caso de algunos países del Caribe, se agrega el bajo rendimiento experimentado por las turbinas eólicas en el pasado.<sup>96</sup>

- “Los proyectos de energías renovables están atados al lugar donde se encuentra el recurso, el cual generalmente no coincide con el de los centros de consumo, y por lo mismo, con las redes de transmisión de energía eléctrica. Por esta razón, no se pueden desarrollar muchos posibles proyectos, ya que dependen de la demanda local. Esta barrera está además asociada a la creciente dificultad del tendido de redes de transmisión eléctrica.
- Desarrollo insuficiente de cadenas de suministro y servicio de sistemas que aprovechan la energía renovable en zonas fuera de la red eléctrica. El acceso a la energía eléctrica por medio de energías renovables requiere de la articulación y coordinación de un conjunto amplio y variado de actores económicos, algunos de ellos ausentes en la zona geográfica donde se aplica la tecnología. Se ha demostrado que para que un proyecto funcione con instalaciones pequeñas es necesario disponer de una red de suministro de financiamiento, de refacciones y de capacitación.
- Limitada capacidad técnica para diseñar y desarrollar proyectos. Por la novedad y la limitada demanda de proyectos de aprovechamiento de fuentes de energía renovables, en particular la energía eólica, existe poca capacidad técnica en la región para diseñar y desarrollar proyectos. Por esta razón, se requiere contratar técnicos de otras regiones, cuyo costo laboral es muy superior al de los técnicos locales, lo que dificulta y encarece los proyectos.
- No se reconoce el valor de las plantas eléctricas como elementos de regulación de voltaje y disminución de pérdidas, aportando confiabilidad al sistema eléctrico, pero esto no se reconoce en las decisiones de política.
- Las plantas generadoras de electricidad por biomasa han tendido a ser pequeños debido a la naturaleza dispersa de la materia prima. Además muchas calderas de

---

<sup>96</sup> CEPAL/ONU/ GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), *Fuentes Renovables de Energía en América Latina y el Caribe. Situación y Propuestas de Políticas*, Santiago de Chile, CEPAL, Mayo, 2004, p. 89.

baja presión presentan una baja eficiencia del rango del 10% al 18%, tomando en cuenta las pérdidas de bagazo y de potencia eléctrica. Como resultado, las plantas de biomasa han dependido del bajo costo o costo cero del biocombustible para que su operación sea rentable y falta la constancia porque se limita a la cosecha.”<sup>97</sup>

- Barreras Regulatorias.
  - “Plazos demasiado cortos para los contratos de compra de energía. Los proyectos de energías renovables tienen altos costos de inversión y bajos costos de operación. Por lo mismo, requieren de altos niveles de financiamiento, con plazos que vayan de 8 a 20 años. Sin embargo, en la mayoría de los mercados eléctricos, no se transan contratos con una duración de más de tres años, lo que representa una seria barrera para obtener financiamiento convencional.
  - Límites a la capacidad instalada de los sistemas de generación de electricidad a partir de fuentes de energía renovables, ya sea por razones técnicas relacionadas con la confiabilidad del sistema cuando se aprovecha el viento, o por razones de regulación relacionadas con los límites de propiedad o de designación vertical, se han establecido muchas veces límites arbitrarios, a la capacidad que pueden tener los sistemas de generación de electricidad a partir de energías renovables (ER), lo que impide su aprovechamiento íntegro.”<sup>98</sup>
- Barreras Económicas y Financieras.
  - “Impuestos a la inversión. En algunos países como los centroamericanos, la necesidad de ampliar la base fiscal ha llevado a que se establezcan impuestos sobre la inversión de las empresas, lo que deja en una posición de desventaja a los proyectos de ER con uso intensivo de capital, en relación con los proyectos convencionales que involucran menos inversión por unidad de capacidad instalada.
  - Límites demasiado altos para los contratos directos con usuarios de energía y el límite de potencia para calificar como agente productor o gran consumidor, esto en la mayoría de los mercados eléctricos liberados de la región.
  - Obligación de competir en el mercado spot, solo se puede vender en él, el flujo de efectivo de los proyectos de fuentes de energía renovables se hace muy incierto y

---

<sup>97</sup> CEPAL/ONU/GTZ, *Op. cit.*, p. 90.

<sup>98</sup> *Ibid.*

dificulta seriamente las posibilidades de financiamiento.

- Altos costos de transacción para los proyectos de fuente de energía renovables. Los proyectos de aprovechamiento de las fuentes de energías renovables (FER) se enfrentan a costos de desarrollo relativamente mayores que los convencionales a partir de combustibles fósiles. Esto se debe, entre otras razones: a sus propias características de ocupación territorial; la poca experiencia frente a este tipo de evaluación y la alta discrecionalidad en los términos de la evaluación; a que los proyectos de ER de pequeña escala deben cumplir el mismo conjunto de trámites que los proyectos de mayor escala; y a que las evaluaciones de impacto ambiental son más complejas que las de los proyectos que utilizan combustibles fósiles.<sup>99</sup>
- “Barreras ambientales intrínsecas a las fuentes renovables que inciden en un aumento de los costos. Directamente o indirectamente, las FER pueden producir daños ambientales, cabe mencionar la elaboración de etanol a partir de la caña de azúcar, que produce una serie de desechos como el licor negro altamente contaminante, y la energía eólica que está provocando en ciertos lugares una mutación severa en los hábitos de las aves migratorias. En segundo lugar, las baterías que acumulan energía solar están compuestas de un alto contenido de plomo, por lo que una vez agotada su vida útil necesitan someterse a un tratamiento como cualquier otro producto de alta toxicidad.
- Altos costos de generación, dado que hasta ahora en los países de la región no se incluyen las externalidades en la asignación de costos, resulta evidente que los costos de generación a partir de FER exceden a los de la generación a partir de combustibles. El impacto de la demanda de electricidad sobre el medio ambiente en parte puede ser evitado con una política de decidido aumento de la eficiencia energética, de supresión de las subvenciones o de las tarifas artificialmente bajas, como en el caso del aluminio u otros productos intensivos en electricidad, y buscando las alternativas con menor impacto.”<sup>100</sup> (Ver cuadro 1.8)
- En ocasiones el financiamiento se condiciona a la adquisición de ciertas marcas aunque no sean las más adecuadas o avanzadas.

---

<sup>99</sup> *Ibid.*

<sup>100</sup> *Ibid.*

<b>Cuadro 1. 8.- Costos de generación y requerimientos de inversión (externalidades no contempladas)</b>		
Tecnología	Costo promedio de generación (centavos de dólar/kWh)	Inversión promedio (dólares/vatio)
Ciclo combinado a gas	3.5 (3.0-4.0)	0.6 (0.4-0.8)
Carbón	4.8 (4.0-5.5)	1.2 (1.0-1.3)
Nuclear	4.8 (2.4-7.2)	1.8 (1.6-2.2)
Eólica	5.5 (3.0-8.0)	1.4 (0.8-2.0)
Biomasa (25MW combustión)	6.5 (4.0-9.0)	2.0 (1.5-2.5)
Geotermia	6.5 (4.5-8.5)	1.5 (1.2-1.8)
Pequeñas plantas hidroeléctricas	7.5 (5.0-10.0)	1.0 (0.8-1.2)
Fotovoltaica	55.0 (30.0-80.0)	7.0 (6.0-8.0)

Fuente: M. Coviello, Entorno internacional y oportunidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en los países de América Latina y el Caribe, serie Recursos naturales e infraestructura, No. 63 (LC/L.1976-P), Santiago de Chile, CEPAL, septiembre de 2003. Publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: S.03.II.G.134.

En el cuadro anterior se presentan los rangos de variación para cada tecnología en cuanto a los costos de generación y los requerimientos de inversión. Se aprecia que, aun con la reducción de costos observada en los últimos 10 años, para algunas tecnologías las diferencias actuales son importantes. Sin embargo, debe insistirse que en el caso de las tecnologías convencionales no se está haciendo una internalización de los costos reales como por ejemplo la dilapidación de recursos naturales, el costo del tratamiento de los residuos, etc.

- Barreras Institucionales.

- “La preeminencia de la política energética sobre la política ambiental. La política energética busca reducir costos a fin de permitir el desarrollo económico en el corto plazo, mientras que la política ambiental debe cubrir pasivos y mejorar activos ambientales desde una perspectiva de largo plazo.
- Reducida institucionalidad de la ER, ya sea en el marco corporativo o en términos de estructura administrativa y equipos de trabajo. Se ha comprobado que en los países que presentan mejores condiciones institucionales para el desarrollo de las ER existen núcleos técnicos y profesionales capacitados que realizan constantemente actividades dentro de un marco de estrategias claras. En este sentido, la formación y capacitación de recursos humanos en entidades públicas es fundamental. Los programas de capacitación del personal público en materia de ER deben abordar además de los conceptos y las tecnologías, aspectos relacionados con la identificación, el diseño y la evaluación de proyectos, así

como la gestión, el financiamiento y las cuestiones ambientales.”<sup>101</sup>

- Beneficios no reconocidos por las autoridades energéticas. Muchos de los beneficios de los proyectos de ER provienen de aspectos no relacionados con el precio de la electricidad generada, que es la preocupación central e inmediata de las autoridades energéticas. Algunos beneficios derivados del aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, como la regulación y la protección y reforestación de cuencas, el cuidado de los bosques, el desarrollo de las regiones pobres, la creación de empleos bien remunerados, el cuidado del medio ambiente o el desarrollo de cadenas productivas, no son considerados por quienes toman las decisiones o definen las reglas de participación de los proyectos de ER. Por esta razón, estos beneficios no se contabilizan o se ponderan poco en las decisiones tomadas, principalmente por los responsables de la política energética.
- Tendencia a privilegiar la extensión de la red por sobre el aprovechamiento de las energías renovables. Es más barato tener acceso a la energía eléctrica a partir de sistemas aislados que funcionan con ER, que a partir de una extensión de la red centralizada. Sin embargo, quienes toman las decisiones de electrificación rural siguen privilegiando la extensión de la red, muchas veces porque esa es la capacidad que tienen y no como se requiere para la alternativa más económica, la que deberían desarrollar.
- Existen límites del concepto de adicionalidad que no favorecen el aprovechamiento de los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) en los proyectos relacionados con la leña y el etanol. Los proyectos orientados a una mayor eficiencia en el uso de la leña y la producción de etanol pueden tener un peso importante en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, el alcance de los criterios establecidos para establecer la adicionalidad requerida por los mecanismos del Protocolo de Kyoto para participar en el mercado de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero no permiten evaluar el impacto global de estos proyectos.”<sup>102</sup>

---

<sup>101</sup> CEPAL/ ONU/ GTZ, *Op. cit.*, p. 92.

<sup>102</sup> *Ibid.*

- Barreras Sociales.

- “Rechazo social a los proyectos hidráulicos con embalse a lo largo de América Latina y el Caribe. Ello se debe a la forma en que se desarrollaron este tipo de proyectos en el pasado, que incluía, entre otras acciones radicales, el desalojo no negociado y pobremente resarcido de comunidades enteras, principalmente indígenas, y la destrucción de la flora y fauna en las zonas adyacentes a los embalses.
- Capacidad de pago heterogénea. Uno de los problemas más serios es el de la heterogeneidad social. En ciertos países y zonas, la tradición del subsidio, la debilidad de las instituciones y el manejo político de las necesidades de la población constituyen una barrera importante para que los proyectos que aprovechan las ER en la electrificación rural sean económicamente sustentables. Las grandes disparidades sociales y la situación de pobreza de grande sectores de la población implican proceder con mucha cautela a la hora de fijar subsidios localizados. Pero se sabe que los proyectos de electrificación rural requieren que las comunidades se apropien del valor de este tipo de instalaciones, lo que no se logra cuando no tiene un costo para la comunidad.”<sup>103</sup>

Haciendo una revisión de las barreras anteriormente señaladas, no es de extrañar que de la capacidad total energética (237 GW) con que cuenta la región de América Latina y el Caribe (el 55.3% corresponde a fuentes de energía hidroeléctrica, 42.2% a energía termoeléctrica, 1.9% a energía nuclear –México, Argentina y Brasil- y apenas el 0.6% a otras fuentes no convencionales, principalmente plantas geotérmicas), la participación de las fuentes renovables representa 25.7% si consideramos las grandes hidroeléctricas, pero se reduce sustantivamente si la descartamos (hidroenergía 15%, la leña 5.8%, los productos de caña 4.1%, biomasa 0.5% y la geotermia 0.7%).<sup>104</sup>

La marginalidad de las FER en la satisfacción energética mundial es un hecho, aunque cada vez y con mayor vigor su impulso se erige como uno de los instrumentos para combatir el cambio climático y otros riesgos ambientales asociados al sector energético; así como para asegurar el suministro energético en el futuro.

Seguramente, la pauta para su desarrollo estará marcada por la entrada en vigor del

---

<sup>103</sup> CEPAL/ONU/ GTZ, *Op. cit.*, p. 93.

<sup>104</sup> CEPAL/ONU/ GTZ, *Op. cit.*, p. 69-70.

Protocolo de Kyoto, ya que ante el compromiso de reducción de emisiones tendrán que establecerse claros proyectos de empleo de energía renovable. En este sentido y retomando la necesidad de un enfoque integral habría que planear políticas a largo plazo en donde se impulsen más las energías renovables y asertivamente se comience la sustitución de las plantas generadoras de energía fósiles por otras más eficientes y algunas más sean intercambiadas por fuentes inagotables de energía; sin perder de vista al mismo tiempo la importancia de conservar los sumideros naturales (bosques y selvas), que al fin y al cabo son los pulmones de la tierra.

## 2. El caso mexicano: ¿Dónde estamos?

### 2.1. México un país petrolero

México es conocido a nivel internacional como el noveno poseedor de reservas de petróleo a nivel mundial, el quinto productor y exportador a nivel mundial el noveno exportador de petróleo, lo cual nos lleva indiscutiblemente a concluir que es un país eminentemente petrolero. (Ver cuadro 2.1) Sin embargo, en este capítulo vamos a tratar de presentar las cifras relevantes que avalan dicha afirmación, además de ampliar la información relativa al sector energético que puede servir de ayuda para comprender mejor la situación mexicana y sus perspectivas futuras.

**Cuadro 2. 1 Los diez principales productores, exportadores y consumidores de petróleo 2002.**

Reservas (millones barriles)		Producción (millones barriles diarios)		Exportaciones (mt)		Consumo (millones barriles diarios)	
Arabia S.	261.750	Sudáfrica	8,528	Arabia S.	289	EEUU	19,993
Irak	112.500	EEUU	8,091	Rusia	188	Japón	5,423
EAU	97.800	Rusia	7,014	Noruega	140	China	4,854
Kuwait	96.500	Irán	3,775	Venezuela	110	Alemania	2,814
Irán	89.700	México	3,560	México	95	Rusia	2,531
Venezuela	77.685	Noruega	3,408	Irán	95	Corea Sur	2,126
Rusia	48.573	China	3,297	Nigeria	92	Brasil	2,123
Libia	29.500	Venezuela	3,137	RU	87	Canadá	2,048
México	26.941	Canadá	2,749	Canadá	80	Francia	2,040

Fuente: AIE, *Key world energy statistics 2004*, OECD, p. 11/ International Resource Institute, 2004.

La producción de energía en todo el mundo tiene un componente histórico, ya que a cada etapa del desarrollo tecnológico, económico y social, corresponde una fuente particular de energía aprovechada en ese momento.

México no es la excepción, por ello a lo largo del tiempo ha variado sus fuentes de energía y las ha adaptado a las condiciones imperantes. Por ejemplo, el empleo de la energía *solar* en nuestro país es muy antiguo, se ha usado de manera restringida para el secado de frutas, secado de madera y cristalización de la sal del agua de mar; como calentador de agua doméstica,

acondicionamiento de aire y generación eléctrica fotovoltaica, es muy reciente. En la década de los años 70 se inició la instalación de la energía fotovoltaica en la alimentación de las antenas retransmisoras de radio y como fuentes de carga de los sistemas de respaldo de baterías para alimentación ininterrumpible; igualmente en los sistemas de televisión para la educación a distancia y telefonía en poblaciones alejadas de la red eléctrica, instalados posteriormente.<sup>105</sup>

El uso intensivo de los bosques como fuente de *biomasa* para generar vapor en la industria maderera, la navegación y el ferrocarril, causó la deforestación de gran parte de los bosques del norte del país. Se usaron los recursos como si fueran inagotables, sin un plan de reforestación y conservación. A principios del siglo XX, la mayoría de la energía usada en México era producto de la biomasa. Todavía en la actualidad existen grandes zonas del país donde la leña sigue siendo la principal fuente de energía, sobre todo en las comunidades indígenas.

No puede olvidarse el uso de esta energía en los equipos de fuerza motriz vapor-caldera de los ingenios azucareros e industria textil, con el uso de aserrín y bagazo de caña, que aún hoy en día continúa cumpliendo una importante función en la satisfacción energética nacional.<sup>106</sup>

Por su parte, la energía *hidráulica* en nuestro país está estrechamente ligada a la generación de electricidad dividida en dos modalidades: los grandes sistemas de generación mediante presas<sup>107</sup> y los sistemas mini-hidráulicos de autogeneración (minas, textiles y ranchos).

Asimismo, la energía *eólica* ha sido ampliamente usada desde principios del siglo XX en Yucatán y los estados del norte del país: Baja California Norte, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Durango, donde los llamados papalotes<sup>108</sup> o bombas de agua son accionadas con la fuerza del viento, principalmente en los ranchos ganaderos con el fin de llenar los bebederos del ganado. No está cuantificada la aportación de energía respecto al total de las principales. En 1995 el Balance Nacional de Energía muestra por primera vez el dato de capacidad de generación eléctrica eólica de 2 MW, el cual se ha conservado hasta el 2001.<sup>109</sup>

---

<sup>105</sup> Ana Luz Quintanilla-Montoya, *Sistema de evaluación tecnológico de las fuentes alternativas de energía (eólica y solar) para las comunidades rurales de la zona costera pacífica de Baja California*, México, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, México, Energy Action (AR 25-02 PDF), Febrero, 2002, p. 4.

<sup>106</sup> Rodolfo Díaz-Jiménez, *Programa de difusión, construcción y seguimiento de estufas eficientes de leña. El caso de la cuenca de Pátzcuaro*, CONAE, TSIA 13-01 PDF, p. 1.

<sup>107</sup> Embalse.

<sup>108</sup> Hélice metálica accionada por el viento, que gira para producir trabajo mecánico, colocada en lo alto de una torre. Parecida a los antiguos molinos de viento, sólo que más pequeña.

<sup>109</sup> Secretaría de Energía. *Balance Nacional de Energía 2002*, SENER, [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)

Con el proyecto de energía eólica del Istmo de Tehuantepec existe la posibilidad de aumentar a 400 MW, para lo cual la Comisión Reguladora de Energía (CRE) ha otorgado los permisos correspondientes. Existe la posibilidad de aumentar esa cifra a 1,400 MW, debido a que existen empresas interesadas en invertir en este tipo de energía.<sup>110</sup>

La energía *geotérmica* se usa desde tiempos muy remotos con fines exclusivamente medicinales. Para la generación de energía eléctrica comienza a utilizarse recientemente (1974 con 0.58% del total de energía producida), es decir, una capacidad eléctrica instalada de 75MW, que ya para 2001 habían aumentado a 838 MW.<sup>111</sup>

Otra fuente de energía que debe mencionarse es la *nuclear*, encabezada por la planta de Laguna Verde que inició labores en 1987 y que nunca ha contribuido con más de 6% en su mejor año (1997)<sup>112</sup> al total de la energía producida anual. Por los costos, el tiempo de construcción y dificultades para su operación y mantenimiento, puede ser considerada como un intento fallido.

Con respecto al uso del *carbón* sólo diremos que estuvo asociado a la metalurgia, primordialmente en la producción de acero en los Estados de Coahuila y Nuevo León, así como la generación de energía eléctrica.

Como ya se mencionó el *petróleo* es la fuente más importante no sólo en México, sino en el mundo. Se conoce desde la prehistoria. Las culturas Mesoamericanas –en la era precolombina– lo utilizaron de manera rudimentaria como combustible en antorchas, impermeabilizante y medicina. La forma de explotación moderna data de la segunda mitad del siglo XIX, cuando se generaliza su uso debido al alto poder calorífico concentrado en sus moléculas.<sup>113</sup>

“La industria petrolera mexicana, [en sus inicios] estuvo dominada completamente por capital externo. En ella destacaron empresas norteamericanas e inglesas, siendo mayor la participación de las primeras en cuanto a producción e inversión.”<sup>114</sup>

Fue hasta la expropiación petrolera que este recurso paso a ser propiedad del Estado mexicano y a convertirse en un bastión para el desarrollo del país, proveyendo de divisas

---

<sup>110</sup> CONAE, *Tercer Coloquio Internacional sobre Oportunidades para el Desarrollo del Istmo*, Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2001, PDF.

<sup>111</sup> Véase el Balance Nacional de Energía 2002.

<sup>112</sup> *Ibid.*

<sup>113</sup> Gloria Villegas Moreno, *La Industria Petrolera en México. Cronología 1857-1988*, PEMEX, México, 1988, p. 129.

<sup>114</sup> A. Ortiz y R. Gutiérrez, “Desarrollo y Planeación del subsector de Hidrocarburos” en *Posibilidades y Limitaciones de la Planeación Energética en México*, Colegio de México, México, 1988.

necesarias para la construcción de obras públicas y el sostenimiento de las instituciones gubernamentales.

En el cuadro siguiente (Cuadro 2.2), es posible observar como la producción y exportación de hidrocarburos ha ido en continuo aumento, mientras que las reservas tienden al claro decrecimiento.

Año	Producción hidrocarburos (millones de barriles)	Exportación (mbpce)	Reservas (millones de barriles de petróleo crudo equivalente-mbpce)			Total
			Probadas	Probables	Posibles	
2000	4538	1702	32614.4	12196.2	11343.4	56154.0
2001	4756	1844	30837.5	11862.5	10251.0	52951.0

Fuente: PEMEX, *Exploración y Producción*, 2003, p. 12-13.

Debe matizarse que el crecimiento de las reservas es resultado de la localización de nuevos pozos dentro del territorio, aunque la variación de las mismas está en relación directa con el número de barriles extraídos por año que, a su vez, responde a la demanda nacional e internacional de energía. (Ver cuadros 2.2 y 2.3)

**Cuadro 2.3. México: Perforación y explotación de pozos de hidrocarburos.**

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Pozos perforados*	171	121	66	72	104	118	130	233	234	285	449
Pozos terminados	184	129	78	63	101	114	121	203	234	247	459
Pozos exploratorios	51	41	25	16	10	10	10	21	22	37	53
Productivos	23	24	10	6	6	6	7	13	9	21	28
% de éxito	52	59	52	38	60	60	70	62	41	57	53
Pozos de desarrollo	133	88	53	47	91	104	111	187	217	210	406
Productivos	116	83	47	42	88	97	106	178	193	191	370
% de éxito	86	94	89	91	97	95	96	98	91	95	91
Equipos	107	74	36	27	33	39	48	60	42	43	50
Kilómetros perforados	551	395	268	272	375	459	527	728	706	782	1 098
Profundidad promedio por pozo <sup>b</sup> (m)	3 303	3 561	4 585	3 998	3 538	3 730	3 507	3 907	3 062	2 838	2 359
Campos descubiertos	12	14	9	2	1	1	-	6	5	6	23
Acéite	6	4	8	2	1	1	-	2	-	1	2
Gas	6	10	1	-	-	-	-	4	5	5	21
Campos en producción	341	334	336	340	345	347	339	324	313	299	301
Pozos en explotación <sup>c</sup>	4 863	4 741	4 641	4 555	4 620	4 718	4 663	4 551	4 269	4 184	4 185
Producción de hidrocarburos totales por pozo (bd)	738	753	776	794	767	818	852	897	920	959	978

a. Pozos perforados hasta el objetivo.

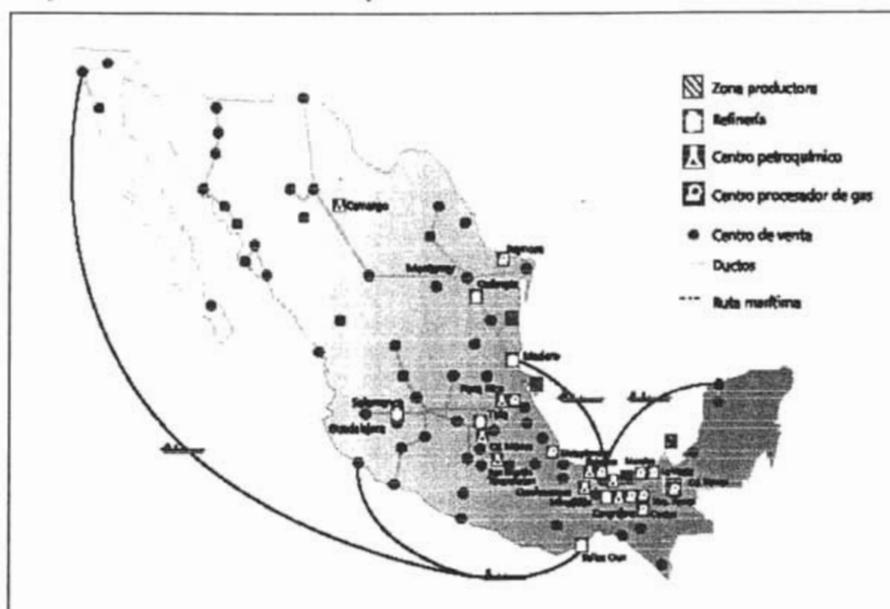
b. Se refiere a la profundidad promedio de los pozos perforados hasta el objetivo.

c. A partir de 2000 es promedio anual.

Fuente: PEMEX, *Exploración y Producción*, 2003, p. 16.

En el Mapa 2.1 se aprecia la importancia de la actividad petrolera en el país. Tenemos que hasta 2002 contábamos con: 301 campos en producción, 4185 pozos en explotación, 185 plataformas marinas, 10 centros procesadores de gas, 19 endulzadoras de gas, 14 plantas criogénicas, 2 plantas de absorción 2, 7 fraccionadoras, 6 endulzadoras de condensados, 12 recuperadoras de azufre, 6 refinерías, 8 complejos petroquímicos, 43 plantas petroquímicas, 16 terminales de distribución de gas licuado, 77 plantas de almacenamiento y agencias de ventas de productos petrolíferos.<sup>115</sup>

Mapa 2. 1. México: instalaciones petroleras.



Fuente: PEMEX, *Informe Petróleos Mexicanos*, 2003, p. 4.

Otra fuente ligada al petróleo es el *gas asociado*, el cual procede de la destilación de éste; o bien, de yacimientos propios de gas natural. Su desarrollo fue más lento debido a obstáculos tecnológicos que impidieron su utilización a pesar de ser una energía más limpia al momento de

<sup>115</sup> PEMEX, *Informe Petróleos Mexicanos*, 2003, p. 4

la combustión, por esta razón, el gas asociado fue quemado (no utilizado) durante muchos años en los pozos petroleros de México, todavía en 1970 en Poza Rica ardían los mecheros.<sup>116</sup>

La barrera más fuerte para el desarrollo de esta fuente era la necesidad de construir grandes tuberías que unieran el pozo con las ciudades. La tarea parecía económicamente imposible en un territorio de 1,972,547 Km<sup>2</sup>, tan sólo urbanizaciones como Monterrey y Nuevo Laredo favorecidas por su posición geográfica contaron con gas natural desde hace muchos años; mientras que el resto del país solo participó de esta energía a partir de los años cincuenta, mediante los tanques de gas licuado.<sup>117</sup>

Cabe señalar que, “a partir de 1974 los proyectos de producción de gas natural estuvieron estrechamente vinculados a la producción de petróleo crudo dada la alta relación de gas-aceite (veintiocho metros cúbicos por barril de crudo), que se encontró en los campos del Cretácico de Chiapas y Tabasco. A fin de aprovechar el gas asociado proveniente de dicha zona se planteó una estrategia más integral de desarrollo por lo que respecta a sistemas de recolección, compresores, desulfurizadoras y plantas criogénicas así como transporte. No obstante, la quema de gas en la atmósfera se mantuvo en un porcentaje significativo de la producción global: 24% anual en promedio.”<sup>118</sup>

Lo anteriormente señalado significa que una gran cantidad de gas ha sido consecuentemente quemado y enviado a la atmósfera sin posibilidad de ser aprovechado productivamente por la carencia de infraestructura y tecnología, ello ha supuesto una baja utilización del recurso, al lado de una dilapidación constante. No obstante, muchas de las termoeléctricas han sido transformadas en ciclo combinado lo cual permite la utilización del gas asociado.

El cuadro 2.4 denota el avance alcanzado en la producción y exportación de gas natural, aunque existe una cantidad importante de importaciones, lo cual marca que no somos autosuficientes con respecto a este recurso.

---

<sup>116</sup> Entrevista al Dr. Carlos Pérez, Instituto de Investigaciones Eléctricas, octubre-2003, con motivo de esta investigación.

<sup>117</sup> A. M. Sordo, “Exploración y Explotación”, *Posibilidades y Limitaciones de la Planeación Energética en México*, Colegio de México, 1988, p.148.

<sup>118</sup> A.M. Sordo, *op. cit.*, p.235

**Cuadro 2. 4. México: Producción, exportación e importación de gas natural**

(miles de barriles diarios)

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Producción	3 634	3 584	3 576	3 759	3 625	4 195	4 467	4 791	4 791	4 679	4 511
Exportación	-	-	5	19	21	36	43	40	138	24	25
Importación	164	250	97	125	173	84	115	153	149	231	292

Fuente: PEMEX, Informe Petróleos Mexicanos, 2003, p. 3

Ahora bien, debemos hacer una parada en la generación de electricidad, la cual es una actividad energética importantísima, ya que es la forma cotidiana en que llega a los consumidores finales residenciales, industriales y de transportes, aunque no se puede menospreciar el hecho de que también algunos aparatos e industrias funcionan con otro tipo de energéticos.

A finales del siglo XIX la mayoría de las minas y pozos petroleros en territorio nacional pertenecían a compañías Inglesas, Norteamericanas y en menor medida Francesas. La electricidad fue usada por esas empresas mineras casi al mismo tiempo que en el resto de los países industrializados de la época. “A pesar de que México no participó en los albores de la investigación científica y aplicada de la electricidad, muy temprano conocimos esta nueva tecnología. Se dice que la primera planta generadora se instaló en 1879 en León, Guanajuato. Dos años después, las primeras lámparas de arco iluminaban algunas calles y salones de la ciudad de México.”<sup>119</sup>

A principios del siglo XX ya había 177 compañías extranjeras que comercializaban energía en las principales ciudades del país.<sup>120</sup> La generación de energía eléctrica en sus inicios dependió fundamentalmente de plantas hidroeléctricas y en menor medida de motores de vapor, las de combustión interna con motores a base de gasolina, diesel, tractolina y petróleo diáfano siempre fueron muy pequeñas.

“En enero de 1934 se autorizó al Ejecutivo Federal a constituir la Comisión Federal de Electricidad, la cual fue creada el 14 de agosto de 1937. La planeación en el desarrollo eléctrico, la mejor explotación y ubicación de los recursos, la sintonía con los programas de desarrollo

<sup>119</sup> Rolando Ramírez, “La Electricidad en México” en *Con Ciencia Política y Pensamiento*, enero, 2004, [www.energia.org.mx](http://www.energia.org.mx)

<sup>120</sup> Nora Lina Montes y J. Navarro, “Desarrollo de la Planeación de la Industria Eléctrica Mexicana” en *Posibilidades y Limitaciones de la Planeación Energética en México*, Colegio de México 1998, p.88

económico y la formación de técnicos fue la gran tarea de la CFE. El 11 de febrero de 1939 se publicó en el *Diario Oficial de la Federación* la primera Ley de la Industria Eléctrica.<sup>121</sup>

Se observa en el cuadro 2.5 el constante crecimiento en la producción de energía eléctrica mexicana por lo menos hasta el 2001, pues con posterioridad la tendencia es decreciente, mucho se habla de que esta situación se debe a la estrategia elaborada por el gobierno para justificar la privatización de la industria eléctrica en aras de la ineficiencia e insuficiencia de la empresa estatal para afrontar las necesidades energéticas del país.

Cuadro 2.5. Evolución de la generación de energía eléctrica por empresa de origen 1944-2003 <sup>1</sup> (Gigawatts-hora)						
Año	CFE	AFILIADAS	CLFC	NF	TOTAL	Crecimiento %
1944					2536	
1945					3068	21
1950					4423	44
1955					7002	58
1960	4,063	544	2,478	1,504	8,589	23
1962	5,183	618	3,153	1,431	10,385	21
1964	8,866	495	2,660	1,439	13,460	30
1966	12,071	648	2,008	1,435	16,162	20
1968	17,923		2,096		20,019	24
1970	22,914		3,116		26,030	30
1972	28,373		3,160		31,533	21
1975	36,718		4,162		40,880	30
1980					66,956	64
1985					93,404	40
1990					122,757	31
1995					151,544	23
1996					161,069	6
1997					168,982	5
1998					170,536	1
1999					179,068	5
2000					189,995	7
2001					190,881	0.5
2002					177,048	-7
2003					169,316	-4

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, diversos documentos.  
<sup>1</sup> La información del origen tuvo importancia en los años de la nacionalización  
 NF= Nacional Financiera

<sup>121</sup> Rolando Ramírez, *op. cit.*

En el año de 1965 la generación eléctrica comercial prácticamente dependía de dos fuentes: la hidráulica y la termoeléctrica con una contribución de 51.6% y 48.4%, según lo muestra el Balance Nacional de Energía.<sup>122</sup> En la década de los 70, inicia la instalación de Turbinas Geotérmicas en Sonora y posteriormente en Michoacán, que para 1980 ya contribuían con 1.03% de la capacidad instalada. Las plantas carboeléctricas que se instalan en 1981, para 1985 habían crecido hasta significar un 4.3% de la planta instalada<sup>123</sup>, mientras que las geotérmicas crecieron a 2.4%. La planta nuclear de Laguna Verde Veracruz ingresa al balance nacional de energía en 1989 significando el 2.67%. La capacidad instalada de las diferentes alternativas de generación eléctrica han crecido y para el año 2001 las de carbón contribuían con 7.02%, Nuclear 3.68%, Hidroeléctrica 25.95%, Geotérmica 2.26, Eólica .01% y Termoeléctrica con 61.08%.(Cuadro 2.6)

Puede apreciarse que la mayor parte de electricidad que llega a los consumidores finales en México es producto de la quema de algún combustible fósil, ya que el 61.08% es producido en las plantas termoeléctricas. En este sentido, podemos afirmar que la tecnología históricamente predominante en nuestro país contribuye a la explotación indiscriminada de los recursos energéticos no renovables y a la continua emisión de gases contaminantes lanzados a la atmósfera, debido a lo cual ocupamos el lugar 15 a nivel mundial en la lista de los mayores contribuidores al calentamiento global de la Tierra.

Año/Year	Carbón/Coal	Nuclear	Hidro/Hydro	Geotérmica	Eólica	Termoeléct.	Total
1965	0.0	0.0	2,149.0	0.0	0.0	2,016.0	4,165.0
1970	0.0	0.0	3,228.0	0.0	0.0	2,840.0	6,068.0
1975	0.0	0.0	4,044.0	75.0	0.0	5,711.0	9,830.0
1980	0.0	0.0	5,992.0	150.0	0.0	8,483.0	14,625.0
1985	900.0	0.0	6,532.0	425.0	0.0	12,950.0	20,807.0
1990	1,200.0	675.0	7,805.0	700.0	0.0	14,919.0	25,299.0
1995	2,250.0	1,309.0	9,329.0	753.0	2.0	19,394.0	33,037.0
2000	2,600.0	1,365.0	9,619.0	855.0	2.0	21,772.0	36,213.0
2001	2,600.0	1,365.0	9,619.0	838.0	2.0	22,639.0	37,063.0
2002	2,600.0	1,365.0	9,619.0	843.0	2.0	20,566.0	34,995.0
2003	2,600.0	1,365.0	9,619.0	960.0	2.0	20,565.0	35,111.0

Fuente: SENER, Balance Nacional de Energía 2002.

<sup>122</sup> Balance Nacional de Energía 2001, publicado en Internet. [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)

<sup>123</sup> La capacidad eléctrica de una planta se da en unidades de potencia, por ejemplo: MW = mil kilowatts. La capacidad de generación, es decir, la energía producida, tiene que ver con el número de horas que la planta puede operar, por día, mes o año. Una planta de 10 MW en un año produce energía por 87,600 MWh, si funcionó 24 horas diarias, 365 días, como esto no siempre es posible, por paros de mantenimiento, siempre producirá una cantidad menor: 70,080 MWh, operando a 80% de utilización.

Los datos antes presentados nos permiten reafirmar el avance logrado por México en cuanto al uso de diversas fuentes de energía; sin embargo, se aprecia que el petróleo en los últimos tiempos se ha convertido en el punto medular de la generación energética, lo cual en el futuro próximo podría convertirse en su talón de Aquiles, tal como se verá más adelante.

## **2.2. Balance Energético**

Hasta este momento se ha tratado de dar el contexto en el cual se forman las cifras energéticas actuales, poniendo de manifiesto la excesiva dependencia que al menos desde la expropiación petrolera tenemos con respecto a dicho recurso; aunque sin perder de vista la contribución de otras fuentes a la satisfacción energética nacional.

El balance energético de cualquier país esta formado al menos por dos componentes fundamentales a saber: producción y consumo, de dónde se derivan otras especificidades.

El primer elemento indica las fuentes de las cuales procede la energía, señalando las estrategias de dónde depende en mayor medida la energía necesaria para cubrir la demanda nacional; la variedad o marcada dependencia de uno o algunos recursos naturales; el monto de energía producida.

Por su parte, el consumo expresa las actividades a las que se dirige la energía obtenida, por ejemplo, el consumo interno refleja las cantidades de energía absorbidas por los diferentes sectores, mientras que las exportaciones tan sólo muestran la energía vendida al exterior.

De ambos indicadores se deduce el potencial de un país para satisfacer las necesidades propias y de exportación; las fuentes en que tiene mayor o menor capacidad; los sectores en los cuales debe elaborarse un plan de ahorro de energía y de eficiencia, etc.

De acuerdo con los párrafos precedentes resulta interesante presentar el balance de energía de México para poder señalar los matices que pueden hacerse en la política energética, hacer algunas propuestas respecto a los problemas observados especialmente el medioambiental, donde se observan graves consecuencias a nivel global.

## 2.2.1. Producción

A continuación se presenta un cuadro que contiene la producción de energía primaria, distinguiendo entre la producida mediante fuentes no renovables y renovables, esto nos indica de dónde proviene la energía que consume nuestro país. (Ver cuadro 2.7)

**Cuadro 2. 7. México: producción de energía acumulada por periodos\*1995-2001**  
(Petajoules)

Años	1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001	1965-2001
<b>Total</b>	1,594	9,541	12,127	22,287	41,226	39,662	41,399	46,836	9,734	224,406
<b>%No renovables</b>	78.2%	78.4%	80.6%	88.5%	92.8%	92.4%	91.6%	91.4%	91.8%	90.4%
No Renovables	1,247	7,478	9,772	19,733	38,273	36,630	37,924	42,815	8,940	202,811
<b>Carbón</b>	25	161	296	347	505	690	725	1,011	239	3,999
<b>Petróleo crudo</b>	710	4,232	5,725	13,981	28,798	27,784	28,869	32,077	6,812	148,989
<b>Condensados</b>	0	3	1	22	473	936	967	698	138	3,237
<b>Gas no asociado</b>	423	2,403	2,379	1,680	1,518	997	1,085	1,788	430	12,704
<b>Gas Asociado</b>	89	679	1,370	3,703	6,979	6,224	6,277	7,240	1,321	33,882
<b>%Renovables</b>	21.8%	21.6%	19.4%	11.5%	7.2%	7.6%	8.4%	8.6%	8.2%	9.6%
<b>Renovables</b>	347	2,063	2,355	2,555	2,953	3,031	3,475	4,022	795	21,595
<b>Nucleoenergía</b>	0	0	0	0	0	35	282	497	97	910
<b>Hidroenergía</b>	119	836	1,005	1,064	1,348	1,155	1,275	1,525	292	8,617
<b>Geoenergía</b>	0	0	15	45	76	242	298	292	57	1,025
<b>Energía Eólica</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.104	0.288	0.071	0.463
<b>Bagazo de caña</b>	49	286	323	362	399	444	423	462	93	2,841
<b>Leña</b>	180	941	1,011	1,084	1,130	1,156	1,198	1,245	256	8,200

\*Periodos de 5 años, excepto 1965 y 2001, que corresponden a un año y la última columna al periodo de 1965 a 2001.  
Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, Balance Nacional de Energía, 2001.

Los datos del cuadro 2.7 revelan que el 90.4% de la producción de energía primaria entre el año 1965 y el 2001, fue obtenida mediante la explotación de las fuentes no renovables; mientras que tan sólo un 9.6% tiene su origen en recursos renovables.

Además, puede observarse que aproximadamente el 73.4 % del grupo correspondiente a las fuentes fósiles es obtenido a partir del petróleo crudo y seguido por el gas asociado, reafirmando la posición mexicana como país petrolero.

En el caso de las energías renovables tenemos que la hidroenergía y la leña aportan en mayor medida a este balance; mientras que la nucleoenergía y la eólica son las que menos contribuyen. No obstante, sorprende no encontrar contabilizada la energía derivada de las

tecnologías solares, por ello se tuvo que acudir a los datos proporcionados por la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) en su *Informe de la Reunión de Expertos de la Planeación Estratégica para el Aprovechamiento de las Energías Renovables en México*, de acuerdo con la cual en el año 2000 se generaron 1.9 Petajoules, es decir, aproximadamente 50 veces más que la energía eólica en ese año.

Resulta preocupante que la leña siga siendo una de las principales fuentes de energía, pues en nuestro país encontramos cifras alarmantes en cuanto a la pérdida de amplias zonas boscosas. Habría que investigar puntualmente de dónde esta saliendo la leña con la que el sector energético se dota.

México, desde hace varias décadas se ha propuesto incrementar la contribución de las energías renovables en el balance energético nacional, sin embargo, las cifras hablan de una realidad que esta lejos del discurso. El cuadro 2.8 muestra el crecimiento porcentual anual de la producción de energía primaria, es evidente que la política energética ha estado inclinada hacia la dependencia de las energías fósiles.

<b>Cuadro 2. 8. México: Crecimiento porcentual de la producción de energía 1965-2001.</b>				
Año	No Renovable		Renovable	
	PJ	%	PJ	%
1965	1,246.90		347.1	
1970	1,685.40	35.17%	451.9	30.19%
1975	2,475.60	46.89%	478.1	5.80%
1980	5,845.40	136.12%	511.7	7.03%
1985	7,581.00	29.69%	624.1	21.97%
1990	7,420.10	-2.12%	651.9	4.45%
1995	7,389.20	-0.42%	766.8	17.63%
2000	8,783.20	18.87%	835.4	8.95%
2001	8,939.90	1.78%	794.6	-4.88%
1965-2001	202,811		21,594.	
1965-2001	Crecimiento	616.97%		128.93%

Fuente: Elaboración propia datos de SENER 2001

El crecimiento en el periodo estudiado fue para las no renovables de 616.97%, mientras que las energías renovables sólo crecieron 128.93%, estas cifras despejan las dudas respecto a cual ha sido la prioridad. En el año 1965 el 21.8% de la producción de energía primaria era renovable, mientras que el 78.2% de la producción fue no renovable. Para el año 2001, la situación cambió a

sólo 8.6% de producción de energía renovable y 91.4% la producción para las no renovables. El retroceso es alarmante.

## 2.2.2. Consumo

Ahora bien, del total de energía producida en nuestro país, una parte muy importante va ha dar al extranjero por concepto de exportaciones. Así pues, se preparó el siguiente cuadro para comparar las importaciones de energía y las exportaciones, con los valores de cada producto, para el año 2001 y para la suma total de un periodo de 37 años que empieza en 1965 y termina en 2001. Las últimas dos columnas de la derecha indican la diferencia entre exportación menos la importación, destacando que México es un país exportador de energía primaria, sobre todo petróleo crudo. (Ver cuadro 2.9)

Año	Importación		Exportación		E - I	
	2001	1965-2001	2001	1965-2001	2001	1965-2001
<b>Total</b>	872.37	9,560	3,932	77,092	3,060.0	67,532
<b>Carbón</b>	76.35	653	0.18	8	-76.2	-645
<b>Petróleo crudo</b>	0.00	249	3,725	70,679	3,725.5	70,430
<b>Coque</b>	54.41	324	0.03	10	-54.4	-313
<b>GLP</b>	136.03	1,808	4.28	549	-131.8	-1,259
<b>Gasolinas</b>	254.14	2,424	136.00	1,358	-118.1	-1,066
<b>Querosenos</b>	3.95	63	5.14	384	1.2	322
<b>Diesel</b>	13.58	383	19.83	761	6.3	378
<b>Combustóleo</b>	198.79	2,722	22.288	2,072	-176.5	-650
<b>Productos no energéticos</b>	0.00	129	9.4	340	9.4	211
<b>Gas natural</b>	133.93	745	8.7	851	-125.2	106
<b>Electricidad</b>	1.18	60	0,976	79	-0.2	19

Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2002, SENER.

La primera observación que se puede deducir del cuadro anterior es que México exportó para el periodo 1965-2001 el 34.35% de toda la energía primaria producida y el 31.43% en el año 2001. La energía exportada fue en su mayoría petróleo crudo con 91.7% de energía exportada (1965-2001), es decir, materia prima. En los productos elaborados por refinación como la gasolina y gas LP se importaron algunas cantidades.

Estas cifras indican que no hemos podido superar el estigma del país subdesarrollado, ya que continuamos siendo un mero “exportador bananero”, es decir, vendemos al exterior productos sin valor agregado, tan solo materias primas que después nos son devueltas en mercancías de alto valor. De hecho, se aprecia que al no tener la suficiente infraestructura en refinerías nos hemos visto obligados a importar gasolina y gas LP.

El cuadro 2.10 nos muestra el consumo de energía del sector eléctrico, con 17.1% (1662.4 PJ) del total de energía primaria del año 2001, destacándose como combustibles más usados el combustóleo y el gas. Sin embargo, hay que hacer notar que el sector eléctrico consume estos energéticos para transformarlos a energía de mayor calidad, es decir, energía eléctrica. En esta transformación se pierde el 11% (1070.6 PJ) y finalmente sólo se aprovecha como energía eléctrica el 6.09% (591.8 PJ).<sup>124</sup>

En este consumo de energía no se considera la energía geotérmica, la eólica, la hidráulica y la solar, pues partimos de que realmente no están agotando un recurso antes obtenido al producir electricidad, sino que se trata de una transformación directa que no implica la dilapidación de las fuentes ofrecidas por la naturaleza.

<b>Cuadro 2. 10. México: consumo de energía en la generación eléctrica.</b>	
<b>Año 2001</b>	<b>PJ</b>
<b>Carbón</b>	227.0
<b>Uranio</b>	96.7
<b>Diesel</b>	18.7
<b>Combustóleo</b>	915.2
<b>Gas</b>	404.8
<b>Total</b>	1662.4
<b>9,734</b>	<b>17.1%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2002, SENER.

Parece algo irracional transformar un recurso no renovable a electricidad debido al bajo rendimiento. Con el cambio a generación eléctrica por medio del ciclo combinado la mejoría es notable, sólo se perdería la mitad de éste 17.1% (8.55%) y se aprovecharía 8.55% (831.2 PJ), es decir, un 2.46% más (239.38 PJ), que supera al consumo total del carbón usado en las plantas

<sup>124</sup> Para más información sobre estos datos consultar el cuadro 21 ubicada en este capítulo.

carboeléctricas en el año 2001(227 PJ = 11.65 Millones de Toneladas de carbón).<sup>125</sup> Las plantas generadoras de ciclo vapor simple tienden a desaparecer por esta razón. Desde luego lo importante es aprovechar al máximo las inversiones ya realizadas y convertir a ciclo combinado el mayor número posible de plantas ciclo vapor aún en buenas condiciones.

Sin embargo, es posible comenzar a reemplazar aquellas que son obsoletas y dirigir la inversión a la creación de plantas que aprovechen las fuentes de energía renovables, tal y como lo esta planeando nuestra contraparte europea, pues las nuevas instalaciones incluso refiriéndonos a las que aprovechan las fuentes convencionales de energía implican un gasto enorme inicial, por ello vale la pena –mirando el futuro agotamiento de los fósiles y el calentamiento global– impulsar las inagotables por razones económicas y medioambientales.

Económicamente hablando el petróleo y sus derivados tienden normalmente a la alza debido a los conflictos políticos suscitados en las regiones poseedoras del oro negro, la baja de las reservas probadas, la dificultad de explotación de nuevos yacimientos por cuestiones tecnológicas, etc., todo esto hace en conjunto que sea necesario encontrar y usar otras fuentes de energía menos costosas.

En el sentido medioambiental, como se ha expresado a lo largo de este trabajo, la utilización de energías renovables evita la sobreexplotación de los combustibles fósiles y tienen la ventaja de emitir gases contaminantes sustantivamente bajos que coadyuvan a evitar la crisis ecológica.

Cabe señalar que en el mercado nacional el consumidor más importante de energía es el sector transporte, seguido por el industrial. (Ver cuadro 2.11)

Residencial, comercial y público	841.8
Transporte	1603.0
Agropecuario	110.4
Industrial	1166.4
Total consumo final por sector	3721.6
Exportaciones	3932.0
Electricidad	1662.4
Total producción de energía	9734.0
Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2002, SENER.	

<sup>125</sup> Cálculos realizados por el Ing. Iván Uranga Favela.

Tal y como se aprecia en el cuadro 2.11, el mayor consumidor de energía es el sector transporte y dentro del mismo, el que encabeza la lista es el autotransporte. (Ver cuadro 2.12) Claramente destaca la distancia que mantiene ésta con las demás modalidades de transporte 88.3% (1,416 PJ) respecto al total de transporte, mostrando una marcada ineficiencia. De toda la energía que utiliza un automóvil de gasolina, solo el 1% se convierte efectivamente en tracción en las llantas.<sup>126</sup>

Desde luego este dato de energía del cuadro incluye agrupados los automóviles, camiones, trailers y otros vehículos de transporte por carretera.

Cuadro 2. 12. México: consumo final sector transporte. (Petajoules)							
Año 2001	Auto	Aéreo	Mari- timo	Ferro- viario	Eléc- trico	Total	
<b>Total de petrolíferos</b>	1,416	115.94	45.03	22.55		1,599	
<b>Gas licuado</b>	45	0.83				46	
<b>Gasolinas</b>	997					997	
<b>Querosenos</b>		115.11				115	
<b>Diesel</b>	373		36.95	22.55		433	
<b>Combustóleo</b>			8.08			8	
<b>Total de gas natural</b>	0.21					0.21	
<b>Gas no asociado seco</b>						0	
<b>Gas natural</b>						0	
<b>Electricidad</b>				0.099	3.98	4	
<b>Total</b>	1,416	116	45	23	3.98	1,603	
	9,734	14.5%	1.2%	0.5%	0.2%	0.04%	16.5%

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del *Balance Nacional de Energía*, PEMEX, 2002.

Con estas cifras no es de extrañar que en otros países se impulse el uso de bicicletas y transporte público; el desarrollo de transporte más eficiente que recorra el mismo kilometraje con menos combustible; y se empleen cuantiosos recursos para el desarrollo de combustibles más poderosos como el hidrógeno, ya que podemos encontrar problemáticas muy parecidas en Estados Unidos y Europa. Ciertamente, la mayoría de las áreas urbanas están altamente contaminadas debido al desarrollo incontrolado del transporte privado.

<sup>126</sup> Ernst Ulrich von Weizsäcker, Amory B. Lovins, L. Hunter Lovins, *Factor 4. Duplicar el bienestar con la mitad de recursos naturales*, Ed. Círculo de Lectores, Barcelona, España, 1997, pp. 41

El segundo consumidor es el sector industrial. Los datos referentes a este sector se presentan en los cuadros 2.13 y 2.14; los cuales fueron divididos por motivos de espacio, en la columna *otros* están agrupadas todas las ramas industriales que no aparecen especificadas.

Toda la industria, en el año 2001, consumió el 12.1% (1,175 PJ) de la energía total producida (9,734 PJ) siendo la industria de la siderurgia el mayor consumidor con 2.3% (222 PJ), seguido por la industria química con 1.3% (127 PJ), luego la industria del azúcar con el 1.2% (115 PJ) y la del cemento con 1.2% (113 PJ). (Ver cuadros 2.13 y 2.14)

Estos datos nos pueden dar una idea de qué ramas de la industria deben ser considerados dentro de un plan de eficiencia energética, refiriéndonos básicamente a la necesidad de implementar programas de sustitución de maquinaria y modernización de las plantas en aras de un mejor aprovechamiento energético.

<b>Cuadro 2. 13. México: consumo final de energía por industria. (Petajoules)</b>										
<b>Año 2001</b>	Otros	Tabaco	Aluminio	Hule	Construcción	Aguas envasadas	Automotriz	Fertilizantes	Cerveza y malta	Total
<b>Total de petrolíferos</b>	83	0.10	0.05	1.69	6.02	5.23	1.82	0.09	6.84	105
<b>GLP</b>	32.19		0.04	0.01		0.78	1.53		0.39	35
<b>Querosenos</b>	2.16		0.00							2
<b>Diesel</b>	31	0.00	0.01	1.04	6.02	2.54	0.30	0.09	0.10	41
<b>Combustóleo</b>	17	0.10	0.00	0.65		1.92	0.00	0.00	6.35	26
<b>Gas Natural</b>	0	0.12	1.15	3.12		2.44	3.00	2.85	8.02	21
<b>Electricidad</b>	226	0.16	3.50	1.36	1.36	2.61	4.54	0.69	1.24	242
<b>Total</b>	309	0.37	5	6.17	7	10.28	9.36	3.64	16.10	367
9,734	3.2%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.2%	3.8%

Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2002, proporcionados por la SENER.

<b>Cuadro 2. 14. México: consumo final por industria II. (Petajoules)</b>									
<b>Año 2001</b>	<b>Siderurgia</b>	<b>Química</b>	<b>Azúcar</b>	<b>Petroquímica</b>	<b>Cemento</b>	<b>Minería</b>	<b>Celulosa y papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Total</b>
<b>Total de combustibles sólidos</b>	71.78		86.78		34.19	6.76	0.47		200
<b>Bagazo de caña</b>			86.78				0.47		87
<b>Coque</b>	71.78				34.19	6.76			113
<b>Total de petrolíferos</b>	13.98	36.80	28.25	0.52	59.15	15.72	15.94	3.23	174
<b>GLP</b>	0.01	0.65				2.68	0.29	0.10	4
<b>Querosenos</b>	0.00					4.71		0.00	5
<b>Diesel</b>	0.83	4.15	0.05	0.47	0.31	4.71	0.88	0.12	12
<b>Combustóleo</b>	13.14	32.00	28.20	0.05	58.84	8.33	14.77	3.01	158
<b>Gas Natural</b>	109.62	71.44		86.23	6.38	26.34	12.16	20.40	333
<b>Electricidad</b>	26.69	18.37	0.46	0.00	13.53	19.92	9.03	4.78	93
<b>Total</b>	222	127	115	87	113	69	38	37.60	808
	9,734	2.3%	1.3%	1.2%	0.9%	1.2%	0.7%	0.4%	8.3%

Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2002, proporcionados por la SENER.

Dentro de este análisis, resulta interesante hacer una referencia al consumo eléctrico por sectores residencial, comercial y público en conjunto, pues consumieron el 8.5% (824 PJ) del total de energía producida, destacándose el sector residencial con el 7.1% (691 PJ), como lo muestra el cuadro siguiente. (Ver cuadro 2.15)

Debe destacarse que el sector público ha disminuido su consumo gracias a la aplicación de programas de ahorro energético. El consumo residencial es un foco rojo que debe ser atendido diseñando planes ad-hoc con su especificidad, algunos proyectos se han puesto en marcha tales como el etiquetado de aparatos eléctricos con las especificaciones técnicas de consumo/ahorro de energía, el cual no ha tenido un impacto demasiado significativo debido a la desinformación existente entre la población, sin embargo, en algunas regiones como el norte del país también se están sustituyendo aparatos antiguos por modernos más eficientes y como los equipos de calefacción y aire acondicionado consumen mucha energía resultando ser muy caros, la población está más atenta a la posibilidad de pagar menos.

<b>Cuadro 2. 15. México: consumo por sector 2001.</b> (Petajoules)				
<b>Año 2001</b>	<b>Residencial</b>	<b>Comercial</b>	<b>Público</b>	<b>Total</b>
<b>Leña</b>	256			256
<b>Total de petrolíferos</b>	285	68.3		353
<b>GLP</b>	283	65.0		348
<b>Querosenos</b>	2	0.0		2
<b>Diesel</b>		3.4		3
<b>Combustóleo</b>		0.0		0
<b>Gas Natural</b>	12	0.0		12
<b>Electricidad</b>	138	43.8	21.5	203
<b>Total</b>	691	112.1	21.5	824
9,734	7.1%	1.2%	0.2%	8.5%

Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2002, proporcionados por la SENER.

Finalmente, separamos de cada uno de los cuadros anteriores la fila correspondiente a la electricidad y preparamos el siguiente cuadro, que muestra el consumo de ésta energía en el sector industrial, residencial, comercial, público y transporte, todo con la intención de corroborar las cifras antes proporcionadas, encontrándose algunas diferencias pero dentro del rango de versatilidad estadística. (Ver cuadro 2.16)

<b>Cuadro 2. 16. México: consumo final de energía eléctrica por sector 2001.</b> (Petajoules)			
Siderurgia	26.69	Otros	226.00
Química	18.37	Tabaco	0.16
Azúcar	0.46	Aluminio	3.50
Petroquímica	0.00	Hule	1.36
Cemento	13.53	Construcción	1.36
Minería	19.92	Aguas envasadas	2.61
Celulosa y papel	9.03	Automotriz	4.54
Vidrio	4.78	Fertilizantes	0.69
Residencial	138.00	Cerveza y malta	1.24
Comercial	43.80	Ferrovionario	0.09
Público	21.50	Eléctrico	3.98
<b>Total consumo (PJ)</b>		<b>542.08</b>	
<b>Industria total</b>	<b>334.65</b>	<b>Transporte total</b>	<b>4.08</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2002, proporcionados por la SENER.

El dato de la energía generada cuando la afectamos por la eficiencia de planta instalada 35.6% (según SENER) nos dio como salida de generación eléctrica 6.09% (591.8 PJ) respecto al total de energía primaria producida. Bueno, pues resulta que hay una diferencia de 49.72 PJ con el dato de el cuadro anterior (542.08 PJ).<sup>127</sup> La diferencia puede ser atribuida a pérdidas de transformación de voltaje, de transmisión y distribución.

A manera de resumen puede decirse que los planos en donde la política energética mexicana debe actuar de manera urgente es: en el desarrollo de infraestructura que le permita producir energéticos de valor agregado, o sea, refinados que se cotizan a mayores precios en el mercado internacional, lo cual le permitiría un margen mayor para financiar su desarrollo y al mismo tiempo sustituir la importación de los mismos; en poner mayor atención en el impulso de energías renovables a manera de sustitución de las plantas dependientes de combustibles fósiles que ya son obsoletas; en transformar el resto de plantas que funcionan con energías no renovables y pueden ser transformadas en ciclo combinado que es una forma de producción y aprovechamiento más eficiente; en darle la importancia que requiere el redirigir el consumo hacia el uso racional de la energía en el sector transporte, residencial e industrial, que es en las áreas donde más hace falta.

---

<sup>127</sup> Cálculos realizados por el Ing. Iván Uranga Favela.

## 2.3. Problemática Energética

Para efectos de este trabajo, nos interesa centrarnos básicamente en analizar tres vertientes que a nuestro juicio son fundamentales para justificar el empleo de energías renovables dentro del sector energético mexicano: las reservas de hidrocarburos, la eficiencia energética y la emisión de gases contaminantes. No obstante, podemos señalar otros temas de preocupación que están en el ojo público, especificando que no forman parte del presente estudio, tales como la privatización de dicho sector y la inversión de recursos económicos en el desarrollo de más exploraciones y refinerías.

### 2.3.1. Reservas de hidrocarburos

De acuerdo con la información proporcionada en el título anterior, puede decirse que los hidrocarburos son nuestro principal recurso para producir la energía primaria requerida por el país y continuarán siéndolo en el corto y mediano plazo, por esta razón es importante atender la relación reservas-producción, pues nos proporcionan la cantidad aproximada al número de años en que puede ser satisfecho el suministro a partir de los hidrocarburos. (Ver cuadro 2.17)

	Producción	Reservas totales	Crudo	Condensados	Gas seco	Relación Reservas /Producción
1995	1,293.0	63,220.0	43,127.0	6,648.0	13,445.0	48
1996	1,413.0	62,058.0	42,146.0	6,650.0	13,262.0	48
1997	1,504.0	60,900.0	42,072.0	6,400.0	12,428.0	43
1998	1,548.0	60,160.0	41,392.0	6,430.0	12,338.0	40
1999	1,433.8	57,741.2	41,084.0	5,874.7	10,802.5	39
2000	1,468.7	58,244.1	41,496.3	6,038.3	10,762.5	41
2001	1,493.6	56,154.0	39,917.9	5,573.8	10,662.3	38
2002	1,424.5	52,951.0	38,286.1	4,926.7	9,738.2	38

Fuente: Secretaría de Energía, con datos proporcionados por Petróleos Mexicanos, 2003.

El cuadro anterior ilustra el comportamiento de las reservas entre 1995 y 2002. Normalmente, las reservas siempre tienden a la baja, pues constantemente los hidrocarburos son extraídos para cubrir la demanda energética; su incremento depende del hallazgo de nuevos

pozos, la capacidad tecnológica para explotarlos, etc. Por ejemplo, PEMEX ha desarrollado una clasificación que divide en tres categorías las reservas de hidrocarburos: las probadas, que son las que cuentan con elementos susceptibles de desarrollo; las probables, en las que hay hidrocarburos, pero su extracción depende de la rentabilidad, y las posibles, donde los estudios todavía no determinan la susceptibilidad para su explotación. (Ver cuadro 2.18)

Tipo	2001				2002			
	Crudo	Líquido del gas <sup>b</sup>	Gas seco	Total	Crudo	Líquido del gas <sup>b</sup>	Gas seco	Total
Probadas	23660.4	3280.4	5673.5	32614.4	22419.0	3005.9	5412.6	30837.5
Probables	8982.3	1054.7	2159.3	12196.2	8930.4	948.4	1983.7	11862.5
Posibles	725.2	1238.7	2829.4	11343.4	6936.6	972.5	2341.9	10251.0

<sup>b</sup> Incluye condensados

Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2002, SENER.

Los cuadros 2.17 y 2.18, expresan visiblemente la declinación de las reservas en las tres categorías, pero no debe perderse de vista que esta reducción tiene un componente de falta de exploración e inversión, además de la dilapidación de los recursos.

Desde 1980 a la fecha, las reservas en años han variado entre 60 en 1982 (el más alto) y 38 en 2001-2002 (el más bajo).<sup>128</sup> Cualquiera que sea la categoría, todas las reservas han caído en los últimos 23 años. El descenso de las probadas ha sido de casi 86% entre 1980 y 2003; la caída en las probables es de 79.4% y la baja en las posibles, es de 74.3%. La declinación de las reservas probadas es un hecho.<sup>129</sup>

Aunado a estas deprimentes conclusiones sobre las reservas, apareció un informe publicado por la Securities and Exchange Comisión (SEC) de los Estados Unidos de América (2003), que ubicaba las reservas probadas de petróleo mexicanas en tan sólo 13 de vida útil de acuerdo con los volúmenes de extracción de 3,343,500 barriles diarios que en promedio se obtuvieron en los dos últimos años, lo cual causó gran preocupación, pues se puso de manifiesto el peligro del suministro energético y la pérdida de divisas para los años posteriores al 2016.

<sup>128</sup> Secretaría de Energía, con datos proporcionados por Petróleos Mexicanos, 2003.

<sup>129</sup> Secretaría de Energía, con datos proporcionados por Petróleos Mexicanos, 2003 /David Márquez Ayala. "Reporte Económico: PEMEX. Registro de Operaciones 1992-2002", en *La Jornada*, 14 de abril de 2003, p. 28.

Como es de suponerse, el mencionado informe provocó gran nerviosismo, ya que las exportaciones petroleras representan aproximadamente el 8.4% del total de las exportaciones nacionales y el 37% de los ingresos fiscales por impuestos a los hidrocarburos de donde se financia el aparato burocrático, las obras públicas de mejoramiento y se paga el servicio de la deuda externa nacional.<sup>130</sup>

En respuesta, PEMEX agregó que la caída en las reservas probadas se debió a la eliminación en la contabilidad de la producción del yacimiento de Chicontepec, ya que en términos actuales su explotación no es rentable, técnicamente su explotación es cara y no compensaría la inversión con el costo de la producción; aunado a las fuertes cargas impositivas sobre la empresa que se reflejan en la falta de reinversión.

Sin embargo, la aclaración de PEMEX puede ponerse en duda si recordamos que en otros momentos históricos han existido reservas ficticias. Remontémonos a épocas pasadas, en 1976 fue descubierto Cantarrell el mayor yacimiento del país y AbkatUn en 1978 el segundo más grande, los cuales incrementaron visiblemente las reservas probadas mexicanas, de 4,000 millones de barriles en 1975 pasamos a 10,400 millones en 1977, para 1978 contábamos con 25,600 millones, en 1980 44,000 y en 1983 casi 50,000 millones de barriles.<sup>131</sup>

Debido a que enfrentamos fuertes devaluaciones en 1994 y 1995, fue necesario pedir macro-préstamos apoyados en garantías petroleras, por ello se realizó una revisión a fondo de las reservas declaradas de 1996 a 1998, con el proyecto y la supervisión por parte de una empresa especializada estadounidense y la ejecución por parte de PEMEX. El resultado fue que muchas de las reservas antes oficiales no eran reales. Todavía hubo otra revisión posterior, y de los tales 50 mil millones de barriles de reservas probadas de petróleo crudo lo único que tuvimos al primero de enero de 2003 fueron 15 mil millones, menos de la tercera parte.<sup>132</sup> En los siguientes renglones se tratará de hacer una somera explicación de cómo se distribuye la producción petrolera

---

<sup>130</sup> Los estados recibieron 16,254.2 millones de pesos el año pasado por concepto de ingresos petroleros excedentes, cifra 23.7 por ciento superior a la de 2003. Así, mexicanos de todo el país se beneficiaron con la realización de 5 mil 228 proyectos de infraestructura. Según la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) 47.4 por ciento de los recursos se dedicaron a proyectos de infraestructura en comunicaciones y transportes. El resto se empleó en proyectos para desarrollo rural y agropecuario; rural; desarrollo social; seguridad pública y justicia, entre otros. En 2003, los gobiernos estatales pudieron ejecutar 2, 419 proyectos de inversión que incluyeron acciones de construcción, ampliación, modernización, mejora, mantenimiento y equipamiento de infraestructura. Orquidea Soto, "El año pasado los estados recibieron 23.7 por ciento más recursos que en 2003", en *El Universal*, 13/01/2005, <http://estadis.eluniversal.com.mx/finanzas/43809.html>

<sup>131</sup> Antonio Gershenson, "Reservas Petroleras en Irak y en México", en *La Jornada*, 8 de junio, 2003.

<sup>132</sup> *Ibid.*

mexicana, para dar una idea de a donde van a parar nuestras reservas de crudo. En el cuadro 2.19 se presentan las ventas internas e internacionales.

**Cuadro 2. 19. PEMEX. Estadísticas Básicas de Operación (1992-2002)**

2 PRODUCCIÓN	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Var % 02-92
Hidrocarburos Líq.	3,116	3,128	3,138	3,062	3,277	3,410	3,498	3,343	3,450	3,560	3,585	15.1
Gas Natural (MMpcd)	3,584	3,576	3,625	3,759	4,195	4,467	4,791	4,791	4,679	4,511	4,423	23.4
Proceso de crudo	1,265	1,295	1,333	1,267	1,267	1,242	1,283	1,228	1,227	1,252	1,245	-1.6
Petrolíferos	1,513	1,551	1,596	1,530	1,510	1,453	1,525	1,530	1,573	1,528	1,481	-2.1
Petroquímicos <sup>b</sup> (Mt)	13,638	11,910	13,066	13,448	13,292	11,513	9,961	7,991	6,836	5,994	5,889	-56.8
<b>VENTAS INTERNAS</b>												
Petrolíferos y gas	1,642	1,645	1,767	1,661	1,722	1,826	1,930	1,954	2,033	2,010	2,017	22.8
Gas licuado	237	249	255	255	265	278	287	312	330	325	332	40.1
Gasolinas Automotrices	481	489	501	479	481	498	512	511	351	551	565	17.5
Turbosina	41	43	48	44	45	47	52	55	56	55	53	29.3
Diesel	227	234	248	228	244	262	276	275	285	276	271	19.4
Combustibles indus.	615	591	672	624	657	713	775	772	800	774	765	24.4
Combustóleo	391	381	453	391	411	454	489	471	492	475	406	3.8
Gas Natural	213	230	214	229	241	253	280	297	305	299	359	68.5
Gasóleo industrial	10	7	5	5	5	6	6	4	2	0	-	-
Otros	40	40	43	31	29	28	27	30	32	30	31	-22.5
Petroquímicos <sup>cd</sup> (Mt)	5,619	5,153	5,555	5,794	6,014	5,070	4,501	3,668	2,720	2,625	2,474	-56.0
<b>2.1 COMERCIO EXTERIOR</b>												
Exp. Neta hidroc. Líq.	1,313	1,316	1,228	1,258	1,457	1,515	1,528	1,378	1,400	1,478	1,557	20.1
Exp. Petróleo crudo	1,368	1,337	1,307	1,305	1,544	1,721	1,741	1,553	1,652	1,710	1,664	21.6
Petrolíferos (saldo)	-55	-21	-79	-21	-86	-206	-213	-175	-252	-231	-87	--
Exportación	117	156	110	119	91	93	121	150	111	104	156	33.3
Importación*	172	177	189	140	177	299	334	325	363	335	243	41.3
Gas Natural <sup>f</sup> (MMpcd)	-250	-92	-106	-152	-48	-72	-113	-11	-207	-266	-238	-
Exportación	-	5	19	21	36	43	40	138	24	25	5	-
Importación	250	97	125	173	84	115	153	149	231	291	243	-2.8
Petroquímicos (Mt)	1,168	1,237	1,378	1,128	1,033	895	937	703	799	652	635	-
Exportación	1,238	1,324	1,556	1,225	1,123	1,060	1,009	809	1,116	780	832	-32.8
Importación	70	87	178	97	90	165	72	106	317	128	197	181.4

(\*) Abreviaturas: MMpcd (millones de pies cúbicos diarios); Mt (miles de toneladas)

(a) Incluye condensados estabilizados

(b) Productos de PEMEX Petroquímica

(c) Equivalente a combustóleo

(d) A partir de 1996 incluye productos de PEMEX refinación

(e) Excluye el retorno de productos por concepto de maquila de crudo: 44.6 Mbd en 199; 87.6 Mbd en 2000 y 54.8 Mbd en 2001

(f) Incluye la compra y reventa de gas natural en Estados Unidos

Fuente: UNITÉ (Unidad Técnica de Economía, S.A. de C.V. con cifras 1992 a 2001 del Anuario Estadístico 2002 de PEMEX y de 2002 de la Memoria de labores 2002.

De la producción de petróleo crudo del país en 2002 (3.18 millones de barriles diarios), el 52.4% (1.66 millones) fue destinado a la exportación. Adicionalmente, PEMEX exportó 156 mil barriles diarios de petrolíferos, 5 millones de pies cúbicos diarios de gas natural y 832 mil toneladas de petroquímicos.

“El valor de las exportaciones de PEMEX en este último año ascendió a 14 mil 408 millones de dólares, mientras que el de las importaciones fue de 3 mil 306 millones, arrojando el comercio exterior petrolero un saldo favorable al país de 11 mil 102 millones de dólares.”<sup>133</sup>

	1992	Est %	2000	Est %	2002	Est %
<b>Total</b>	<b>1,368</b>	<b>100.0</b>	<b>1,652</b>	<b>100.0</b>	<b>1,664</b>	<b>100.0</b>
Estados Unidos	798	58.3	1,242	75.2	1,291	77.6
España	239	17.5	143	8.7	146	8.8
Antillas Holandesas	5	0.4	110	6.7	91	5.5
India	--	--	5	0.3	37	2.2
Conv. de San José*	54	3.9	45	2.7	28	1.7
Canadá	31	2.3	28	1.7	22	1.3
Otros	241	17.7	79	4.8	49	2.9

\* Acuerdo con Venezuela para proveer petróleo con preferencias a Centroamérica y el Caribe.  
Fuente: PEMEX. Anuario Estadístico y Memoria 2002.

Por otro lado, una tendencia que cabe destacar es la creciente e insana concentración de nuestras exportaciones de crudo en el mercado estadounidense. En 1992 México destinaba el 58.3% de sus ventas a Estados Unidos y en el 2002 ya fue el 77.6%; España, como país y puerta de entrada a Europa, recibía el 17.5% en 1992 y en el 2002 sólo el 8.8%; y Japón, nuestro tercer cliente en 1992 con el 6.6% de las ventas, en el 2002 únicamente adquirió el 0.6%. (Ver cuadro 2.20)

Planear la diversificación de las ventas sería una buena estrategia de gobierno, ya que la marcada dependencia que guardamos con respecto a Estados Unidos ha significado que cuando ellos están en recesión nosotros la pasemos mal económicamente, pues no se trata únicamente del sector energético, sino toda nuestra economía se encuentra amarrada al mercado estadounidense, eso se ha dejado sentir más que en ninguna época en estos últimos años.

<sup>133</sup> *Ibid.*

En lo que se refiere a la situación financiera y fiscal de PEMEX, “tenemos que al 30 de septiembre del 2002, PEMEX tenía activos consolidados por 636 mil millones de pesos (mmp), de los cuales 445 mmp correspondían al valor de sus instalaciones y equipos (activo fijo); como contrapartida, sus pasivos (adeudos) ascendían a 521 mil millones, de los cuales 436 mm eran adeudos a largo plazo. Se trata por lo tanto de una empresa fuertemente endeudada.

Usando las cifras de 2001, últimas definitivas anuales disponibles, el flujo de efectivo de PEMEX registró ingresos en ese año por 480 mil millones de pesos (354 de ventas en el país, 124 de ventas exteriores y 2 de otros ingresos), y egresos por 469 mil millones, de los cuales 59 fueron gastos de operación, 43 se destinaron a compras de productos para reventa, 32 fueron para inversión, 1 a diversos y 334, el 70%, al pago de impuestos directos e indirectos.”<sup>134</sup>

De acuerdo con las cifras proporcionadas, Petróleos Mexicanos es una empresa de enorme rentabilidad. “Comparando las cifras de 1992 y de 2002, sobre la producción e importaciones, se observa que en esos 10 años la producción de hidrocarburos líquidos (petróleo crudo y líquidos del gas natural, sólo aumento 15.1% y la de gas natural 23.4%, pero más allá, en los procesos de refinación, transformación y agregación de valor, los resultados son todos negativos: el procesamiento de crudo decreció en la década -16%, la producción de petrolíferos (gasolinas, diesel, gas licuado y otros) -2.1% y la producción de petroquímicos -56.8%

Como resultante de tal desempeño, las importaciones de productos petrolíferos para satisfacer la demanda crecieron 41.3% en la década y las de petroquímicos 181.4%. En términos de valor, sin embargo, las importaciones de estos últimos sólo representaron 29 millones de dólares en 2001, mientras que las importaciones de petrolíferos ascendieron a 3 mil 642 millones y las de gas natural a 424 millones, esto es, casi 4 mil millones de dólares que el país se podría ahorrar si se le dejara y exigiera a PEMEX producir como se debe. En ese mismo año de 2001, por ejemplo, PEMEX produjo 427 mil barriles diarios de gasolinas, pero tuvo que importar 138 mil barriles diarios adicionales.”<sup>135</sup>

En resumen, el modelo actual de explotación petrolera no es sustentable, primero, porque la empresa PEMEX ha sido descapitalizada como para poder reinvertir recursos en su modernización y búsqueda de nuevos campos de gas no asociado y aceite ligero; segundo, se trata de un recurso no renovable que tarde o temprano se agotará; y tercero, en el ámbito político no se está actuando de manera precisa para comenzar una transformación energética mediante el

<sup>134</sup> *Ibid.*

<sup>135</sup> PEMEX, *Estadísticas básicas 2003* / Informe de labores hasta septiembre de 2004.

empleo de energías renovables que sustituyan la posible escasez de petróleo.<sup>136</sup>

Aunque las reservas alcancen para más años, el hecho es que algún día se agotarán o quizás no sea rentable explotarlas; en tal caso México se encuentra en un estado de emergencia, toda vez que su economía depende de estos ingresos y podría convertirse en un importador neto de petróleo. Aquí la pregunta sería ¿con qué recursos económicos pretende México proveerse de energía en el caso de carecer de petróleo si partimos de que es nuestra principal fuente de divisas?

Dada esta situación se esperaría un ligero cambio en la práctica energética, sin embargo las proyecciones del sexenio presente se basan en la explotación indiscriminada de los pozos petroleros.

Nuevamente, se pone de manifiesto la necesidad de diseñar una política energética que permita aprovechar mejor los recursos, tal y como lo hacen los países altamente industrializados. El sector energético nacional tiene que reconsiderar su hasta ahora política mediatizada y comenzar a pensar en el futuro, pues no es posible que siendo el quinto productor mundial no haya invertido en la infraestructura necesaria para realizar la refinación suficiente del oro negro y que además tenga que importar gas natural cuando cuenta con amplias reservas.

Las cifras antes presentadas deben servir para desarrollar una reflexión concibiendo al sector energético a largo plazo, donde habrá que evitar la descapitalización de PEMEX, para que financie su expansión; contener la pérdida de nuestras reservas petroleras, incluso mediante la disminución de las exportaciones; así como preparar el cambio a la era post-petróleo a través del empleo de nuevas alternativas energéticas de gran escala.

---

<sup>136</sup> México invertirá en 2005 US\$13.300 millones para frenar el declive de sus reservas en el Atlántico, gran parte de este dinero se destinará al pozo Cantarell, el mayor del país. En 2003 México obtuvo por ventas de crudo al exterior US\$16.665 millones. De acuerdo con un informe elaborado por la Subdirección de Ingeniería y Desarrollo de Obras Estratégicas (SIDOE) de la paraestatal, este año la producción será de 2 millones de barriles, pero en 2006 y 2007 se espera que baje a 1.9 y 1.8 millones de barriles, respectivamente. Incluso la baja en el nivel de producción se agravaría en los siguientes años, de tal forma que en el periodo 2005-2019 se presentaría una tasa media anual de decremento de 14.7 por ciento. Especialistas comentaron que la reducción del potencial de un campo petrolero es un proceso natural, pero que en el caso de Cantarell (surte 62%) se acentuó por la sobreexplotación de la veta y la falta de nuevos descubrimientos que compensaran el potencial del pozo. Noé Cruz Serrano, "Alargara PEMEX vida de Cantarell", en *El Universal*, 13/01/2005, <http://estadis.ehuniversal.com.mx/finanzas/43803.html>

### 2.3.2. Eficiencia energética

En el apartado precedente se pudo aclarar que la mayor producción de energía primaria está concentrada en el petróleo crudo, aunque sin menospreciar otras fuentes como el gas no asociado y el asociado. (Ver cuadro 25) Del total de energía producida en México el 34% entre el año 1965 y 2001 fue exportada en forma de petróleo crudo (91.7%), es decir como materia prima, lo cual marca la posición mexicana de país subdesarrollado proveedor de materias primas, siendo a su vez reforzado por la clara importación de productos refinados que han pasado ya por un proceso de industrialización.

De acuerdo con esta afirmación, resulta pertinente puntualizar la idea siguiendo a Eduardo Rincón Mejía cuando se refiere a la forma como un país consume la energía habla de su grado de desarrollo<sup>137</sup>, de su eficiencia social<sup>138</sup>, incluso de la independencia política, en último término de su eficiencia como país. *Los países desarrollados consumen mucha energía no tanto porque sean ricos, sino más bien son ricos porque usan eficientemente la energía en sus procesos de producción de bienes y servicios.*<sup>139</sup>

México es un país altamente energético, que desangra sus fuentes naturales de energía a través de las exportaciones de productos energéticos de poco valor agregado, veamos en que sentido.

El petróleo se cotiza a un relativo precio alto por las vicisitudes que implica obtenerlo: en primer lugar no todos los países cuentan con este recurso –se encuentra en zonas muy localizadas del planeta–; a esto se suma el arduo cabildeo que realizan los países productores para colocar mejor sus productos con el objetivo de obtener mayores ganancias; finalmente, el mercado entra en shock cuando ocurren conflictos armados en las zonas productoras, pues disminuye la oferta del combustible y los precios se van por los cielos. No obstante, si consideramos el trabajo que le costó a la naturaleza formar recursos con alta concentración energética y lo que cuesta desarrollar fuentes concentradas, la verdad es que el precio que se paga en el mercado internacional del petróleo es visiblemente bajo.

Si a la reflexión anterior le adicionamos el componente “materia prima” la cosa se pone peor. México se erige como el quinto exportador de petróleo crudo, es su principal fuente de

<sup>137</sup> La forma en que se ocupa esa energía: para producción industrial, transporte, comercio y hogar.

<sup>138</sup> La forma como esa energía se distribuye en la sociedad, que finalmente tiene que ver con la justicia social.

<sup>139</sup> Eduardo A. Rincón Mejía, *Las fuentes renovables de energía como base del desarrollo sustentable en México.*, www.conae.gob.mx

divisas, lo cual significa que con la venta del crudo financia su "desarrollo"; pero al mismo tiempo importa productos refinados y mercancías en general, es decir, vende materia prima sin valor agregado y a cambio recibe mercancías industrializadas, productos transformados del exterior, lo que se traduce en baja fortaleza de las fábricas dentro de territorio nacional, alta tasa de desempleo, desequilibrio en la balanza de pagos, etc.

Puede afirmarse que los países que venden su energía primaria como materia prima buscando el espejismo del desarrollo, a corto plazo obtienen cuantiosas divisas por este concepto; sin embargo, en términos reales están perdiendo dinero y recursos, ya que el establecimiento de los precios no corresponde al valor intrínseco de los mismos, sino solo su precio de intercambio. Esto significa que no toma en consideración los siglos que le costo a la naturaleza formarlos, ni la irreparabilidad de su dilapidación en el largo plazo.

Aquí vale la pena retomar el concepto de *eficiencia energética*, que sin tratar de entrar en más detalles sólo mencionaremos que implica producir lo mismo con menor uso de energía, en este sentido puede ser un arma efectiva contra el agotamiento de las fuentes energéticas no renovables.

De hecho, los países desarrollados económicamente han disminuido año con año, desde 1973 a la fecha, la cantidad de energía por unidad de producto industrial fabricado, Japón y Alemania son los líderes mundiales en esta disminución.

En los programas de uso eficiente de la energía, sin importar el proceso de que se trate, la parte más importante a encontrar es el índice de energía, es decir, cuanta energía se consume para producir una unidad de producto terminado (pesos de venta/KWh, kilos de cemento/KWh, etc., una vez descontada la inflación en el primer caso) si aumentan las ventas y se gasta la misma energía, o bien si disminuye el consumo de energía estaremos haciendo un uso más eficiente.<sup>140</sup>

Una unidad de energía ahorrada en un proceso, implica un ahorro considerablemente mayor de energía primaria (petróleo, gas o carbón), porque todas las materias primas contienen un componente de energía de alta calidad (la energía que se utilizó en producirlas) y en cada proceso se libera como calor al ambiente cierta cantidad de energía primaria (pérdida de energía<sup>141</sup>). El ahorro de energía se convierte directamente en eficiencia de la sociedad entera, pues esta ayudando a preservar un recurso no renovable, al país y a la humanidad.

---

<sup>140</sup> De acuerdo con una fórmula proporcionada por Howard T. Odum/ Elizabeth C. *Hombre y Naturaleza Bases Energéticas*. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España, 1981.

<sup>141</sup> Pérdida de energía: cantidad de energía que ya no puede producir trabajo.

Las sociedades desarrolladas económicamente exportan muchos productos industriales terminados, si cada producto contiene un número determinado de unidades de energía, significa que una gran cantidad de la energía asociada a las materias primas que importan regresa a los países económicamente subdesarrollados y a otros países desarrollados, es decir, a sus clientes. En la medida que usan con mayor eficiencia la energía, la utilidad económica se incrementa. La eficiencia energética finalmente se traduce en eficiencia económica.

Un país que vende como materia prima su energía primaria, esta condenado a ser un país subdesarrollado económicamente. Usa la energía de la manera más ineficiente, no la está exportando como energía de calidad asociada a un producto terminado. También, en la medida que agota sus recursos de energía primaria fósil, esta condenando a las futuras generaciones a vivir con menor disponibilidad de energía y menor calidad de vida.

El siguiente cuadro hace un comparativo del consumo de energía por habitante en varios países del mundo. (Ver cuadro 2.21) En 1990 México consumía sólo 19.5% de energía por habitante respecto de EUA, en 2001 la cifra fue de 19.2%, una reducción de 3 décimas respecto de 1990. Sería más acertado compararnos con España, en 1990 México consumió 64.3% energía por habitante respecto a España y para el año 2001, el consumo fue de 50%, es decir, una disminución de 14.3% respecto a 1990. En once años el consumo por habitante en México sólo creció 4.7%.

<b>Cuadro 2. 21. Consumo de Energía por cada habitante, en varios países del Mundo: 1990-2001</b>				
(Gigajoules)				
Pais	1990	1995	2001	tmca*
México	63	61	66	0.35
España	98	110	132	2.7
Reino Unido	155	160	165	0.6
Japón	149	166	174	1.5
Noruega	212	226	253	1.6
Canadá	316	328	332	0.4
Estados Unidos América	323	332	344	0.6

\* Tasa media de crecimiento anual  
Fuente: SENER, [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)

Estas cifras comparativas suelen ser en ocasiones engañosas, por un lado hubo un esfuerzo importante en ahorro de energía, que estuvo impulsado principalmente por un ajuste de precios a la alza, esto de manera inevitable impulsa un uso eficiente de la energía. Otra situación que tiene

un aporte importante es el cierre de miles de empresas debido a la crisis económica. Lo evidente es un deterioro económico de la población y en las condiciones de vida de la sociedad.

El siguiente cuadro muestra la elasticidad de la energía eléctrica para varios periodos. La columna del Producto Interno Bruto (PIB) muestra el porcentaje de crecimiento; y la de energía el crecimiento del consumo. (Ver cuadro 2.22) La elasticidad es la relación entre el crecimiento del consumo energético en referencia al crecimiento del PIB. Es decir, si A es el porcentaje del crecimiento del PIB y B el porcentaje de crecimiento del consumo de energía, la elasticidad energética B/A será igual cuando crezcan al mismo ritmo, será menor si el PIB crece y la energía disminuye su crecimiento o, será mayor si la energía crece por encima del PIB (1980-1989).<sup>142</sup> La elasticidad disminuyó de manera significativa en el periodo de 1990 a 1993, eso significa que la energía eléctrica, en este periodo, se usó de manera más eficiente que en cualquier periodo anterior. En otras palabras, menor energía por unidad de producto.

<b>Cuadro 2. 22. México: Elasticidad de la Energía Eléctrica</b>			
C r e c i m i e n t o			
Año	PIB	Energía	Elasticidad
	A	B	B/A
1960-1969	7.15	11.31	1.6
1970-1979	6.46	9.88	1.5
1980-1989	2.09	6.13	2.9
1990-1993	2.8	3.77	1.3

Fuente: FIDE, Informe de Ing. Mateo Treviño 1994

En términos generales es posible afirmar que México ha incrementado su eficiencia energética (ahorro del 7% del consumo nacional), debido a la aplicación de programas acordados con este objetivo, pero también como resultado de las crisis económicas por las que ha atravesado.

Entre los programas de ahorro y uso eficiente de la energía se encuentran:

- Normas oficiales mexicanas (NOM) de eficiencia energética.
- Aplicación del programa Horario de Verano.
- El programa para el Ahorro de Energía en Iluminación Doméstica (ILUMEX).

<sup>142</sup> Iván Uranga Favela. *Realidad Energética Mexicana*, ATPAE.

- Los programas regionales de aislamiento térmico de vivienda y sustitución de equipos de aire acondicionada.
- El programa de incentivos para la adquisición de equipos eléctricos modernos y más eficientes.
- El conjunto de proyectos demostrativos y de asistencia técnica a los sectores productivos.
- El Programa de Ahorro de Energía en Inmuebles de la Administración Pública Federal y Estatal.
- El Programa de Ahorro y Uso Eficiente de Energía de Petróleos Mexicanos.
- El Programa de Eficientización de Sistemas y Equipos de Bombeo de Agua.
- El Programa Sello FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica) en Instalaciones y Aparatos Electrodomésticos.

Resulta significativo el comentar que México desde 1995 cuenta con la aplicación de las normas técnicas y etiquetado de aparatos eléctricos para la eficiencia energética, mientras que España apenas en el 2004 aprobó este tipo de normas, siendo un punto a favor de nuestro país.

### **2.3.3. Emisiones de gases efecto invernadero**

Enfocándonos al problema relativo de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y asociadas al sector energético, podemos comenzar diciendo que anualmente se envían a la atmósfera el equivalente de 10 a 11 giga toneladas de carbono de los diferentes gases invernadero: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), ozono (O<sub>3</sub>), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), hidrofluorocarbono (HFC), perfluorocarbono (PFC) y clouorfluorocarbonos (CFC).<sup>143</sup>

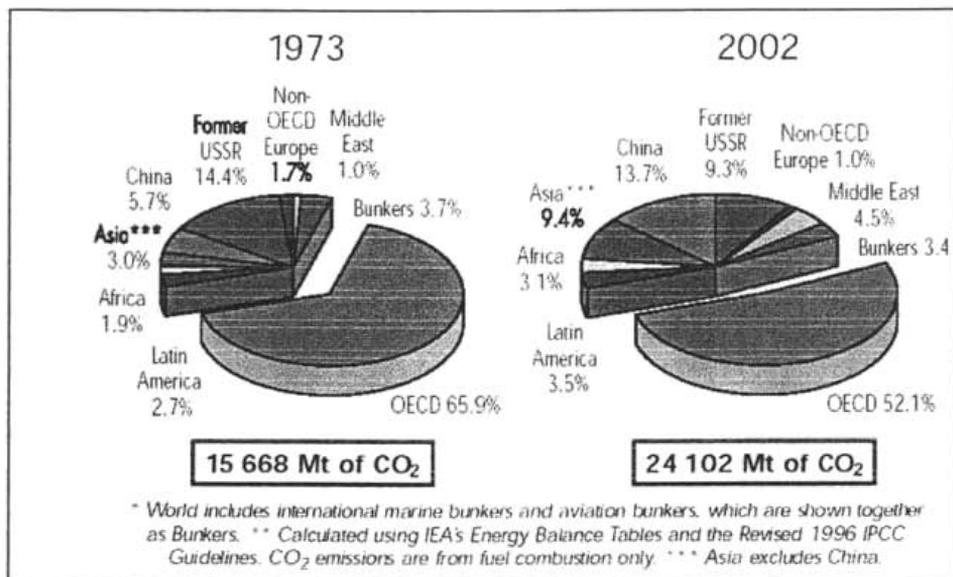
El bióxido de carbono es responsable de un 60% de la adición neta al efecto invernadero, el metano de entre el 15% y 19%, los CFC del 11% y el óxido nitroso de entre un 4 a un 5%. No se ha podido determinar con exactitud la contribución de otros gases invernadero, como el ozono troposférico y el monóxido de carbono. El origen de las emisiones es como sigue: energía 50%; deforestación 18%; agricultura 19%; industria 11%; y otras actividades 2%.<sup>144</sup>

<sup>143</sup> Para más información consultar el IPCC.

<sup>144</sup> IPCC. *Tercer informe de evaluación sobre cambio climático 2001: impactos, adaptación y vulnerabilidad*, [www.pnuma.org](http://www.pnuma.org) (disponible en PDF), p. 72.

Existen grandes diferencias regionales (Ver gráfica 2.1) y por país tanto en las contribuciones totales y per capita como en aquellas por gas y tipo de activad. "Latinoamérica contribuye a las emisiones globales con alrededor de 1.3 giga toneladas de carbono (cerca del 12% del total). Un 69% de las emisiones totales provienen del CO<sub>2</sub> (0.9 GtonC), de las cuales 0.66 GtonC se emiten por deforestación.

**Gráfica 2. 1. Emisiones de CO<sub>2</sub> por región 2002**



Fuente. AIE, Key world energy statistics, 2004, sección 6.

México ocupa el catorceavo lugar por el total de emisiones de carbono, aunque por persona el número diecisiete y en relación con su PIB el dieciséis. (Ver cuadro 2.23) Estimaciones realizadas con base en datos existentes sobre la producción de energía por fuente, la tasa anual de deforestación en el país y las emisiones de metano, oxido nitroso y clorofluorocarbonos, indican que México emite aproximadamente el 2% de las emisiones mundiales de gases invernadero. Las emisiones per capita en el país (2.1 ton equivalentes de carbono por año), aunque altas dentro de

los países del tercer mundo, son substancialmente menores que las correspondientes a las naciones industrializadas (alrededor de 4 a 7 ton por año, AID, 1990).<sup>145</sup>

**Cuadro 2. 23. Países con mayores emisiones totales de carbono por quema de combustibles fósiles**

<i>País</i>	<i>Total de Emisiones (Millones de Ton.)</i>	<i>País</i>	<i>Emisiones por Persona (Tons)</i>	<i>País</i>	<i>Emisiones por Millón de Dólares de PIB*</i>
Estados Unidos	1371	Estados Unidos	5.26	Kazajstán	1250
China	835	Kazajstán	4.71	Corea del Norte	960
Rusia	455	Australia	4.19	África del Sur	680
Japón	299	Canadá	3.97	Ucrania	600
Alemania	234	Rusia	3.08	Rusia	590
India	222	Corea del Norte	2.90	Polonia	460
Reino Unido	153	Alemania	2.89	China	330
Ucrania	125	Reino Unido	2.62	Irán	270
Canadá	116	Ucrania	2.43	Australia	230
Italia	104	Japón	2.39	Estados Unidos	210
Francia	90	Polonia	2.31	Canadá	200
Polonia	89	África del Sur	2.07	Corea del Sur	200
Corea del Sur	88	Corea del Sur	1.98	India	160
México	88	Italia	1.81	Reino Unido	150
África del Sur	85	Francia	1.56	Alemania	140
Kazajstán	81	Irán	1.09	México	140
Australia	75	México	0.96	Japón	110
Corea del Norte	67	China	0.71	Italia	110
Irán	62	Brasil	0.39	Francia	80
Brasil	60	India	0.24	Brasil	70

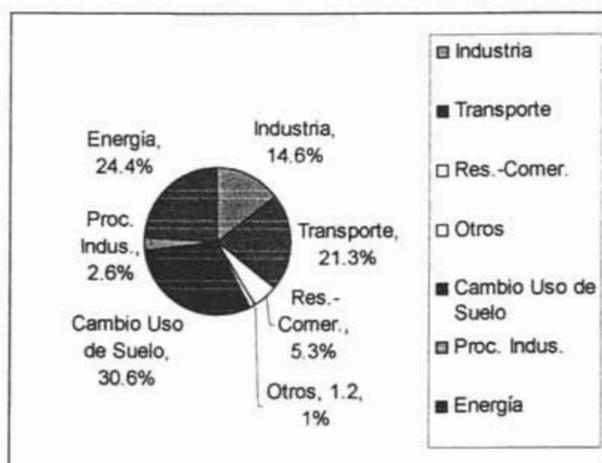
Fuente: British Petroleum, *BP Statistical Review of World Energy*, London: Group Media & Publications, 1998).

<sup>145</sup> Omar Macera Ceruti, "México y el cambio climático global", en *Energía y Medio ambiente*, UNAM, México, 2000, p. 158.

Siguiendo el segundo inventario sobre emisiones de gases de efecto invernadero desarrollado por el Instituto Nacional de Ecología (INE), se asienta que las emisiones de dióxido de carbono asociadas al consumo de energía de fuentes fijas y de área alcanzaron en 1998 el valor de 245.8 millones de toneladas, 31% más que en 1990.

En el caso mexicano las principales fuentes de contaminación atmosférica en las zonas urbanas son el transporte, la industria y fuentes naturales, de las cuales, el transporte es la principal fuente de contaminación en ciudades como México, Guadalajara y Monterrey; pero a nivel nacional las mayores fuentes de emisiones son: el cambio en el uso de suelo, la producción de energía y el transporte. (Ver gráfica 2.2)

**Gráfica 2. 2. Emisiones de bióxido de carbono por sector.**



Fuente: INE, Inventario nacional de emisiones de gases invernadero, 1998.

Del gráfico 2.2 puede derivarse la importancia de dedicar especiales esfuerzos en el sector energético para mitigar la emisión de gases invernadero a la atmósfera y así evitar el cambio climático.

De acuerdo con estudios realizados por investigadores de los institutos de Ingeniería y de Ecología de la UNAM, las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energético crecerán en 149% de 1995 a 2010, y se perderán 10.4 millones de hectáreas en el mismo periodo. Para ilustrarlo, a continuación se presenta el cuadro 2.24, que contiene las proyecciones sobre el comportamiento de los ámbitos forestal y de energía, en el futuro.

	1990	1995	2000	2005	2010
Energía	292.1	333.4	397.9	546.3	726.0
Forestal	228.9	206.7	186.6	168.9	152.9
Total	520.0	540.1	584.5	715.2	878.9

Fuente: INE, Inventario nacional de emisiones de gases invernadero, 1998.

Estas cifras resultan muy importantes, pues de ellas se deriva el estudio de la vulnerabilidad que México podría enfrentar como consecuencia de los posibles efectos del cambio climático sobre la agricultura, asentamientos humanos, zonas costeras, desertificación y sequía meteorológica, ecosistemas forestales, recursos hidrológicos y los posibles efectos sobre los sectores energético e industrial.

Los resultados fueron presentados. Algunos resultados relevantes se presentan dividiendo el territorio nacional en tres grandes zonas geográficas (norte, centro y sur):

- "Zona norte. En caso de que se presentara una duplicación en las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, los climas áridos y semiáridos del norte de México podrían aumentar su área de influencia, mientras que los semifríos desaparecer. Alrededor del 10% de todos los tipos de vegetación de los ecosistemas forestales se verían afectados por las condiciones secas y cálidas. Grandes extensiones de pastizales y de bosques templados resentirían la presencia de climas más calientes, por lo que podrían incrementarse las zonas con bosques tropicales secos y muy secos, así como las zonas de matorrales desérticos. Resultaría probable que determinadas áreas de la región norte del país, ya no serían aptas para el cultivo de maíz de temporal. Un posible aumento en el nivel del mar afectaría la laguna deltaica del río Bravo en Tamaulipas.
- Zona centro. Por concentrar el mayor volumen de población y actividades económicas, esta zona presentaría una situación de alta vulnerabilidad. Los climas templados húmedos y subhúmedos tenderían a desaparecer en esta zona, aumentando los secos y los cálidos. La sequía y la desertificación, aun cuando en la actualidad presentan grados bajos, aumentarían y se agravarían los problemas de disponibilidad de agua. Los campos de cultivo de maíz de temporal pasarían de ser medianamente aptos a no aptos. Los ecosistemas forestales más afectados en la región central del país serían los bosques templados y los bosques húmedos. La zona costera también se consideraría vulnerable al ascenso del nivel del mar.

- Zona sur. La zona sur del país es la que, para distintos escenarios, presenta los menores impactos ante un cambio climático. Por ejemplo, los recursos hídricos no rebasarían los índices de vulnerabilidad considerados en el estudio, aunque en el caso de las costas del Golfo de México y del Mar Caribe se presentan regiones susceptibles al ascenso del nivel del mar. Las zonas de producción de petróleo son las más sensibles, principalmente las que forman parte del conjunto de actividades industriales. En agricultura, de presentarse dicho cambio, la superficie apta para el cultivo de maíz de temporal desaparecería en las regiones sur y sureste, y la franja costera considerada como no apta se extendería hacia el interior.<sup>146</sup>

Son preocupantes los escenarios que prevé el estudio con respecto a las consecuencias negativas del cambio climático sobre nuestro país, en este sentido, es necesario tomar con mayor seriedad las causas que generan este fenómeno de consecuencias globales para instrumentar las medidas necesarias de mitigación, las cuales son muchas, pero este trabajo únicamente se centrará en las referidas al uso de energías renovables.

No obstante, puede señalarse que los bosques están en estrecha relación con este tema, por ejemplo, en México se han realizado varios estudios acerca de la capacidad de secuestro de carbono de sus bosques. Esto significa que los bosques pueden ayudar al país a conseguir tiempo para el desarrollo intensivo de energías renovables y tecnologías eficientes.

Para tratar de explicar el impacto ambiental de la producción de energía, en este apartado nos remitiremos únicamente a la generación de energía eléctrica, ya que la mayoría de las actividades industriales y residenciales (hogares), se realizan conectadas a la red de electricidad, esto significa que es el acceso más común o estándar.

En México, la capacidad instalada de las diferentes alternativas de generación eléctrica para el año 2001, se distribuye de la siguiente manera: las de carbón contribuían con 7.02%, Nuclear 3.68%, Hidroeléctrica 25.95%, Geotérmica 2.26, Eólica .01% y Termoeléctrica con 61.08%.

Esto significa que la generación convencional de electricidad se realiza mediante las termoeléctricas, a continuación se presentan los procesos más usuales y su eficiencia. (Ver cuadro 2.25)

---

<sup>146</sup> *Support for National Action Plan*, coordinado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con fondos de la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos (USAID).

**Cuadro 2. 25. Eficiencia Energética en Termoeléctricas**

Tipo	Descripción	Eficiencia Energética
Vapor	La energía del combustible se convierte en vapor mediante una caldera, la energía del vapor se convierte en energía mecánica en una turbina y la energía mecánica producida se convierte en electricidad en un generador eléctrico (Dinamo).	30%
Turbogas	La energía del combustible se convierte en energía mecánica en la turbina por la expansión de los gases de la combustión, accionando un generador eléctrico.	40%
Combustión Interna	La energía del combustible se convierte en energía mecánica en la cámara de combustión (entre el cilindro y el pistón) por la expansión directa de los gases de combustión (aire y combustible), accionando un generador eléctrico.	35%
Ciclo Combinado	Utiliza turbina de Turbogas y aprovecha el calor de los gases de escape para producir vapor y accionar otra turbina de vapor.	50%

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de CONAE. *Proceso productivo y de servicios*, CONAE/SE, México, 1995.

La energía potencial contenida en un barril equivalente de petróleo, carbón o gas, al ser transformada en electricidad, sufre una degradación, es decir, pierde calidad para hacer trabajo útil a los procesos humanos, por lo que lo que la llamamos pérdida, los porcentajes de pérdida son: Ciclo de Vapor 70%, Turbogas 60%, Combustión Interna 65% y Ciclo Combinado 50%.

Ahora bien, no está contabilizada en estas pérdidas la energía utilizada en extraer el recurso de su estado natural, la energía utilizada en producir el acero y todos los materiales utilizados en la maquinaria para la extracción y transporte del combustible y fabricación de la planta productora de energía eléctrica. Sumando toda la energía invertida en el proceso nos llevaría a eficiencias menores y por tanto, mayores pérdidas. Por este motivo, debemos considerar la energía eléctrica como una energía de alta calidad, porque llevarla al estado actual de utilización requiere la inversión de mucha energía.

Conocer esto es muy importante, pues nos obliga a utilizar con eficiencia el recurso, sabiendo que un watt de energía eléctrica ahorrado significa un considerable ahorro de combustible y una disminución importante de contaminantes enviados a la atmósfera. El ahorro de energía nos permite ser ecologistas verdaderos.

A reserva de ser más extensivos en los impactos ambientales de las plantas Termoeléctricas enumeraremos algunos:<sup>147</sup>

<sup>147</sup> Iván Uranga Favela, *op. cit.*

1. Uso intensivo (para condensación) de agua potable o tratada en una planta construida para servicio propio.
2. Descargas térmicas al agua de un río o al mar en las centrales costeras.
3. Descargas residuales de tipo ácido o aceitoso.
4. Descargas de aguas residuales de tipo doméstico (sanitarios y baños).
5. Emisión de gases y partículas (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, etc.)
6. Residuos sólidos en plantas que utilizan carbón como combustible (cenizas).
7. Desechos radioactivos que requieren áreas de terreno para su confinamiento

Para el cierre de diciembre de 2002, la capacidad efectiva instalada y la generación de cada una de estos tipos de generación termoeléctrica no renovable, era la siguiente: (Ver cuadro 2.26)

Tipo	Capacidad en Megawatts	Generación Gigawatts-hora	Utilización %
Vapor	14,058.50	78,803	63.9
Dual	2,100.00	13,879	75.4
Carbo eléctrica	2,600	16,152	70.9
Ciclo Combinado*	7,342.95	44,045	68.4
Turbogas	2,515.78	6,013	27.2
Combustión Interna	143.94	555	44.0
Total	28,761.17	159,447	63.3

Fuente: Hermosillo, Saltillo, \* Incluye productores externos de energía (central ciclos combinados Mérida III, Tuxpan II, Río Bravo II, Bajío (El Sauz) y Monterrey III y Altamira. Fuente: [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

No es posible distinguir con precisión en el cuadro anterior el tipo de combustible usado en cada planta, sin embargo, las carboeléctricas sin duda utilizan carbón, las de turbogas operan con mayor eficiencia y limpieza con gas, el ciclo combinado lleva turbogas como calentador del vapor operan con gas, aunque puede haber algunas que operen con diesel. El vapor en zonas metropolitanas se genera con gas, combustóleo en todas las demás. Las plantas de ciclo dual operan con combustóleo y gas.

El impacto ambiental, en cuanto a emisión de gases efecto invernadero de las diferentes plantas termoeléctricas, sería el siguiente:

**Cuadro 2. 27. Emisión de Contaminantes a la atmósfera. Plantas Termoeléctricas 2002**

Contaminante	Combustóleo	Gas	Carbón	Unidades
	79,358	50,058	16,152	GWh
Bióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	1,245,921	143	139,311	Ton
Oxido de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )				
Quemadores Tangenciales	91,262	65,075		Ton
Quemadores frontales	230,138	130,651	79,145	Ton
Bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) <sup>d</sup>	228,551	142,665	65,900	Ton
Monóxido de carbono (CO)	6,349	3,504	3,715	Ton
Partículas	84,913	238	21,159	Ton
			423,990	Ton*
Total mínimo	1,656,995	211,625	309,230	Ton
Total máximo	1,795,872	277,201	712,061	Ton

Fuente: Cálculos propios con datos de CFE  
 Combustóleo: Vapor+Combustión interna  
 Gas: Combinado+Turbogas  
 Carbón: Carboeléctrica  
 No consideramos emisiones de ciclo Dual  
 \* Emisiones sin precipitador de partículas

El óxido de nitrógeno, en las plantas de gas y combustóleo, es diferente según se usen quemadores frontales o tangenciales, de acuerdo con los datos del cuadro los quemadores frontales no deberían usarse (prohibir su uso), pero es probable que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) tenga algunos en plantas antiguas. (Ver Cuadro 2.27)

La emisión de partículas suspendidas en los gases de escape de una planta con carbón como combustible es criminal para el medio ambiente, sin embargo, los equipos electrónicos separadores de partículas son costosos. Así mismo, las cenizas producidas en los quemadores en una planta carboeléctrica suman muchísimas toneladas al año: ¿Dónde se están desechando? ¿Qué ecosistema se está destruyendo? El manejo mismo del carbón en transporte, almacenamiento, etc., deja una estela de contaminación que tal vez es mas evidente por el color negro con que lo impregna todo.

Existe una opinión mayoritaria en la comunidad científica e internacional de que el incremento sostenido de gases en la atmósfera (bióxido de carbono, metano, cloro-flouro carbonos, oxido nitroso, otros) producirán un aumento en la temperatura superficial del planeta.<sup>148</sup> Todavía se tienen incertidumbres sobre la magnitud del calentamiento previsto y sobre

<sup>148</sup> IPPC, 1992.

las consecuencias específicas del fenómeno, particularmente a nivel regional o local. Los estudios disponibles sugieren, sin embargo, que los fenómenos derivados del calentamiento global, tales como el aumento en el nivel del mar por la expansión térmica de los océanos o el derretimiento parcial de glaciares, cambios en los patrones de precipitación fluvial y de humedad edáfica y otros fenómenos, serán suficientemente severos como para afectar negativamente al planeta en su conjunto.<sup>149</sup>

Se estima, por ejemplo, que tan sólo para lograr mantener las concentraciones de los gases de invernadero a nivel actual es necesario reducir sus emisiones anuales presentes entre un 30% y 80% dependiendo del gas.<sup>150</sup> Dentro de este asunto tenemos la obligación ética de dirigir la política energética hacia el cumplimiento de los compromisos aceptados en el Protocolo de Kyoto, que en términos generales se refiere a la utilización de energías renovables y la búsqueda de eficiencia energética. Dicho Protocolo obliga en primer instancia a los países industrializados a disminuir sus emisiones contaminantes, pero también los países en vías de desarrollo se comprometen a mantener sus emisiones en un límite.

Queda claro que México tiene un difícil camino por recorrer en lo que a emisión de contaminantes atmosféricos se refiere, pues para mantener los niveles actuales requiere de un cuidadoso tratamiento, planeación y cambio en sus conducta, no sólo porque haya firmado un Protocolo, sino porque se está jugando la permanencia humana sobre la tierra, además de que en la lucha contra el Cambio Climático pueden lograrse avances sustantivos tecnológicos que nos lleven a lograr un mejor posicionamiento en la economía internacional.

Un incentivo que está llevando a otras economías a pensar el tema energético no es sólo el medio ambiente, sino la posibilidad de encontrar formas alternativas con las cuales hacer más rentables sus productos, obteniendo mayores ganancias. No es gratuito que la UE se plantee una redefinición de sus prácticas energéticas, está buscando impulsar energías autóctonas y hacer del mercado de emisiones un negocio medioambiental.

Cabe señalar que, no existen formas de producción de energía con contaminación cero, pero si algunas más amigables con el medio ambiente. Entre las opciones más saludables que tenemos es la eficiencia energética y el uso de las energías renovables como medio para cubrir nuestras necesidades de energía, tema que será abordado en el próximo capítulo.

---

<sup>149</sup> IPPC, 1992/ Shnaider, 1989.

<sup>150</sup> Omar Macera Ceruti, *op. cit.*, p. 157.

### 3. Opciones Estratégicas para México

Las políticas públicas en México normalmente se caracterizan por obedecer a los planes sexenales elaborados por el gobierno en el poder y la política energética no suele ser la excepción. Aunado a ello tenemos que la actividad energética recae en manos del Estado de acuerdo con lo establecido en el Artículo 27 de la Constitución Política: "...tratándose del petróleo y de los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos o de minerales radioactivos, no se otorgaran concesiones ni contratos, ni subsistirán los que, en su caso, se hayan otorgado y la Nación llevará a cabo la explotación de esos productos... corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgaran concesiones a los particulares y la Nación aprovechara los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines,"<sup>151</sup> aunque se han desarrollado diversos mecanismos para permitir la participación de los productores privados.

En este contexto, compete al Estado elaborar las adecuaciones necesarias en la práctica energética para responder a los compromisos contraídos en las Convenciones sobre Cambio Climático, el Protocolo de Kyoto, entre otras que se relacionan directamente con el sector de la energía; asimismo, está en sus manos asegurar el suministro energético y utilizar de la mejor manera las fuentes de energía que tiene a su disposición.

El objetivo primordial de este trabajo es cambiar esta perspectiva de corto plazo y proponer una visión a largo plazo para enfrentar de manera adecuada los problemas actuales que aborda el presente trabajo:

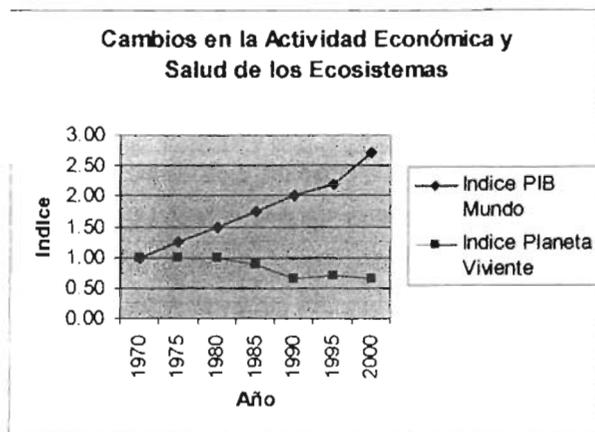
1. Inseguridad en la satisfacción energética nacional como consecuencia de la reducción de los hidrocarburos.
2. Incremento de la emisión de gases efecto invernadero, con los que están relacionados temas más profundos como: calentamiento global, lluvia ácida, pérdida de biodiversidad, desertificación, etc., que se traducen en una amenaza en la supervivencia del ser humano.
3. Cumplimiento de los compromisos internacionales contraídos en materia de cambio climático y protección medioambiental.

---

<sup>151</sup> *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, SISTA, 2004, p. 21.

Se mencionó con anterioridad que muchos de estos efectos negativos son consecuencia directa o indirecta de la actividad del ser humano sobre la biosfera. (Ver gráfica 3.1) La explotación energética tiene una participación activa y preponderante en el deterioro del entorno natural, incluso las consecuencias de su acción podrían ser irreversibles de no tomarse cuanto antes las medidas necesarias.

**Gráfica 3. 1.- Cambios en la actividad económica y salud de los ecosistemas**



Fuente: Índice de Planeta Viviente, WWF Internacional, 2001.

En el fondo lo que está en juego es la supervivencia de la especie humana, como resultado del profundo desequilibrio ecológico que amenaza latentemente los ecosistemas hasta ahora conocidos y cuyo origen se encuentra en la falta de adaptación de las actividades humanas a los ciclos de vida de la naturaleza, por ello resulta necesario hacer análisis más exhaustivos que permitan proponer soluciones adecuadas para preservar nuestro entorno y adaptarnos a los rápidos cambios experimentados.

Sin embargo, si sólo tratamos el componente ambiental, este trabajo poco podría aportar a la vida real, pues aún hoy en día dominan los intereses económicos, por ello tenemos que traer a colación tales motivadores, para que sea rentable asegurar nuestra existencia en el tiempo.

En este contexto, resulta necesario remitirnos a las problemáticas que aquejan al sector energético mexicano:

- (a) La satisfacción energética nacional depende de las fuentes de energía no renovables, principalmente, el petróleo, el gas asociado y no asociado.
- (b) La exportación de energía al extranjero (petróleo crudo), representa la principal

fuerza de divisas que al rendir impuestos al gobierno, un porcentaje importante es destinado al gasto público (creación de infraestructuras, obras sociales, pago de la deuda externa, etc.) En este sentido, económica, social y políticamente, dicha actividad juega un papel decisivo en la vida del país.

- (c) Las reservas probadas de hidrocarburos se han reducido considerablemente en los últimos años y de seguir así, en algunos años podríamos convertirnos en importadores netos de petróleo.
- (d) Las energías renovables hasta el momento no han alcanzado el grado de desarrollo necesario para sustituir la dependencia que guardamos con respecto al petróleo, ya que su contribución es aún marginal.
- (e) Nuestro país ocupa el catorceavo lugar en la emisión mundial de carbono. Ha firmado el Protocolo de Kyoto y la Convención sobre Cambio Climático, comprometiéndose al menos a mantener las emisiones de 1990. Independientemente de ello, ya se comienzan a sentir los efectos negativos del cambio climático que nos auguran tiempos difíciles, basta recordar los daños causados a la pesca y siembra por el fenómeno El Niño.

Cada problema en sí mismo requeriría de todo un tratado dirigido a analizarlo y encontrar las opciones de solución. Este trabajo no puede tener tal alcance, solamente tiene la obligación de ponerlo sobre la mesa de discusión y abrir pautas para un análisis más profundo de la situación energética en México.

Hoy en día el tema energético ha resurgido fuertemente debido a los altos precios del petróleo como consecuencia directa de la inestabilidad creada tras la invasión de Estados Unidos a Irak, ya que ha puesto nuevamente de manifiesto la terrible dependencia de los países con respecto a dicho energético, impulsando aún más la necesidad de reestructurar las formas de producción y consumo, con la idea principal de crear el ambiente que haga fortalecer el uso de las energías alternativas, incluso en Europa nuevamente se vuelve a discutir la conveniencia de potenciar la nucleenergía.

No obstante, la población que conforma dicha Unión se expresa en contra de tal propuesta, pues son conocidos los riesgos ambientales y de seguridad que implica, por lo cual, el debate está centrado en cómo potenciar el mercado de oferta-demanda de energía renovable basada en la utilización de fuentes de energías renovables y autóctonas, pero eso es un plan que será retomado más adelante.

### 3.1. Lecciones a derivar: El caso de la Unión Europea

Para dilucidar el camino que México puede seguir en el futuro nos remitiremos a considerar el caso de la Unión Europea (UE). En apariencia, puede parecer ilógico establecer una relación comparativa en términos energéticos, pues en un extremo tenemos a México como un importante oferente de energía a nivel mundial y, por el otro, la UE caracterizada por la constante importación de energéticos; sin embargo, el presente del bloque europeo parece ser irremediablemente el futuro mexicano.

En este sentido, debe señalarse que la UE tiene amplia experiencia enfrentándose a la falta de energía en su territorio, en especial desde la crisis petrolera de 1973, donde se puso de manifiesto la creciente dependencia de los países industrializados en relación con los combustibles fósiles. Por vez primera los países europeos, Estados Unidos y Japón, conscientes de esta situación deciden unirse para la creación de la Agencia Internacional de Energía (AIE), vertiendo esfuerzos conjuntos para el desarrollo de programas tendientes al uso eficiente de la energía y la búsqueda de fuentes alternativas, los cuales después se extenderían mediante la cooperación internacional y bilateral a los países subdesarrollados, entre ellos México, la idea primera era erigirse como un bloque que hiciera contrapeso a la OPEP.

Adicionalmente a este hecho histórico, en los últimos años la UE ha propuesto medidas tendientes a integrar aún más las consideraciones medioambientales en la política energética de la Comunidad, lo cual puede ser sumamente interesante a considerar por México.

La Unión Europea (UE) absorbe del 14% al 15% del consumo mundial de la energía, es el mayor importador de petróleo del mundo (19%) y de gas natural (16%). Además, es responsable del 14% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> y la tendencia es de un aumento del 5%.<sup>152</sup>

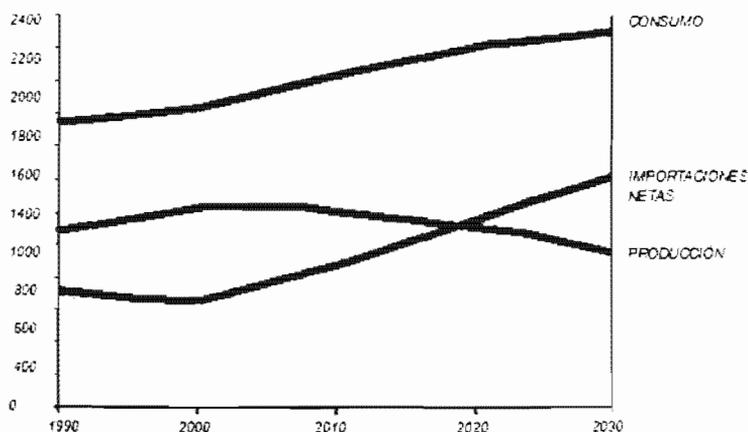
Actualmente, importa el 50% de sus necesidades y en 2030 se acercará al 70% (Ver gráfica 3.2), con una dependencia aún más marcada de los hidrocarburos si se mantienen las tendencias presentes.

De acuerdo con esto podemos afirmar que la UE consume cada vez más energía e importa cada vez más productos energéticos. La producción comunitaria es insuficiente para cubrir las necesidades energéticas de la Unión.

---

<sup>152</sup> Comisión Europea, *Energía. Controlemos nuestra dependencia*, Comunidades Europeas, Bélgica, 2002, p. 12.

Gráfica 3. 2.- UE: Balance Energético (millones de tep)

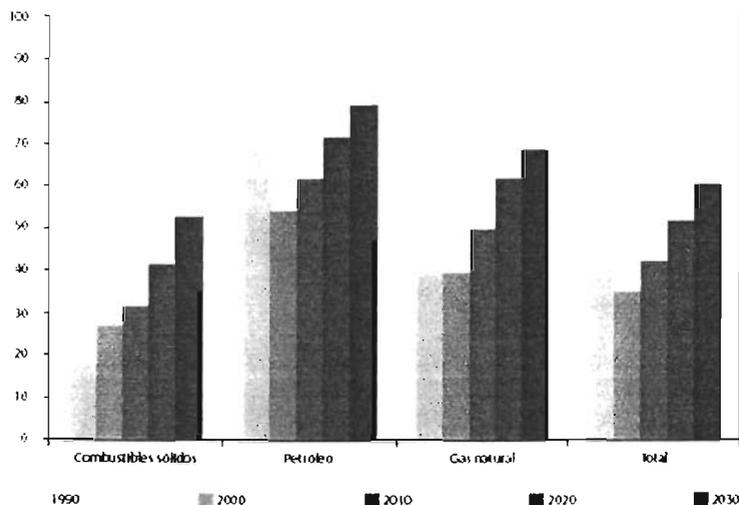


Fuente: Comisión Europea, Libro Verde. Hacia una estrategia de seguridad del abastecimiento energético, Comunidades Europeas, Luxemburgo, 2001, p. 23.

La dependencia más alta se concentra en el petróleo (76%), básicamente provista por los miembros de la OPEP 51% (Irán, Irak, Nigeria, Argelia, Venezuela, Kuwait, Arabia Saudita y Libia), Noruega 21%, Rusia 18% y México 2%. El 40% del gas natural es importado de Rusia, Noruega y Norte de África (Libia y Argelia particularmente). El 50% de las necesidades de hulla son satisfechas mediante la compra al exterior, aunque la UE tiene reservas, dicha industria sobrevive solamente gracias a las subvenciones estatales. En resumen, el aumento de la dependencia podría darse en los siguientes porcentajes para el 2030: petróleo 90%, gas 70% y hulla 100%.<sup>153</sup>

<sup>153</sup> Comisión Europea. *Libro Verde. Hacia una estrategia de seguridad del abastecimiento energético*, Comunidades Europeas, Luxemburgo, 2001, pp. 24-25.

**Gráfica 3. 3.- UE: Dependencia por fuentes de energía (%)**



Fuente: Comisión Europea, Libro Verde. Hacia una estrategia de seguridad del abastecimiento energético, Comunidades Europeas, Luxemburgo, 2001, p. 23.

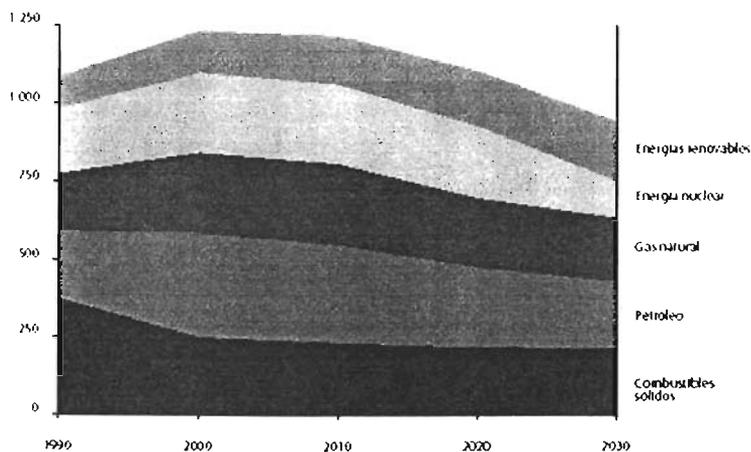
Cabe señalar que la dependencia varía de un país miembro a otro, por ejemplo, los países que acaban de ingresar a la UE, hoy en día son exportadores netos de carbón, sin embargo la tendencia marca que podrían verse obligados a importar el 12% de sus necesidades en función del crecimiento económico previsto de entre 5% y 6%, lo cual implica un aumento en la demanda de energía.<sup>154</sup>

La UE genera a nivel interno parte de la energía que requiere para desarrollar sus actividades industriales, residenciales, de transporte, etc., utilizando sus propios recursos, sin embargo, se espera a futuro que su dependencia crezca en la medida que sus reservas fósiles se agoten, tal y como ocurrirá en el resto del mundo, debido a la sobreexplotación. (Ver gráfica 3.3)

En años anteriores el petróleo y los combustibles sólidos originados en la zona territorial europea satisfacían en mayor proporción la demanda, pero conforme se avanza en la línea del tiempo dejan paso a la importación desde el exterior. (Ver gráfica 3.4)

<sup>154</sup> *Ibid.*

Gráfica 3. 4.- UE: Producción energética en la UE por fuentes de Energía

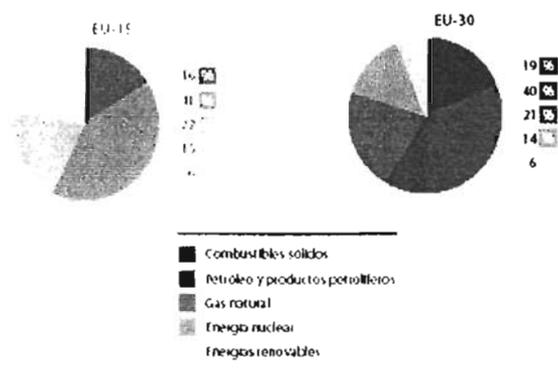


Fuente: Comisión Europea, Libro Verde. Hacia una estrategia de seguridad del abastecimiento energético, Comunidades Europeas, Luxemburgo, 2001, p. 19.

Hasta este momento las gráficas y los datos demuestran el papel preponderante que tienen los combustibles fósiles en la satisfacción de la demanda europea de energía, hecho en el cual tiene mucha cercanía con el caso mexicano. La gráfica 8 muestra como se prospecta para el 2030 la producción de energía, poniendo de manifiesto la fuerte caída ya desde el año 2000 en los combustibles sólidos; el petróleo y el gas natural se mantienen sin bajas fuertes sino hasta el 2010; y de seguir con el esquema actual de producción seguramente también se experimentarían fuertes caídas en las energías renovables y la nuclear, de ahí que este sea un momento clave en el diseño de las políticas a seguir de aquí al 2030.

Esta prospección es muy importante. Indica la imposibilidad de seguir con dichos patrones de producción, ya que requeriría la importación de más energía producida en el exterior de la UE, lo cual es insostenible a largo plazo para cualquier economía, pues terminará reflejándose el costo de la energía en los productos producidos, es decir, al elevarse el precio de una mercancía perderá competitividad internacional.

**Gráfica 3. 5.- UE: Consumo Interior Bruto de Energía % (1998)**



Fuente: Comisión Europea, Libro Verde. Hacia una estrategia de seguridad del abastecimiento energético, Comunidades Europeas, Luxemburgo, 2001. pp. 26-27.

Igualmente, en las proyecciones sobre el consumo interior de energía (Ver gráfica 3.5 y cuadro 3.1), tanto en la Europa de los 15 como en la de los 30, continúan predominando los combustibles sólidos, el petróleo, los productos petrolíferos y el gas natural, todos ellos energías no renovables.

El párrafo precedente confirma que la UE tendrá que depender del exterior para la satisfacción energética futura, pues el consumo de los fósiles aumentará, mientras que la producción interna disminuirá debido al agotamiento de las reservas y la incosteabilidad en la extracción de algunas fuentes internas.

Es patente que las energías renovables tanto en la UE de los 15 (Bélgica, Dinamarca, Alemania, Grecia, España, Francia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Austria, Portugal, Finlandia, Suecia y Reino Unido), como en la UE de los 30 –hasta donde se pretende la ampliación– (Bulgaria, Chipre, Eslovenia, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Malta, Polonia, Rep. Checa, Rep. Eslovaca, Rumania y Turquía), tan sólo ocupan un papel marginal, incluso con respecto a la energía nuclear que tiene mala aceptación debido a su peligrosidad y residuos. (Ver cuadro 3.1 y gráfica 3.5)

**Cuadro 3. 1.- UE: Consumo Interior Bruto en 1998 (%)**

<b>País</b>	<b>Combustibles sólidos</b>	<b>Petróleo y productos petrolíferos</b>	<b>Gas Natural</b>	<b>Energía Nuclear</b>	<b>Energías Renovables</b>
<b>Bélgica</b>	15	42	22	20	1
<b>Dinamarca</b>	26	46	20	0	8
<b>Alemania</b>	25	41	21	11	2
<b>Grecia</b>	35	60	0	0	5
<b>España</b>	16	54	11	13	6
<b>Francia</b>	7	36	13	37	7
<b>Irlanda</b>	22	54	22	0	2
<b>Italia</b>	14	11	59	0	16
<b>Luxemburgo</b>	4	71	23	0	2
<b>Países Bajos</b>	13	37	47	1	2
<b>Austria</b>	11	43	23	0	23
<b>Portugal</b>	14	67	3	0	16
<b>Finlandia</b>	17	34	10	17	22
<b>Suecia</b>	5	32	1	34	28
<b>Reino Unido</b>	24	45	15	15	1
<b>Bulgaria</b>	38	23	15	21	3
<b>Chipre</b>	1	99	0	0	0
<b>Eslovenia</b>	20	42	11	19	8
<b>Estonia</b>	53	25	12	0	10
<b>Hungría</b>	16	29	40	14	1
<b>Letonia</b>	42	24	0	33	1
<b>Lituania</b>	37	17	35	6	5
<b>Malta</b>	0	100	0	0	0
<b>Polonia</b>	66	19	10	0	5
<b>Rep. Checa</b>	51	20	19	8	2
<b>Rep. Eslovaca</b>	27	19	33	18	3
<b>Rumania</b>	18	29	38	3	12
<b>Turquía</b>	30	43	12	0	15

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de Comisión Europea, Libro Verde. Hacia una estrategia de seguridad del abastecimiento energético, Comunidades Europeas, Luxemburgo, 2001.

En base a los datos del cuadro 3.1, Finlandia, Suecia y Francia, son países que consumen energía de manera sustantivamente diferente del resto de los miembros de la UE, pues el mayor peso está concentrado en la energía nuclear y las energías renovables frente al aplastante predominio de los combustibles fósiles dado en el resto de la Unión: Finlandia produce el 17% con energía nuclear y 22% con renovables; Suecia 34% y 28%; y, Francia 37% y 7%, respectivamente. De hecho son los bastiones que promueven esquemas diferentes de producción y consumo, para evitar una crisis energética mayor a la que ya se vive, ejemplo de ello son las tasas extras que se paga en los transportes por los precios estratosféricos del petróleo en la

actualidad.

No queda duda de la clara dependencia energética europea de la oferta exterior, al cual se asocian otros problemas como:

1. Inestabilidad en la oferta y precios de los combustibles.
2. Costos de transporte.
3. Problemas ambientales (marea negra, accidentes nucleares, fugas de metano, calentamiento global, etc.), entre otros.

Al igual que en México, las reservas europeas de combustibles van hacia la baja. Las de petróleo se cifran en “unos 8 años de consumo (suponiendo que no varía el nivel de consumo ni el rendimiento tecnológico). La Unión produce, gracias a la explotación del Mar del Norte (sobre todo por parte del Reino Unido), 158.3 millones de tep (1997), es decir, apenas el 4.4% de la producción mundial. Hoy, los costos de extracción de la producción europea se sitúan en torno a 7-11 dólares el barril, frente a 1-3 dólares en Oriente Medio.”<sup>93</sup>

En cuanto al gas natural, la UE dispone del 2.2% de las reservas planetarias, lo cual equivale a unos 20 años de consumo al ritmo actual (223.2 millones de tep en 1997 → 12% de la producción mundial). Las principales reservas se encuentran en los Países Bajos (56%) y el Reino Unido (24%).<sup>94</sup>

Las reservas mundiales de combustibles sólidos (carbón, hulla, lignito, turba y esquistos bituminosos) representan 200 años de consumo, equivalente al 80% de las reservas europeas de energías convencionales.<sup>95</sup> El problema principal se halla en la calidad de estos combustibles y su costo de extracción.

“La producción de turba asciende a 1.2 millones de tep, la de lignito a 50 millones de tep y la hulla a 60 millones de tep (5% de la producción mundial)... El lignito y la turba son rentables, pero la hulla se encuentra situada muy por debajo respecto de la hulla importada. Las difíciles condiciones geológicas conjugadas con las normas de cobertura social de la Unión Europea elevan el costo de producción medio de la hulla a casi tres o cuatro veces el precio del mercado internacional (150 dólares/tec, frente a 40 dólares/tec). En este contexto, la hulla europea no puede competir con los grandes países exportadores de carbón como Estados Unidos, Australia, Sudáfrica o Colombia. Este foso ha llevado a los países productores a cesar totalmente la

---

<sup>93</sup> Comisión Europea. *Libro Verde. Hacia una estrategia de seguridad del abastecimiento energético*, op. cit., pp. 19.

<sup>94</sup> *Ibid.*

<sup>95</sup> *Ibid.*

producción, como sucedió en Portugal, Bélgica y Francia (para 2005), también se decidió reestructurar la industria para reducir progresivamente la actividad extractora (Alemania y España), así como hacer la producción competitiva con el carbón importado (Reino Unido).<sup>96</sup>

Ante este oscuro panorama, algunos de los principales retos de la política energética de la Comunidad consisten en asegurar el abasto energético gestionando la creciente dependencia exterior de la Unión en este ámbito; aplicar una política energética compatible con los objetivos del desarrollo sustentable, en particular mediante un uso más racional de la energía y el desarrollo de fuentes renovables con el objetivo de promover la eficacia energética y el ahorro de energía, aumentar la producción y la utilización de fuentes menos contaminantes, reduciendo en conjunto los impactos negativos medioambientales; por último, fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico en el sector energético.<sup>97</sup>

Es del interés de este trabajo el dedicar especial cuidado al programa de acción de la UE, basado en el impulso de las energías renovables, pasando del 6% -que actualmente aportan al balance energético- al 12% en el 2010<sup>98</sup>, lo cual implica la puesta en marcha de medidas fiscales y no fiscales tendientes al logro de éste objetivo.

Ahora bien, pasemos a definir cuáles son consideradas energías alternativas dentro de la Unión Europea (UE), para posteriormente describir algunos puntos rescatables de la estrategia de su impulso al interior de la Unión.

De acuerdo con la Directiva Europea 2001/77/CE son consideradas energías renovables las siguientes:

1. "Energía eólica.
2. Energía de los rayos solares.
3. Energía geotérmica.
4. Energía producida por el oleaje.
5. Energía producida por las corrientes marinas.
6. Energía mareomotriz e hidráulica.
7. Biomasa con una cantidad de impurezas insignificante, entendiéndose como tal la fracción biodegradable de los materiales procedentes de la agricultura y la silvicultura, los

---

<sup>96</sup> *Ibid.*

<sup>97</sup> Comisión Europea, "Visión global de la política y las acciones en el campo de la energía", en *Actividades de la UE. Síntesis de la legislación*, Energía y medio ambiente, 30 de Marzo de 2004, [europa.eu.int/scadplus/leg/es/lvb/l27014c.htm](http://europa.eu.int/scadplus/leg/es/lvb/l27014c.htm).

<sup>98</sup> *Ibid.*

residuos de maderas y los residuos de corcho, los subproductos biodegradables de la industria de la pulpa y del papel y la digestión de la fracción biodegradable de los residuos municipales valorizados.<sup>99</sup>

8. El gas de vertedero, de plantas de depuración y el biogás.<sup>100</sup>

Cabe señalar que cada Estado miembro de la Unión tiene su propia clasificación y normas, por ejemplo veamos el caso español, el cual considera como energías renovables las siguientes:

1. “Energías renovables no consumibles<sup>101</sup>, biomasa o cualquier tipo de biocarburante, y en concreto energía solar, energía eólica, energía geotérmica de las olas, de las mareas, de rocas calientes secas, centrales hidroeléctricas con potencia inferior a 50 MW, biomasa primaria (recursos naturales y plantaciones energéticas), y biomasa secundaria (estiércoles, lodos de depuradoras, residuos agrícolas y forestales, biocombustibles y biogás).
2. Instalaciones que usan como combustible residuos urbanos u otros residuos.
3. Instalaciones para utilizar la cogeneración o que incluyan una central que utilice energías residuales.
4. Instalaciones de cogeneración asociadas al tratamiento de residuos de los sectores agrícola, ganadero y de servicios.”<sup>102</sup>

Esta consideración de nuevas energías a los sistemas de generación citados responden a objetivos tales como la eficiencia energética, la reducción del consumo y la protección del medio ambiente (gases de efecto invernadero, etc.), a los que contribuyen de una u otra forma las citadas nuevas energías.

---

<sup>99</sup> Sin embargo, no se incluyen otros residuos industriales de contenido energético (neumáticos usados, plásticos, etc.).

<sup>100</sup> Directiva 2001/77/CE relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes renovables en el mercado interior de la electricidad, Parlamento Europeo y Consejo Europeo, de 27 de septiembre de 2001, DO no. L 283, 003 y ss.

<sup>101</sup> El Plan de Fomento de las energías Renovables 2000-2010 las define como “...formas de energía no consumibles, en particular la energía hidroeléctrica, eólica, y solar (tanto térmica como fotovoltaica), la biomasa y la energía geotérmica. [El Plan añade que]...los residuos urbanos y otros residuos orgánicos, aunque consumibles, también suelen clasificarse como fuentes de energía renovables. La lista de energías renovables incluye además una serie de tecnologías aun en vías de experimentación o demostración de su viabilidad económica, como la energía de las olas, de las mareas y de rocas calientes y secas”. IDAE, *Plan de Fomento de las Energías Renovables en España*, 1999, p. 40.

<sup>102</sup> Se refiere únicamente a las energías renovables para uso eléctrico. *Directiva del gobierno español sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes renovables, por residuos y por cogeneración*, R.D. 2828/1998.

Consciente de que el uso de energías alternativas presenta desventajas económicas, debido a los altos costos de su infraestructura en comparación con la de las energías tradicionales (aunque éstas no internalizan los costos externos que ocasionan), se han diseñado diversos mecanismos como las medidas fiscales para corregir la inequitativa competencia entre ambas, atendiendo la coincidencia con al menos tres principios fundamentales comunitarios que en breve serán abordados.

En lo que se refiere al principio de “la capacidad económica, o riqueza disponible, constituye la medida general de la igualdad en materia tributaria. En consumo de energía constituye una manifestación indirecta de capacidad económica que no depende de la contaminación causada. Por tanto, desde la perspectiva de la pura capacidad económica no se justifica la diferencia de trato entre la fiscalidad de las energías tradicionales y las nuevas energías.

Sin embargo, el principio de capacidad económica puede ser objeto de limitaciones cuando estén en juego otros objetivos de interés general. Tanto la capacidad económica como la protección del medio ambiente hunden sus raíces en el principio de solidaridad, y la solidaridad exige la Internalización de los daños externos ocasionados por los sujetos contaminantes. Además, el propio principio de igualdad exige una equivalencia por los daños causados y la carga fiscal que deba soportar el contribuyente. Por tanto, en el marco constitucional, está plenamente justificado el tratamiento fiscal favorable de las “nuevas energías”, siempre que éste sea adecuado y proporcionado a los objetivos ambientales que se persiguen.”<sup>103</sup>

Por su parte, el principio de “quién contamina paga”, exige que los costos externos de la contaminación recaigan sobre el sujeto responsable. Como afirman algunos expertos en la materia, a través de este principio se pretende hacer soportar al causante de los mismos la cuantía proporcional al daño que provoca a través de un gravamen que recaiga sobre los productos que utilice o que elabore, o directamente sobre las emisiones perjudiciales que origine.<sup>104</sup> En el ámbito energético esto supone establecer medidas que reflejen dichos costos en el precio de los productos contaminantes. Por tanto, el principio justifica plenamente un tratamiento fiscal más favorable para las fuentes de energía menos contaminantes.

En cuanto al principio de “prohibición de ayudas de estado”, debe entenderse que las

---

<sup>103</sup> Manuel Herrera Molina, *Derecho tributario ambiental. La introducción del interés ambiental en el ordenamiento tributario*, Marcial Pons-Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 2000, p. 166.

<sup>104</sup> Abelardo Vaquera García, *Fiscalidad y medio ambiente*, Lex Nova, Valladolid, 1999, p. 163.

inversiones a favor de las energías renovables se equiparan con las inversiones del medio ambiente, por ello la Comisión aprobó que cuando quede demostrado el carácter indispensable, los Estados miembros podrán conceder ayudas a la inversión en energías renovables, incluso por la totalidad de los costos subvencionales.<sup>105</sup>

En concreto, “puede ser necesaria la ayuda cuando los procedimientos técnicos disponibles no permitan producir la energía en cuestión a un costo unitario comparable con el de las energías tradicionales”.<sup>106</sup> Las Directrices ofrecen a los Estados Miembros varias opciones para la concesión de ayudas:

**Opción 1.** “Se basa en ayudas para compensar la diferencia entre los costos de producción de las energías renovables y el precio de mercado de la electricidad. Las ayudas sólo podrán concederse, para garantizar la amortización de las instalaciones. En cuanto a la biomasa, la Comisión admite ayudas por costos de funcionamiento aunque se hayan amortizado las instalaciones, puesto que a diferencia de la mayor parte de las demás energías renovables, la biomasa exige inversiones relativamente menos elevadas, aunque sus costos de funcionamiento son más altos.”<sup>107</sup>

**Opción 2.** “Basada en la emisión de certificados verdes o sistemas de licitación.”<sup>108</sup>

**Opción 3.** “Los Estados miembros podrán conceder ayudas de funcionamiento a las nuevas instalaciones de producción de energía renovable, calculadas sobre la base de los costos externos evitados; es decir, los costos medioambientales que la sociedad debería soportar si la misma cantidad de energía se generase en una instalación de producción que funcionase con energías convencionales.”<sup>109</sup>

**Opción 4.** También se consideran ayudas de Estado los gastos fiscales introducidos con fines de política económica (no ambientales) en los Impuestos sobre la energía, pues con ellos se intenta reducir el impacto de dichos impuestos sobre la competitividad de las empresas, en especial de aquellas que realizan un uso intensivo de la energía.<sup>110</sup>

En el ámbito fiscal, las energías renovables pueden incentivarse de forma positiva mediante

---

<sup>105</sup> Los costos subvencionales son aquellos soportados por la empresa con relación a una instalación de energía tradicional de la misma capacidad en términos de generación de energía. *Directrices comunitarias sobre ayudas estatales a favor del medio ambiente (94/C/72/03)*, ap. 3.1.

<sup>106</sup> P. M. Herrera Molina, *op. cit.*, p. 52.

<sup>107</sup> *Ibid.*

<sup>108</sup> *Ibid.*

<sup>109</sup> *Ibid.*

<sup>110</sup> C. J. Borrero Moro, *La tributación ambiental en España*, Tecnos, Madrid, España, 1998, p. 97.

la concesión de beneficios fiscales o de modo negativo a través de impuestos que incidan específicamente sobre las fuentes tradicionales de energía.

Algunos impuestos energéticos tradicionales son un instrumento idóneo en cuanto su objeto imponible recae esencialmente sobre productos contaminantes (pensemos en el impuesto sobre hidrocarburos), aunque –para una mayor efectividad- su base imponible no debería medirse atendiendo al volumen del producto ni a su precio, sino a su incidencia contaminante. En el caso de otros impuestos cuyo objetivo es más genérico (impuesto puro sobre la energía o impuesto sobre la electricidad), deben establecerse mecanismos cuantitativos que permitan discriminar a favor de las energías limpias.

De este modo, los impuestos ambientales sobre la energía –aquellos que recaen sobre las fuentes de energía más contaminantes- constituyen el principal incentivo fiscal para el desarrollo de energías limpias, sin perjuicio de que su adopción deba acompañarse de estímulos a la inversión instrumentados –entre otras medidas- mediante incentivos fiscales en los tributos ordinarios.

A continuación se presentan los principales mecanismos utilizados para el fomento de las nuevas energías:

1. Internalización de los precios. Se refiere a que los diferentes sistemas de generación energética incorporen los costos no internalizados derivados de su impacto ambiental o del agotamiento que producen en los recursos primarios no renovables; o bien, las nuevas energías incorporen al precio el costo de la reducción del impacto ambiental que producen o el ahorro de recursos no renovables obtenidos gracias a su utilización. La dificultad de ello es que la evaluación de los costos ambientales implica muchas situaciones a considerar, lo cual hace que la determinación sea imprecisa y subjetiva, por eso normalmente no se recurre a este método.<sup>111</sup>
2. Los incentivos de apoyo directo a los precios de la energía, pueden ser ejemplificados exponiendo el sistema de primas (o de precio fijo) empleado por España, Alemania, Reino Unido, Irlanda y Países Bajos, donde la energía es entregada a la red por una planta acogida a este régimen, recibe un precio superior al precio del *pool* resultante de las ofertas de los productores al mercado mayorista. Dicho precio de *pool* viene complementado por una “prima” o incentivo, que es abonado vía tarifas, por los

---

<sup>111</sup> Para consultar más sobre esta problemática dirigirse al trabajo de M. Buñuel, *El uso de instrumentos económicos en la política de medio ambiente*, Consejo Económico y Social, Madrid, España, 1999.

consumidores finales en sus facturas.<sup>112</sup>

Las limitaciones más significativas de este sistema son las siguientes: “se aplica a unidades de generación de menos de 50 MW aunque los incentivos disminuyen con la potencia a partir de 10 MW o desaparecen a los 25 MW según los casos; en el caso de instalaciones de cogeneración o energías residuales se exigen niveles de autoconsumo del 30% (<25 MW), o incluso del 50% (25 -50 MW), lo que excluye una parte significativa de las posibilidades de aumento de la eficiencia energética y la disminución del CO<sub>2</sub> generado; existe una gran inseguridad jurídica por las posibilidades y discrecionalidad de la modificación de los incentivos en plazos inferiores a los necesarios para rentabilizar las inversiones; las revisiones de las primas se realizan anualmente y con criterios que no responden a la estructura de costos, lo que dada la volatilidad de los precios energéticos, produce desequilibrios financieros.”<sup>113</sup>

3. Subvenciones. El mecanismo de ayuda a las inversiones en nuevas energías, vía la subvención o crédito subvencionado, se viene utilizando en dos programas o planes específicos:
  - a) -“En el fomento de nuevas o mejores tecnologías que mejoran la eficiencia energética (Proyectos de I+D+I). El mecanismo de ayuda es únicamente aplicable a los prototipos de plantas innovadoras o actividades de demostración.
  - b) -En la corrección de los desequilibrios regionales dentro de los incentivos de ayuda regional. La ayuda esta limitada a determinadas zonas geográficas y se concede y gradúa, no en función de los parámetros de eficiencia energética y reducción del impacto ambiental, sino esencialmente en la creación de empleo directo o inducido. Esta limitación es muy importante ya que el lugar de la implantación de plantas renovables está dado por la existencia de los recursos energéticos a aprovechar y porque la utilización de mano de obra es generalmente poco intensiva en estas inversiones.”<sup>114</sup>
4. Certificados verdes. La emisión de certificados verdes, es decir certificados de generación energética en condiciones de bajo impacto ambiental, por los cuales se percibe una

---

<sup>112</sup> Miguel Villar Ezcurra, “Desarrollo sostenible y tributos ambientales”, ponencia presentada a las XXI Jornadas del ILADT, septiembre 2002.

<sup>113</sup> *Ibid.*

<sup>114</sup> Et. al., *El tratamiento fiscal de las nuevas energías*, SENER/IDAE/UCM/U. Juan Carlos I, Madrid, España, 2002, pp. 246-248.

compensación económica de dinero público o de otros generadores más contaminantes. Los certificados ecológicos pueden constituir una compensación a los generadores de nuevas energías, cuando se impone la obligatoriedad a los consumidores o distribuidores de energía de adquirir un determinado porcentaje de certificados en relación al total de energía comparada o comercializada. De esta manera, los generadores de energía de bajo impacto ambiental se convierten en vendedores, no sólo de Kwh, sino de certificados verdes.<sup>115</sup>

A continuación, se presentan algunos beneficios fiscales específicos a favor de las energías renovables en la UE:

- a) El marco comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad, fija los niveles mínimos de imposición aplicables a los carburantes destinados a uso industrial o comercial y a los combustibles y a la electricidad. Los «niveles de imposición» que los Estados miembros aplican no pueden ser inferiores a los niveles previstos por la Directiva. Normalmente, los productos energéticos y de la electricidad están sometidos a impuestos cuando se utilizan como carburantes o combustibles de calefacción y no lo están cuando sirven de materia prima o intervienen en reducciones químicas o en procedimientos electrolíticos o metalúrgicos.<sup>116</sup>
- b) La reforma fiscal danesa de 1995 estableció un incentivo general a la producción de electricidad mediante energías renovables que se combina con el gravamen de los combustibles fósiles. Además, se regularon exenciones de impuestos energéticos en caso de producción térmica con biomasa y se concedieron incentivos a la inversión entre un 15 y 40% para fomentar la producción de energía derivada de la biomasa. La reforma de 1998 estableció beneficios fiscales a favor de la energía eólica.<sup>117</sup>
- c) En Francia la legislación previó una exención en el impuesto sobre hidrocarburos para la producción de biocombustibles con el fin de incentivar las inversiones en esta área. Asimismo, se establecieron exenciones en el Impuesto sobre la Renta para promover las inversiones en recursos renovables en las regiones de ultramar (Guadalupe,

---

<sup>115</sup> Ignacio Gutiérrez Franco, "El sistema europeo de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero: análisis de la propuesta de directiva europea de 23 de octubre de 2001", en *Noticias UE*, 2002.

<sup>116</sup> Comisión Europea, "Marco comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad", en *Actividades de la UE. Síntesis de la legislación*, Energía y medio ambiente, 30 de Marzo de 2004, [europa.eu.int/scadplus/leg/es/lvb/l27019.htm](http://europa.eu.int/scadplus/leg/es/lvb/l27019.htm)

<sup>117</sup> A. Gago Rodríguez y X. Labandeira Villot, *La reforma fiscal verde*, Mundi Prens, Barcelona, 1999, p. 53.

Martinico, Polinesia, etc.).<sup>118</sup>

- d) En Grecia, “la Ley 2364/1995 prevé exenciones impositivas en la adquisición e instalación de sistemas renovables y sistemas de gas natural. También la Ley 2601/1998 contempla la combinación de deducciones impositivas hasta el 100% con subsidios a un tipo de interés de hasta 40% para inversiones en energías renovables.”<sup>119</sup>
- e) En España se impuso una ordenanza fiscal reguladora del Impuesto sobre vehículos de tracción mecánica del Ayuntamiento de Madrid que contiene “una detallada regulación sobre el uso de nuevas energías: el beneficio se limita a los 4 primeros años tras las primera matriculación del vehículo una bonificación del 50%, 6 años para los vehículos híbridos (motor eléctrico-gasolina/diesel/gas) y en el supuesto de vehículos de motor eléctrico o de emisiones nulas, la bonificación del 50% puede disfrutarse de modo indefinido; también pueden disfrutar de la bonificación los vehículos en los que se acredite, previa comprobación de los servicios municipales, haber sustituido el dispositivo catalizador de que vinieren provistos de fábrica, por otro nuevo y los vehículos de motor de explosión o combustión (gasolina sin plomo o gasoil) que se adapten para la utilización del gas como combustible cuando éste fuere distinto del que le correspondiere según su homologación de fábrica.”<sup>120</sup>

**Opción 5.** Pueden identificarse también la aplicación de instrumentos no fiscales. Los programas comunitarios para la promoción del uso racional de la energía y las energías renovables como el Programa SAVE, ALTERNER o el Programa Marco de Energía Inteligente para Europa (2003-2006), entre otros, los cuales se han revelado como herramientas imprescindibles para favorecer la penetración de las nuevas energías en los mercados.

El Programa Marco de Energía Inteligente para Europa tiene por objeto apoyar financieramente las iniciativas locales, regionales y nacionales en el ámbito de las energías renovables, de la eficacia energética, de los aspectos energéticos del transporte y de la promoción internacional. El presupuesto asciende a 215 millones de euros en el periodo comprendido entre

---

<sup>118</sup> *Ibid.*

<sup>119</sup> A. Gago Rodríguez, X. Labandeira Villot y M. Rodríguez Méndez, *Experiencias, efectos y pautas de diseño de reformas fiscales verdes: una puesta al día*, HPE, Monografía, 2001, p.322.

<sup>120</sup> Ordenanza Fiscal reguladora del Impuesto sobre vehículos de tracción mecánica del Ayuntamiento de Madrid, aprobada el 10 de octubre de 2000, art. 4.

2003 y 2006.<sup>121</sup>

La idea está centrada en proporcionar los elementos necesarios para la promoción de la eficiencia energética y la mayor utilización de las fuentes de energía renovables con miras a reducir el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>; desarrollar instrumentos y medios, que podrán usar la Comisión y los Estados miembros, para realizar el seguimiento, supervisión y evaluación del impacto de las medidas adoptadas por los Estados miembros; promover modelos eficientes e inteligentes de producción y consumo de energía fundamentados en bases sólidas y sustentables, fomentando la sensibilización a través, sobre todo, del sistema educativo para que haya un cambio real del comportamiento energético en la UE tanto por parte de los particulares como por parte de la industria y las empresas.<sup>122</sup>

“La estructura del programa consiste en cuatro ámbitos de acción que corresponden en parte a programas anteriores y que garantizan y refuerzan la continuidad de las acciones:

1. El ámbito **SAVE**, que se refiere al aumento de la eficiencia energética (1% por año) y a la utilización racional de la energía, en particular en los sectores de la construcción y la industria. Presupuesto: 75 millones de euros;
2. El ámbito **ALTENER**, que se refiere a la promoción de las fuentes de energía nuevas y renovables para la producción centralizada y descentralizada de electricidad y calor, así como su integración en el medio local y los sistemas energéticos. El objetivo es que la contribución de las energías renovables al balance energético pase de 6% a 12% en 2010, mientras que en el ámbito de la producción de electricidad se incremente al 21.1%. Presupuesto: 86 millones de euros;
3. El ámbito **STEER**, que se refiere al apoyo a las iniciativas relacionadas con todos los aspectos energéticos del transporte, la diversificación de los carburantes, por ejemplo a través de fuentes emergentes de energía y fuentes de energía renovables. Presupuesto: 35 millones de euros;
4. El ámbito **COOPENER**, que se refiere al apoyo a las iniciativas relacionadas con la promoción de la eficiencia energética y las fuentes de energía renovables en los países en

---

<sup>121</sup> Decisión n° 1230/2003/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, por la que se adopta un programa plurianual de acciones en el ámbito de la energía: «Energía inteligente - Europa» (2003-2006) [Diario Oficial L 176 de 15.7.2003], en *Actividades de la UE. Síntesis de la legislación*, 10 de Abril de 2004, [europa.eu.int/scadplus/leg/es/1vb/127046.htm](http://europa.eu.int/scadplus/leg/es/1vb/127046.htm)

<sup>122</sup> *Ibid.*

vías de desarrollo. Presupuesto: 19 millones de euros.<sup>123</sup>

Cabe señalar que la contribución financiera de la Comunidad no puede ser superior al 50% del costo del proyecto; el resto pueden sufragarlos fondos públicos o privados o una combinación de ambos. Sin embargo, se contemplan algunas excepciones: las subvenciones comunitarias pueden sufragar la totalidad de los gastos si se trata, por ejemplo, de acciones de evaluación del impacto y de mejora de la coordinación de las iniciativas.<sup>124</sup>

Retomemos nuevamente el caso español para ilustrar otras medidas no fiscales. En España el grueso de las ayudas a las fuentes de energía rentables, así como a la cogeneración de electricidad con residuos, no tienen naturaleza tributaria. Por el contrario, dichas ayudas se configuran mediante primas o precios regulados para la producción de electricidad en *régimen especial* (y, en menor medida, mediante subvenciones o apoyos a la financiación para acometer la inversión en nuevas energías), esto queda manifestado en el Plan de Fomento de las Energías Renovables para el periodo 2000-2010, donde se pusieron en marcha diferentes instrumentos a saber:

- Programa de Ayudas para el Apoyo a la Energía Solar Térmica. En el año 2000 el IDAE habilitó un presupuesto de 1.200 millones de pesetas destinado a la subvención para inversiones en aplicaciones de la energía solar a baja temperatura para agua caliente sanitaria. Climatización de piscinas, agua caliente de proceso en industrias y aplicaciones para calefacción y climatización. El usuario de las instalaciones recibe la ayuda indirectamente a través de un descuento máximo de 35.000 pesetas por m<sup>2</sup> realizado a los instaladores.<sup>125</sup>
- Se firmó un convenio entre el IDAE y el Instituto de Crédito Oficial (ICO) en junio de 2000, para la instrumentación de una línea de financiación de proyectos de inversión en energías renovables y eficiencia energética por importe de hasta 20.000 millones de pesetas, que se aplicarán a los beneficiarios de la línea de financiación del ICO mediante la bonificación de 3 o 5 puntos porcentuales del tipo de interés, los proyectos podrán ser financiados hasta en un 70%.<sup>126</sup>

---

<sup>123</sup> European Commission/ Directorate General for Energy and Transport, "Intelligent Energy for Europe", en Multiannual Action Programme 2003-2006.

<sup>124</sup> *Ibid.*

<sup>125</sup> Resolución de la DG del IDAE, de 14 de julio de 2000 (BOE IAGOSTO DE 2000) por la que se anuncia la convocatoria para la acreditación de empresas colaboradoras en el Programa de Ayudas para el Apoyo a la Energía Solar Térmica dentro del Plan de Fomento de las Energías Renovables, correspondiente al año 2000.

<sup>126</sup> Resolución de la DG del IDAE, de 8 de septiembre de 2000 (BOE: 15 de septiembre de 2000) por la que se regula la concesión de ayudas (Convocatoria 2000).

**Opción 6.** No puede dejar de mencionarse el régimen de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, el cual esta por convertirse en un importante instrumento de combate contra el cambio climático.

El concepto de derecho de emisión es la cantidad de gases de efecto invernadero que una instalación está autorizada a emitir a la atmósfera durante un periodo determinado y que le es concedida por la autoridad competente, que en este caso son los Estados miembro de la Unión.<sup>127</sup>

El sistema inicia con el comercio del CO<sub>2</sub> y se articula de cuatro elementos centrales: Un plan nacional de asignación de emisiones; un sistema de permisos individuales; un sistema de verificación del cumplimiento, incluyendo el uso de sanciones; y un mecanismo de intercambio comercial de emisiones entre las entidades participantes.<sup>128</sup>

En el periodo que va del año 2005 al 2008, las entidades nacionales definirán sus propios criterios de asignación, y posteriormente mediante periodos quinquenales sucesivos se hará con un sistema comunitario armonizado.

En el 2005 se asignarán los certificados de emisión, para ello se pidió a cada rama industrial hiciera un inventario de las emisiones de 2003, para que por ese monto se expidan. Esto significa que si una empresa reduce para el año 2006 sus emisiones al modernizar su planta productoras le quedarán unos bonos de emisiones que puede vender a otras empresas que aumentaron sus emisiones a las originalmente asignadas, estas empresas tendrán que comprar los bonos de emisión al precio del momento, porque de no ser así tendrán que pagar una sanción por incumplimiento a demás de perder certificados de emisión.

Todo esto es con el motivo de impulsar año con año la reducción de emisiones y la modernización continua de las plantas, lo cual tendrá una consecuencia clara sobre el medioambiente y el cumplimiento de las metas energéticas planteadas en Plan Europeo y el Protocolo de Kyoto, que aunque aún no entra en vigor también plantea un mercado de emisiones y Europa se está entrenando con antelación frente al resto de los países industrializados que componen el conglomerado internacional.

**Opción 7.** Finalmente, debe hacerse una parada en el EMAS (Eco-Management and Audit Scheme / Sistema Comunitario de Gestión y Auditoria Medioambiental), cuyo objetivo es

---

<sup>127</sup> Dictamen del Comité Económico y Social sobre la «Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo», en *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 17/09/2002, p.27.

<sup>128</sup> *Ibid.*

promover la mejora continua del comportamiento medioambiental de las organizaciones, mediante la implantación de Sistemas de Gestión Ambiental; evaluación sistemática, objetiva y periódica del funcionamiento de los sistemas de gestión; difusión de la información sobre el comportamiento medioambiental de la organización; formación del personal de la organización, de forma profesional y permanente, que conlleve a la implicación activa en la mejora del comportamiento medioambiental.<sup>129</sup>

El EMAS está a disposición de cualquier organización pública o privada que desee mejorar su comportamiento en materia de medio ambiente, no importa si es privada o pública, si tiene o no personalidad jurídica, lo importante es que cuenta con sus propias funciones y administración. Antes el EMAS estaba limitado a los “centros industriales”, pero esto ya no es así.

Las ventajas de aplicar el EMAS son las siguientes:

1. “Gestión ambiental de calidad.
2. Cumplimiento de la legislación ambiental vigente, favoreciendo la obtención de ayudas, permisos y licencias.
3. Reducción de los consumos de recursos naturales (energía, agua y materias primas).
4. Minimización de los residuos generados.
5. Recuperación de subproductos, mediante el nuevo empleo en los procesos propios o en otros procesos.
6. Mejora de la imagen de la organización.
7. Nuevas oportunidades de negocio.
8. Mejora en las relaciones con los consumidores y el aumento de confianza del consumidor.”<sup>130</sup>

Digamos la realización de un programa EMAS se realiza en dos fases básicas, la primera se refiere a la evaluación de las medidas técnicas y organizativas para la solución de incumplimientos legales y, la segunda es la implantación del sistema en sí.

Para incentivar este tipo de prácticas medioambientales positivas y de libre albedrío, se incentiva mediante subvenciones para inversiones, reducciones fiscales y proyectos piloto, de la siguiente manera:

---

<sup>129</sup> Dr. Carlos Roselló Moreno, *Apuntes Medio ambiente, empresa y gestión ambiental*, UCM, junio 2004, Madrid, España.

<sup>130</sup> RENFE, *Manual EMAS para toma de decisiones en RENFE*, Madrid, España, 2002, p. 6.

Fase 1 → Evaluación Ambiental, política y programa (100-50%)

Fase 2 → Introducción del sistema de gestión medioambiental y validación a EMAS (50-40%)<sup>131</sup>

Otro incentivo que se desprende del EMAS digno de mencionarse es la obtención de un certificado de calidad ambiental que ofrece ante el consumidor europeo un punto a favor en cuanto a imagen.

Hasta aquí se han tratado de exponer diversos mecanismos que la UE y sus integrantes han puesto en marcha para posibilitar el desarrollo de las energías renovables con el fin de reducir las emisiones de gases efecto invernadero de acuerdo con los objetivos del Protocolo de Kyoto de 11 de diciembre de 1997, además de garantizar la sostenibilidad del desarrollo económico ante un eventual agotamiento de los combustibles fósiles y de evitar la negativa dependencia que guardan con respecto a las importaciones de combustibles, promoviendo las energías autóctonas.

No obstante y pese a todos estos nuevos mecanismos los datos recopilados por la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA), la Unión Europea “no logrará cumplir los compromisos adquiridos en Kyoto, pues las emisiones aumentarán un 6% entre 1990 y 2010. Según la AEMA entre 1990 y 1996 la UE en su conjunto sólo redujo sus emisiones de CO<sub>2</sub> en un 1%, pero tal cifra palidece ante el enorme aumento del 27% registrado en España entre 1990 y 1999, que en el sector energético llegan al 31%.”<sup>132</sup>

El camino en la reducción de la emisión de gases efecto invernadero apenas esta comenzando y quedan muchas cosas por hacer en este ámbito, de ninguna manera puede creerse que la política energética europea sea una panacea, especialmente porque al igual que ocurre en diversos países uno es el discurso y otra la práctica, sin embargo la próxima puesta en marcha del Protocolo de Kyoto y los altos precios del petróleo pueden fungir como potenciadores para el establecimiento de nuevos proyectos de ahorro de energía y de uso de energías renovables.

---

<sup>131</sup> *Ibid.*

<sup>132</sup> AEMA, “Europa no podrá cumplir los compromisos adquiridos en Kyoto”, en *Ambiente y Sociedad*, año 4, No. 149, junio 2003, [www.ecoportat.net/noti/024/jun/es](http://www.ecoportat.net/noti/024/jun/es)

### 3.2. México: Opciones Energéticas

Desde nuestro punto de vista, existen dos alternativas viables para que México pueda asegurar el suministro energético en el futuro y resolver el problema ambiental asociado a la producción de energía con combustibles fósiles: la eficiencia energética y el desarrollo de las fuentes de energía renovables, tal y como lo están haciendo los países europeos.

1. La primera consiste en que los consumidores empleen las tecnologías disponibles para producir lo mismo con una cantidad menor de combustibles. En esta concepción no importa el origen de la energía, se trata de aprovecharla al máximo, esto tiene como consecuencia un ahorro considerable de la misma y, por tanto, una disminución en las emisiones de gases contaminantes.

En este orden de ideas pueden mencionarse algunas de las medidas generales tendientes al logro de este objetivo:

1. “Mejora en la operación y en el mantenimiento de los equipos orientados al ahorro de combustibles y de electricidad.
2. Aumento de la eficiencia de los equipos existentes e introducción de componentes auxiliares que aprovechen mejor los diferentes flujos energéticos en la industria.
3. Reemplazo de los equipos o sistemas existentes por otros de menor consumo energético.
4. Cogeneración o sea la producción combinada de calor y electricidad con mayor eficiencia energética global.
5. Desarrollo de edificios inteligentes con sistemas de control tendiente a la reducción del consumo energético
6. Adopción de ahorro de materiales y de recuperación y reciclaje de los residuos para evitar un mayor consumo de aquellos y por tanto, una reducción de las emisiones de gases.
7. Fomento del uso del transporte público de pasajeros. Utilización de vehículos con tracción eléctrica como trenes o subterráneos generada en lo posible sin el empleo de combustibles fósiles.”<sup>133</sup>

Como anteriormente fue mencionado, México tiene un largo camino a este respecto. Desde 1989 ha dedicado esfuerzos al control de la demanda de energía, basta recordar el cambio en la

---

<sup>133</sup> I. Quadri, *Energía Solar, op. cit.*, capítulo XIII.

iluminación de las oficinas públicas de bombillas convencionales por ahorradoras de energía; el apoyo para la adquisición de aparatos eléctricos de mayor eficiencia entre la población; el horario de verano, etc. Este aspecto fue abordado en el capítulo segundo, aunque de manera somera ya que no es parte del objeto de estudio de esta tesis.

II. La segunda alternativa referida al desarrollo de las fuentes renovables implica un cambio de fondo en la manera de producir la energía que consume nuestro país desde la tecnología empleada hasta la filosofía que debe encabezar dicho movimiento; se trata pues, de usar desde el principio de la cadena energética insumos renovables y limpios, lo cual tiene como consecuencia la conservación de los combustibles fósiles, la disminución considerable en la emisión de gases contaminantes y la reducción de los riesgos ambientales derivados de la actividad humana. En este campo ha realizado algunos esfuerzos, por ejemplo relacionados con el aprovechamiento de energía solar y que se presentan a continuación.

En México, existen tres programas de tamaño considerable que han integrado el aprovechamiento de la energía solar a través del uso de celdas fotovoltaicas.

1. El primero, ejecutado en los años setenta, se relaciona con el sistema de telesecundarias que consiste en aulas ubicadas en zonas rurales que se apoyan de una señal que llega a un televisor que funciona con electricidad generada con fotoceldas. En este programa, se utilizan celdas fabricadas en México por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV), por lo que el programa no conduce al desarrollo de un mercado de este tipo de tecnologías.<sup>134</sup>
2. El segundo programa, realizado hacia fines de los años ochenta, se orientó a la electrificación de viviendas en el sector rural. En el marco de este programa, se instalaron más de 40,000 sistemas; sin embargo la mayoría de los equipos dejaron de operar, pues no se integraron componentes de mantenimiento y reparación en las estrategias del programa. Por esta razón, no se puede considerar que el programa haya sido un éxito.<sup>135</sup>
3. El tercer programa, llamado “Programa de Energía Renovable para la Agricultura”, ha sido bastante exitoso y se basa en los trabajos realizados a principios de la década de los noventa por los Laboratorios Sandía bajo el patrocinio del Departamento de

---

<sup>134</sup> CEPAL/ONU/ GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), *Fuentes Renovables de Energía en América Latina y el Caribe. Situación y Propuestas de Políticas*, Santiago de Chile, CEPAL, Mayo, 2004, p. 103.

<sup>135</sup> Ibid.

Energía de los Estados Unidos. En ese periodo, se hicieron unas cuantas instalaciones orientadas a aplicaciones agrícolas (bombeo de agua y sistemas de enfriamiento para la conservación de alimentos) en localidades rurales fuera de la red eléctrica, principalmente en el Estado de Chihuahua, al norte de México. En 1994, y en función del éxito de la primera etapa de demostración, el programa integro a la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y al Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). De esta forma, logro expandirse y se instalaron cerca de 200 módulos utilizados específicamente para bombear el agua.<sup>136</sup>

La medida de éxito de este último programa se establece en función de varios elementos: las evaluaciones realizadas demuestran que ha ido creando un mercado de productos y servicios cada vez mayor, a medida que los usuarios de los equipos han manifestado gran satisfacción con los mismos (las calificaciones en confiabilidad y rendimiento superan el 82%); el numero de proveedores ha ido aumentando; se han realizado instalaciones sin el apoyo económico del programa; y ha ido disminuyendo el precio de los sistemas.<sup>137</sup>

Asimismo, aunque el programa ha incluido un subsidio parcial para la compra de los equipos, el pago de la parte no subsidiada ha involucrado el desarrollo de mecanismos de financiamiento. El éxito del programa se refleja también en su actual expansión a un programa de mayor escala que cuenta con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial del Banco Mundial, donde se pretende con una inversión de 35 millones de dólares, instalar 1,152 módulos para bombeo de agua y enfriamiento de productos agrícolas. El programa se centra, principalmente, en la eliminación de barreras de mercado a través del desarrollo de proveedores e incluye mecanismos de financiamiento, capacitación de usuarios y proveedores, normas técnicas para el uso de equipos y sistemas y la certificación de productos y proveedores.<sup>138</sup>

---

<sup>136</sup> Ibid.

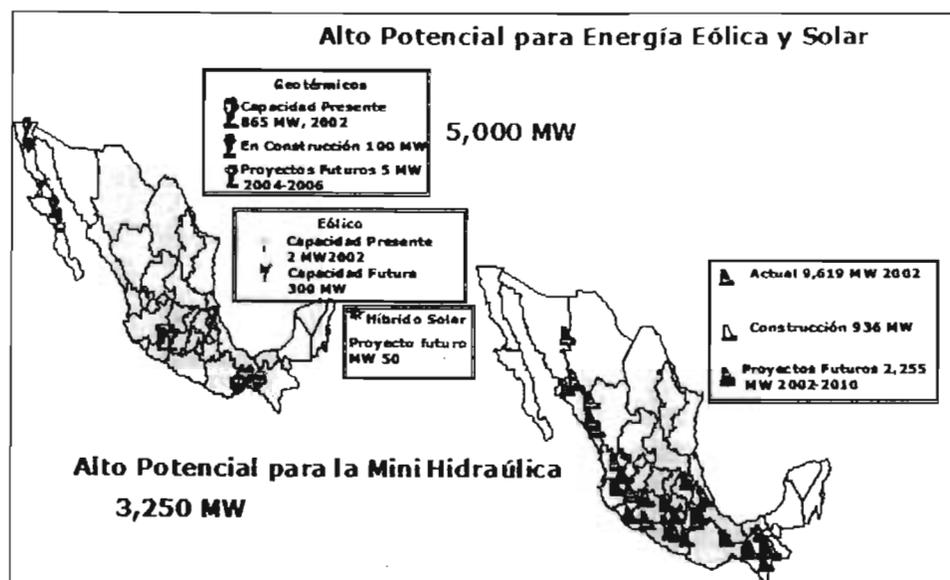
<sup>137</sup> Ibid.

<sup>138</sup> Ibid.

En este orden de ideas, podemos señalar que México tiene un gran potencial en energías renovables. “Cuenta actualmente con cerca de 10,500 MW de este tipo de energías, siendo la energía hidráulica y geotérmica las más desarrolladas con 9,679 y 837 MW de generación, respectivamente. Ha habido poco avance relativo en materia de energía eólica y solar: se cuenta con alrededor de 12 MW instalados de energía solar, y 5,7 MW de energía eólica.”<sup>139</sup> Se calcula de manera conservadora que existe un potencial adicional de alrededor de 17,000 MW, si se cuentan la energía hidráulica y mini hidráulica, la energía eólica y la solar. El mapa adjunto ilustra los lugares donde existen proyectos en operación y desarrollo en este tipo de energía. (Ver mapa 3.1)

Sin embargo, no está de más recordar que la energía mini-hidráulica, es la única que se considera como energía renovable, ya que la gran hidráulica provoca diversos disturbios sobre el medio ambiente y las poblaciones.

**Mapa 3.1.- Proyectos Geotérmicos, Eólicos, Solares y Micro-hidráulicos**



Fuente: SENER. *Las Energías Renovables en la Política de Desarrollo Energético Sustentable*, Subsecretaría de Política y Desarrollo Tecnológico, en Feria Internacional sobre Minihidráulica, Orziaba, Veracruz, 30 de Agosto, 2002, p. 5.

<sup>139</sup> Para más información consultar el Balance Energético presentado en el capítulo 2 de esta obra.

De acuerdo con el mapa 3.1, el país podría generar una importante cantidad de energía limpia, siempre y cuando se apoye la creación de plantas que funcionan a partir de las fuentes renovables existentes en México, por un lado se reduciría la importancia a nivel interno del petróleo para la satisfacción energética y por otro, se comenzaría una paulatina transición hacia la era post-petróleo con el aprovechamiento de energías alternativas y menos contaminantes, lo cual aseguraría el suministro energético nacional independientemente del agotamiento de las reservas fósiles.

“Se estima que el potencial eólico aprovechable en México varía entre 5,000 y 50,000 MW. Una evaluación realizada con imágenes satelitales de la zona del Istmo de Tehuantepec arrojó un potencial de cerca de 10,000 MW, que incluye posibles instalaciones en el mar. A su vez se estima que el potencial hidroeléctrico supera los 11,500 MW. De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad, el potencial de generación de electricidad a través de plantas de menos de 5 MW (minihidráulicas) es de alrededor de 3,000 MW. El potencial geotérmico aprovechable supera los 2,000 MW. En el sector agroindustrial, específicamente en la industria de la caña de azúcar, se ha establecido un potencial de generación superior a los 3,000 GWh/año. En cuanto al conocimiento solar se sabe que más de la mitad del territorio mexicano presenta una densidad promedio de radiación solar de 5 kWh por metro cuadrado al día.”<sup>140</sup>

El aprovechamiento más importante de fuentes de energía renovables se observa en la producción de electricidad a partir de las energías hidráulica y geotérmica. El potencial de la hidráulica supera 9,400 MW, mientras que la capacidad instalada de generación de electricidad a partir de la energía geotérmica es de 960 MW. La capacidad instalada eólica es de 2.2 MW en una instalación experimental de la CFE. Operan tres plantas de aprovechamiento de gases de relleno sanitario en Monterrey, Nuevo León; Guanajuato y la Ciudad de México con una potencia cercana a los 5MW de capacidad para operar durante 10 años.<sup>141</sup>

En las líneas siguientes se tratará de hacer un breve esbozo de las características de las diferentes fuentes de energía renovables, al tiempo que se exponen algunas de sus principales ventajas en el caso mexicano.

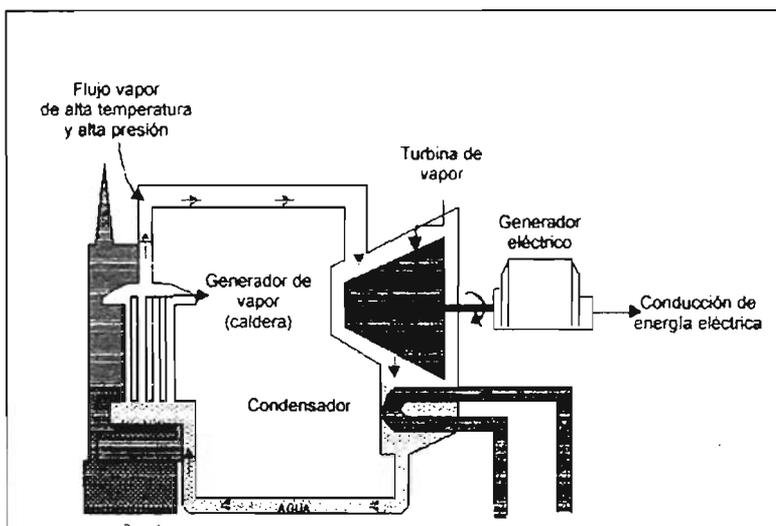
No se aborda el caso del hidrógeno, pues no se considera en este momento como una opción viable para México, pues requiere del uso intensivo de tecnología de punta lo que eleva la dificultad de su desarrollo, no solamente en nuestro país, sino en el mundo entero.

---

<sup>140</sup> CEPAL/ONU/GTZ, *op. cit.*, p. 43.

<sup>141</sup> *Ibid.*, p. 44.

Figura 3. 2.- Esquema de una central termoelectrica tipo vapor



Con la ayuda del esquema de una central termoelectrica tipo vapor describiremos su operacion:

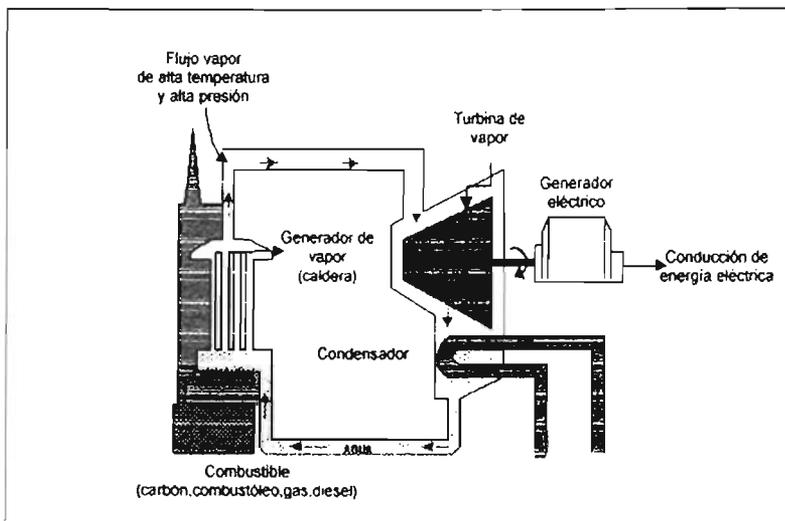
1. El agua fria que retorna del Condensador ingresa a la caldera.
2. En la caldera se calienta con el calor producido por el combustible al quemarse.
3. Como el agua se calienta hasta  $520^{\circ}\text{C}$  se convierte en vapor a una presión de 120 a  $170\text{ Kg/cm}^2$
4. El vapor de agua a alta presión actúa sobre los alabes del rotor de la turbina.
5. produciendo rotación y fuerza mecánica en la flecha,
6. girando el generador a una velocidad de 3600 revoluciones por minuto
7. El generador que tiene un rotor de 2 polos magnéticos produce energía eléctrica trifásica a una frecuencia de 60 ciclos por segundo.
8. En el condensador se enfría el agua y el ciclo comienza de nuevo.

Fuente: CONAE, ¿Qué son las energías renovables?, 2000, p. 4.

En un estudio realizado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) el potencial de reservas geotérmicas de alta entalpia, en 1991, era de 11,000 MW y el doble (22 000 MW) en sistemas de baja entalpia. En 1991 la capacidad instalada de termoelectricas convencionales era de 28,761.17 MW, las reservas de alta entalpia equivalían al 38.2% y las de baja entalpia al 76.5%.<sup>148</sup> Si la generacion eléctrica con base en la geotermia hubiera tenido apoyo en la actualidad estaríamos hablando de mayores capacidades instaladas, con el consecuente ahorro de combustibles, la baja emision de gases nocivos a la atmósfera y sobre todo el desgaste de nuestras reservas petroleras.

<sup>148</sup> ITE, *Curso de Actualización en Energías Renovables*, ITE, UNAM, Temixco, Morelos, Junio, 1991.

Figura 3. 3.- Esquema de una central geotérmica



Fuente: CFE, *Energías renovables*, 2000, p. 4.

Otra ventaja que podemos resaltar sobre esta tecnología, es que al ser los ingenieros mexicanos pioneros en el diseño de la misma, se tendría la capacidad de vender ingeniería a otros países, generando divisas e impulsando interiormente el desarrollo de la geoenergía.

Además, el 70% de los equipos y materiales que se usan en una planta geotérmica son nacionales, sus costos son similares a una planta termoeléctrica convencional.

Las plantas geotérmicas generan anualmente 5,398 GWh/año, de una fuente de energía que una vez puesta a funcionar es gratuita, en comparación con los 10.04 millones de barriles de petróleo necesarios para generar la misma cantidad de energía en una planta termoeléctrica convencional. El gasto de combustible diario en la planta convencional sería:

$$10.04 \cdot 10^6 \text{ Bp/año} / 365 \text{ días/año} = 27,509 \text{ Bp/día}^{149}$$

Si consideramos el valor de 22.87 USD el barril de petróleo, significarían:

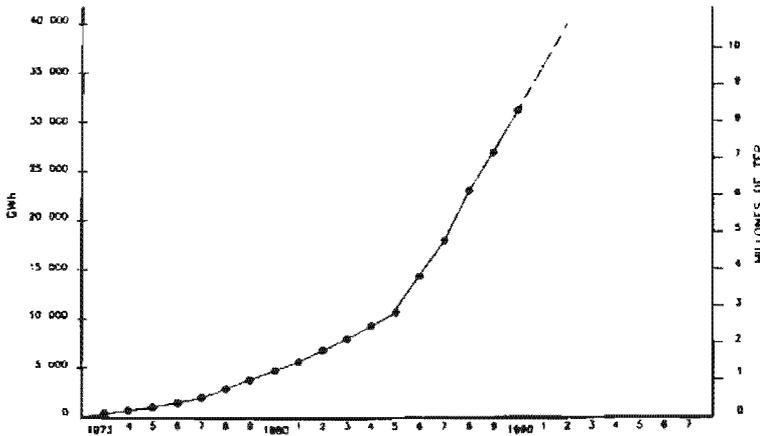
<sup>149</sup> Cálculos proporcionados por Ing. Iván Uranga Favela.

$$27,509 \text{ Bp/día} * 22.87 \text{ USD/Bp} = 629,139.45 \text{ USD/día}^{150}$$

Una planta geotérmica ahorra este dinero diario, pues su combustible es gratuito. En los demás gastos de operación y mantenimiento son equivalentes en ambas plantas, así mismo, venden el kWh al mismo precio. Estos cálculos fueron realizados por el Ing. Iván Uranga miembro de la Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética (ATPAE), para expresar la conveniencia de apostar a favor de fuentes diferentes al petróleo, en especial porque uno de los argumentos para continuar con un patrón consumidor de petrolíferos se fundamenta en los costos comparativos de producción donde las energías renovables normalmente pierden al ser más caras, pero desde otro punto de vista podrían ser rentables.

El ahorro acumulado con que han contribuido las plantas geotérmicas, en millones de toneladas equivalentes de petróleo, se muestra en el siguiente gráfico: (Ver gráfica 3.6)

**Gráfica 3. 6.- Generación eléctrica acumulada y ahorro equivalente de petróleo en Cerro Prieto (capacidad instalada de 620 MW)**



Fuente: SENER. *Las Energías Renovables en la Política de Desarrollo Energético Sustentable*, Subsecretaría de Política y Desarrollo Tecnológico, en Feria Internacional sobre Minihidráulica, Orzaba, Veracruz, 30 de Agosto, 2002, p. 15.

Es decir, las plantas geotérmicas existentes han evitado el envío a la atmósfera de bióxido de azufre (SO<sub>3</sub>), óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y

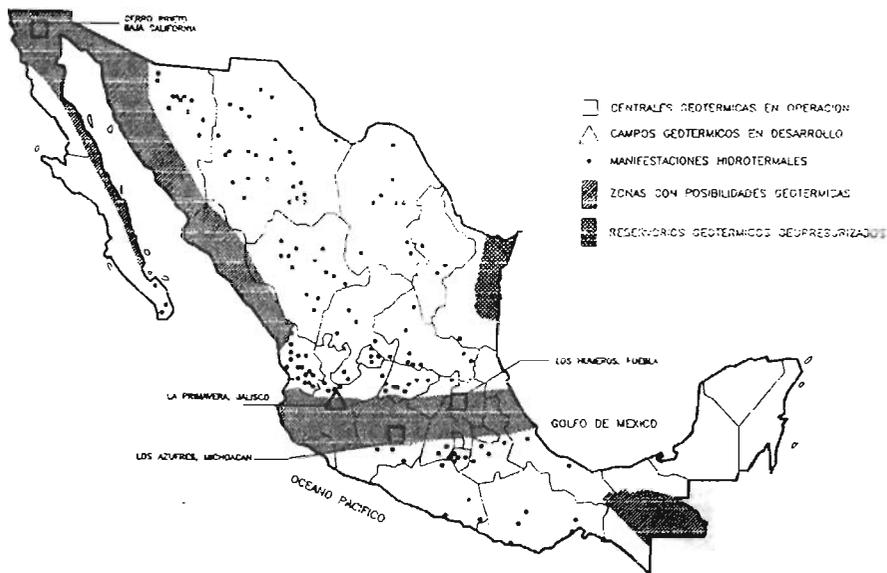
<sup>150</sup> *Ibid.*

otras partículas suspendidas, pues solamente se esta aprovechando útilmente una energía que de otra manera permanecería presente en la naturaleza.

Aunado a esto podemos mencionar algunos de los usos alternos de los residuos generados en la generación de geoenergía, por ejemplo, “tanto el calor residual como las sales desechadas en el agua separada pueden utilizarse en procesos industriales en acuicultura y agricultura. En Cerro Prieto se está construyendo la primera planta para extraer 80 000 t/a de KCL (cloruro de potasio) de la salmuera de desecho el KCL usado en México para la agricultura, se importa en su totalidad y es del orden de 200 000 t/a con lo que se podrá abastecer el mercado nacional de dicho fertilizante en un futuro cercano. Además se tiene a escala piloto instalaciones avícolas, agrícolas y de congelación con lo cual se piensa aprovechar mas integralmente los fluidos geotérmicos, ahorrándose otros energéticos.”<sup>151</sup>

A continuación se presenta un mapa ilustrativo sobre las centrales geotérmicas en operación, las que están en desarrollo y las zonas donde es posible desarrollar dicha actividad. (Ver mapa 3.2)

**Mapa 3. 2.- México: Potencial Geotérmico**



Fuente: Juan C. Mata Sandoval. **Las Energías Renovables en la Política Energética de México**, Subsecretaría de Política Energética y Desarrollo Tecnológico, SENER, Guanajuato, México, 7 de Junio, 2002, p. 8.

<sup>151</sup> S. Mercado, *op. cit.*, p. 110-113.

De acuerdo con el mapa precedente es claro que nuestro país cuenta con amplias zonas donde pueden instalarse centrales generadoras de energía mediante la geotermia, para lo cual evidentemente se requerirán inmediatas inversiones que pueden ser recuperadas a lo largo de su vida útil, pues al parecer se conforma como una fuente que tiene clara ventaja sobre otros tipos de energía.

A pesar de las sustantivas cualidades implícitas en este tipo de energía, en el mundo tan solo "representa el 0.5 de la capacidad de generación eléctrica total, teniéndose en 1991 una capacidad instalada en plantas geotérmicas de 6 000 MW distribuida en 19 países que explotan este energético alrededor del mundo, incluido México."<sup>152</sup>

<b>Cuadro 3. 2.- Plantas Geotérmicas en el Mundo 1990 (Megawatts)</b>	
<b>País</b>	<b>Capacidad Instalada</b>
Estados Unidos	2,777
Filipinas	894
México	720
Japón	215
Nueva Zelanda	283
Indonesia	142
El Salvador	95
Nicaragua	70
Resto del mundo	687
<b>Total</b>	<b>5883.8</b>
Fuente: Mercado, S. Ampliación del conocimiento del campo geotérmico de Cerro Prieto de 1967 a 1985., Boletín IIE, Vol. 10 Núm. 3, Palmira, Mor., 1986, p. 112.	

Según el cuadro 3.2, la geoenergía tiene una participación marginal en todo el mundo, mostrando un síntoma de enfermedad en el sector energético internacional, pues el caso mexicano tan sólo es reflejo de lo que acontece en todo el planeta, cuestión preocupante, pues a pesar de la marcada crisis ambiental y energética, no se aprecian esfuerzos tendientes a la modificación en los patrones de producción mundiales.

<sup>152</sup> Ibid.

### 3.2.2. Energía solar

Por su parte, la energía solar también funge como una buena opción alternativa a la producción energética. Según el Informe de la Reunión de Expertos de la Planeación Estratégica para el Aprovechamiento de las Energías Renovables en México, llevada a cabo en diciembre de 1999 por la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES); se establece que con relación a la energía solar y aunque esta no ha sido evaluada adecuadamente, se ha identificado que más de la mitad del territorio nacional presenta condiciones de insolación excelentes a lo largo del año, con densidades energéticas del orden de 5kWh/m<sup>2</sup>-día.<sup>153</sup>

La energía fototérmica se utiliza en nuestro país principalmente para calentar agua, mientras que la energía fotovoltaica se utiliza para proporcionar energía en regiones alejadas bombeando agua, iluminando casas, activando teléfonos y en alumbrado público, entre otros usos.

De acuerdo a lo publicado en el Balance Nacional de Energía Solar 2002, contabilizado por la Asociación Nacional de Energía Solar indica que las fuentes asociadas al aprovechamiento de la energía solar son las siguientes:

- a. "A través de los sistemas de calentadores solares planos se generaron en el 2000, 1.8 Petajoules (10<sup>15</sup> Joules), cantidad 26.7% mayor que la registrada en el año anterior. La superficie total instalada pasó de 329,200 a 373,100 m<sup>2</sup> y se registró un promedio de radiación solar de 188,441 KJ/m<sup>2</sup>-día.
- b. La capacidad instalada de energía fotovoltaica pasó de 12.9 Mega Watts a 13.2 Mega Watts en 2000. Se generaron 0.1 Petajoules, cifra que representa un aumento de 2% respecto al año anterior."<sup>154</sup>

A pesar de los datos proporcionados por la ANES, la producción de energía solar en nuestro país no aparece en el inventario nacional de energía. Esto resulta sorprendente debido a que según esos datos, la contribución de la energía solar es aproximadamente 50 veces mayor que la energía eólica.

No obstante, debe decirse que por la ubicación geográfica de México, el desarrollo de esta energía puede ser muy rentable, ya que cuenta con un punto ideal de insolación la mayoría de los

<sup>153</sup> Para más información consultar David Morillón G., Ricardo Saldaña F. y Ubaldo Miranda M. "Atlas Bioclimático de la República Mexicana", *Energía y Ambiente del Instituto de Ingeniería*, UNAM, PDF, [www.anes.org.mx](http://www.anes.org.mx)

<sup>154</sup> ANES. *Boletín Solar*, Sección Mexicana de la International Solar Energy Society, Consejo XI, No. 2, Enero-Marzo, 2002, p. 7.

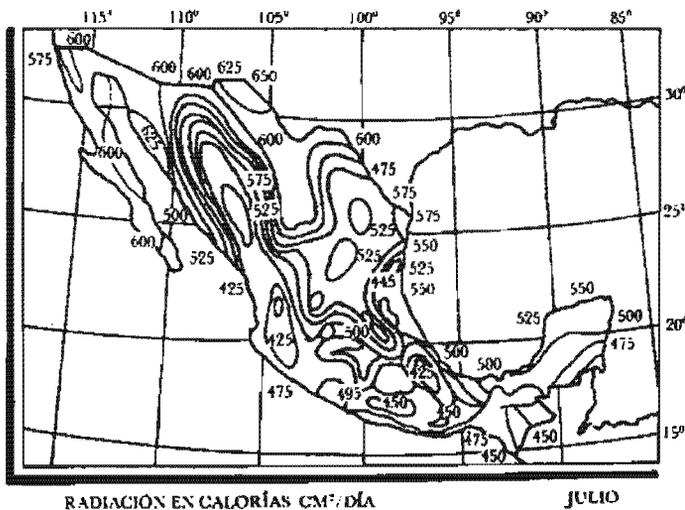
días del año, esto permite una alta concentración solar con pocos momentos nublados. (Ver mapa 3.3)

Aunado a lo anterior, si se construyera utilizando la arquitectura ambiental, podría aprovecharse mucho más inteligentemente esta fuente de energía para iluminar espacios, con su consiguiente reducción en la utilización de energía eléctrica.

Incluso, podría ser interesante el ahorro de energía en zonas tropicales atendiendo a la orientación de las construcciones reduciendo el consumo de energía en aire acondicionado; y, al mismo tiempo, incorporando a la estructura paneles solares o depósitos térmicos de captación de energía.

En las pequeñas industrias, podría contribuir a la reducción de energía eléctrica por ejemplo en tareas como el secado de frutos, plantaciones-invernaderos, en los procesos que requieren de fluidos calientes, etc.

**Mapa 3.3.- Radiación Solar en la República Mexicana**



Fuente: Tomado y adaptado de Alternativas Energéticas, Alonso C., A y Rodríguez V., L.; datos de Galindo, I. y Chávez A., p. 296.

La energía térmica solar no tiene impactos sobre el medio ambiente, pues tan sólo se utiliza el calor del sol para calentar fluidos, en este sentido, puede ser muy interesante para reducir el empleo de los combustibles fósiles en este tipo de actividades.

El caso de la energía fotovoltaica es un poco diferente. Las ventajas que podemos señalar son las siguientes:<sup>155</sup>

1. Evita un costoso mantenimiento de líneas eléctricas en zonas de difícil acceso.
2. Elimina los costos ecológicos y estéticos de la instalación de líneas en esas condiciones.
3. Contribuye a evitar el despoblamiento progresivo de determinadas zonas.
4. Es una energía descentralizada que puede ser captada y utilizada en todo el territorio.
5. Una vez instalada tiene un costo energético nulo.
6. Mantenimiento y riesgo de avería muy bajo.
7. Tipo de instalación fácilmente modulable, con lo que se puede aumentar o reducir la potencia instalada fácilmente según las necesidades.
8. No produce contaminación de ningún tipo, aunque la producción de las células fotovoltaicas si implica un impacto medioambiental, el cual queda cubierto con los ahorros en combustibles fósiles a lo largo de su vida útil.

No obstante estas virtudes, también debe agregarse que la tecnología es cara y tan sólo con una duración de 20 años<sup>156</sup>, ya se está trabajando en alargar el tiempo de vida útil, pero por el momento requiere de una cuantiosa inversión. También puede decirse que ocupa su propio lugar dentro de las energías renovables porque los componentes de las células fotovoltaicas requieren de grandes inversiones de energía para su fabricación y en opinión de algunos estudiosos es más deseable optar por la generación de electricidad por otros métodos.

Sin embargo, esta tecnología continúa desarrollándose en países como Alemania y Estados Unidos donde se está empleando integrada en las construcciones y en los desiertos se crean campos solares con la intención de generar la suficiente energía en el futuro, de hecho como sabemos esta aportando energía en las estaciones espaciales.<sup>157</sup>

---

<sup>155</sup> Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), España, [www.appa.es](http://www.appa.es)

<sup>156</sup> Se realizó una visita a la planta solar de Toledo, España, propiedad de Iberdrola. Algunos de los datos obtenidos sobre las placas solares se obtuvieron a través de la entrevista de los expertos de dicha planta.

<sup>157</sup> Deutch Welle, *Programas de Ahorro Energético y Fuentes Renovables de Energía*, TRANSTEL, programa transmitido por el canal 40, 3 de Junio de 2003, 12:20hrs.

### 3.2.3. Energía eólica

La energía eólica es otra fuente potencial con la que cuenta México. Este tipo de centrales convierten la energía del viento en energía eléctrica mediante una aeroturbina que hace girar un generador.

Los aerogeneradores aprovechan la velocidad de los vientos comprendidos entre 5 y 20 metros por segundo. Con velocidades inferiores a 5 metros por segundo el aerogenerador no funciona y por encima del límite superior debe pararse para evitar daños a los equipos, por ello no sólo es necesario que el viento corra a velocidades muy altas, sino que se mantenga en un óptimo.<sup>158</sup>

En la actualidad, tenemos la central eólica de La Venta, Oaxaca, localizada a unos 30 km al noroeste de la ciudad de Juchitán, Oaxaca. Fue la primera planta eólica integrada a la red en México y en América Latina, con una capacidad instalada de 1.575 MW.<sup>159</sup>

Posteriormente, entraría en uso la de Guerrero Negro, Baja California Sur, que está dentro de la Zona de Reserva de la Biosfera de El Vizcaino y tiene una capacidad de 0.600 MW, y consta de un solo aerogenerador.<sup>160</sup>

En ambos lugares, podrían establecerse más parques eólicos o en zonas aledañas, para que formaran una red comunicada y mientras en un lugar no hay viento se utilice el de otra zona, asegurando así un suministro continuo. Al mismo tiempo, podrían explorarse otras zonas factibles de ser aprovechadas.

Investigadores norteamericanos han propuesto a Chiapas como un lugar con las condiciones climáticas adecuadas para desarrollar este tipo de tecnología.

Existen varias ventajas competitivas de la energía eólica con respecto a otras opciones, como son:<sup>161</sup>

1. Se reduce la dependencia de combustibles fósiles.
2. Los niveles de emisiones contaminantes asociados al consumo de combustibles fósiles se reducen.

---

<sup>158</sup> J. C. McVeigh, *Wind Power: An introduction to the applications*, Gathersburg md, 1977, p.121.

<sup>159</sup> CRE, "Situación que guardan los permisos de autoabastecimiento y los contratos de interconexión en el contexto del proyecto eólico del Istmo" en *3er. Coloquio Internacional sobre Oportunidades para el Desarrollo Eoloeléctrico del Istmo*, Octubre, 2002, [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

<sup>160</sup> Instituto de Investigaciones Eléctricas, *3er. Coloquio Internacional sobre Oportunidades para el Desarrollo Eoloeléctrico del Istmo*, Octubre, 2002, [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

<sup>161</sup> American Wind Energy Association. Página web [www.awwea.org.us](http://www.awwea.org.us)

- 3 Las tecnologías de la energía eólica se encuentran desarrolladas para competir con otras fuentes energéticas.
- 4 El tiempo de construcción es menor con respecto a otras opciones energéticas.

Cabe mencionar que también se habla de algunos efectos negativos de este tipo de generación de energía sobre el medio ambiente: problemas de ruido, aunque las turbinas modernas han logrado operar a niveles más bajos que sus predecesoras; los choques de aves contra las aeroturbinas; algunas interferencias electromagnéticas en los sistemas de televisión, radio, microondas y radios, pero son mínimos en comparación con las fuentes de energía no renovables.

Precisamente España es un país que está financiando preferentemente la construcción de parques eólicos en su territorio e incluso está planeando construir una plataforma artificial en el mar Mediterráneo para este mismo efecto. Las subvenciones fiscales favorecen particularmente este tipo de energía.<sup>162</sup>

#### 3.2.4. Mini-hidráulica

Una opción más que debería considerarse para el futuro desarrollo del sector energético mexicano son las centrales mini-hidráulicas.

Las centrales hidroeléctricas funcionan convirtiendo la energía cinética y potencial de una caída de agua en energía eléctrica. El agua mueve una turbina cuyo movimiento de rotación es transferido mediante un eje a un generador de electricidad.

Se consideran centrales mini-hidráulicas aquellas con una potencia instalada de 10 MW o menos, una frontera que hasta hace poco se situaba en los 5 MW. Existen fundamentalmente dos tipos de centrales hidroeléctricas:<sup>163</sup>

- a) **Centrales de agua fluyente**, son aquellos aprovechamientos que mediante una obra de toma, captan una parte del caudal circulante por el río y lo conducen hacia la central para ser turbinado. Después, este caudal es devuelto al cauce del río. Estas centrales se caracterizan por tener un salto útil prácticamente constante, y un caudal turbinado muy variable, dependiendo de la hidrología. Por tanto, en este tipo de aprovechamiento, la potencia instalada está directamente relacionada con el caudal

---

<sup>162</sup> Apuntes de la Cátedra Enresa-Iberdrola sobre el Ciclo de Energía y Medio Ambiente, dedicado a las Energías Renovables, 27 de octubre al 4 de noviembre de 2003, Madrid, España.

<sup>163</sup> APPA, *Ibidem*.

que pasa por el río.

- b) **Centrales de pie de presa**, son aquellas situadas aguas abajo de los embalses destinados a usos hidroeléctricos o a otros fines como abastecimiento de agua a poblaciones o riegos, susceptibles de producir energía eléctrica, ya que no consumen volumen de agua. Tienen la ventaja de almacenar la energía (el agua) y poder emplearla en los momentos en que más se necesiten. Normalmente son las que regulan la capacidad del sistema eléctrico y con las que se logra de mejor forma el balance consumo/producción.

En México, se considera el desarrollo de mini-hidráulicas, ya que al menos la mitad del territorio mexicano es desértico y los grandes caudales han sido aprovechados ya en forma de hidroeléctricas. De acuerdo con la Secretaría de Energía, en los planes de expansión del sector eléctrico nacional para los próximos diez años se incluyen dos proyectos hidroeléctricos mayores con una capacidad cercana a los 1,700 MW<sup>164</sup>, pero tal como se mencionó anteriormente a nivel ambiental son poco aconsejables por los efectos negativos que resultan de la inundación de grandes terrenos donde la biodiversidad y algunas poblaciones son desplazadas, además de que al pudrirse la vegetación genera gases antropocéntricos como el metano causantes del cambio climático.

La potencia de una central hidroeléctrica depende del caudal que pueda turbinar y del salto.

La energía mini-hidráulica tiene diversas ventajas, como:<sup>165</sup>

1. Es renovable.
2. No es consuntiva, se toma el agua en un punto y se devuelve en otro.
3. No genera calor ni emisiones contaminantes (lluvia ácida, efecto invernadero, etc.)
4. Es respetuosa con el medio ambiente. El impacto que pueda producir es pequeño, fácilmente minimizable y en muchos casos evitable del todo (escalas para peces, caudal ecológico, soterramiento de canales de derivación o tuberías forzadas, pantallas vegetales, repoblación arbórea, etc.)
5. Genera puestos de trabajo en su construcción, mantenimiento y explotación.

Un problema que tiene este tipo de energía en México es que los ríos son de temporal, es decir, pasan algunas épocas sin llevar cauce o son muy reducidos y solo podrían ser utilizadas en

---

<sup>164</sup> CEPAL/ONU/GTZ, *op. cit.*, p. 44.

<sup>165</sup> APPA, *Ibidem*.

la estación de lluvias. Sin embargo, en combinación con otra fuente energética pueden servir para dotar de electricidad a comunidades alejadas.

### 3.2.5. Biomasa

Por último, nos referiremos a la utilización de la biomasa como energía alternativa. Hay tres tipos de presentación:

1. La que utiliza los residuos vegetales para producir calor mediante la combustión de los mismos;
2. la que emplea el gas metano como combustible generado a partir de un proceso de descomposición de los residuos vegetales y animales;
3. y por último, la basada en la creación química de bio-combustible usando las propiedades aceitosas de ciertos vegetales, los residuos de aceites y la fermentación para obtener alcohol.<sup>166</sup>

En México, se emplea la primera en las comunidades rurales para cocinar, calentar agua para el baño, etc. En el sector industrial se utiliza el bagazo de caña en los ingenios de azúcar para aportar energía para proceso de refinado.

El segundo tipo se esta sub-utilizando, pues aunque se cuentan con importantes zonas ganaderas, pocas granjas autogeneran la energía necesaria para el proceso de pasteurización de la leche, fabricación de quesos, refrigeración, entre otras actividades que requieren de energía. Hoy en día se están desarrollando proyectos concretos en Hidalgo con la ayuda de la cooperación española, pero se podría hacer mucho más.

En el Distrito Federal, se entuba el gas metano producto de los basurearles del oriente de la ciudad y se usan para dotar de servicios de alumbrado a los mismos, algunos se han sido convertidos en jardines, aunque una cantidad importante se sigue enviando directo a la atmósfera y podría aprovecharse en los hogares o algunas industrias cercanas.

La tercer tecnología no es muy común, aunque tenemos un grave problema de residuos aceitosos, solamente algunas empresas realizan el reciclaje de los aceites quemados. En cuanto a la producción de plantas aceitosas para producir biocombustible, no se aconseja destinar grandes extensiones de tierra a la siembra de cultivos dedicados a la producción de aceite, que aunque pueden ser rentables y por una parte reactivarían el campo, podrían suponer también el riesgo de

---

<sup>166</sup> Apuntes de la Cátedra Enresa-Iberdrola sobre el Ciclo de Energía y Medio Ambiente, *ibidem*.

aumentar más el cambio de uso de suelo de grandes bosques y desplazar a los cultivos alimentarios, sobre todo el de granos, en el cual actualmente no somos autosuficientes.

Por otra parte, considerando que uno de los mayores problemas es el transporte podría explorarse la posibilidad de aplicar otras fuentes de energía como el gas, el biofuel, el sol, el hidrógeno, etc., así como programas de reducción del uso de transportes o su modernización para que tengan un mejor aprovechamiento de los combustibles fósiles.

### 3.2.6. Aplicaciones específicas de las energías renovables

#### *Hogares*<sup>167</sup>

- Generar electricidad para usos múltiples (fotoceldas y generador eólico)
- Calentar agua para los baños y la cocina (colectores solares planos)
- Calentar el agua de una alberca (colectores solares planos)
- Calentar el aire para los espacios interiores en tiempos de frío (colectores solares)
- Cocción de alimentos (biomasa y estufas solares)
- Acondicionamiento de aire (fotoceldas y enfriadores solares)

#### *Industria*<sup>168</sup>

- Generar electricidad para usos múltiples (minihidráulica, eólica, fotoceldas)
- Precalentamiento de agua y de otros fluidos (colectores solares planos y de concentración)
- Procesamiento de alimentos (colectores solares planos y de concentración)

#### *Comercios y servicios*<sup>169</sup>

- Generar electricidad para usos múltiples (fotoceldas y generadores eólicos)
- Alimentar pequeños refrigeradores para conservación de medicinas en hospitales rurales (fotoceldas)

#### *Municipios*<sup>170</sup>

- Generar electricidad para usos múltiples (minihidráulica, eólica, fotoceldas biomasa)
- Destilación de agua en regiones aisladas junto al mar (destiladores solares)

#### *Comunicaciones y transporte*<sup>171</sup>

---

<sup>167</sup> Odón de Buen, *Desarrollo de las energías renovables en México: perspectiva de la CONAE*, CONAE, 2002.

<sup>168</sup> Ibidem.

<sup>169</sup> Ibidem.

<sup>170</sup> Ibidem.

- Señalización de carreteras (fotoceldas)
- Aplicaciones de señalización con boyas en el mar (fotoceldas)
- Sistemas de telecomunicación, tales como: estaciones repetidoras, microondas, telefonía aislada, sistemas de redes, sistemas portátiles de comunicación, etc. (fotoceldas)
- Utilización de biocombustibles a base de alcohol para el transporte (biomasa)
- Utilización de pequeños vehículos solares o híbridos (fotoceldas)

*Agricultura, ganadería y pesca*<sup>172</sup>

- Bombeo de agua para riego (eólica, fotoceldas)
- Secado de granos, hierbas, pescado y, en general, productos perecederos (calentadores solares)
- Sistemas de desalinización y purificación de agua (calentadores solares).
- Precaentamiento de agua y otros fluidos (calentadores solares)
- Refrigeración solar para enfriamiento y producción de hielo (refrigeración solar)

No obstante, todas las ventajas que se pueden observar en las fuentes de energías renovables, es claro que existe una marcada inercia por continuar centrados en la producción energética mediante combustibles fósiles, el motivo es que al tener una planeación de corto plazo parece rentable el seguir siendo uno de los principales productores de petróleo, sin considerar otros escenarios como el de qué pasaría si de verdad agotamos las reservas o de continuar destruyendo el entorno medioambiental. México no se está preparando para enfrentar las futuras crisis y eso es un error patente en su comportamiento.

---

<sup>171</sup> Ibidem.

<sup>172</sup> Ibidem.

### 3.3. Consideraciones Finales

Como ya fue señalado con anterioridad, el contexto internacional parece presionar relativamente hacia el uso de energías renovables mediante la firma de acuerdos, aunque no debe olvidarse que al mismo tiempo comienza a proporcionar algunos mecanismos que harán viable este objetivo sobre todo en las regiones menos favorecidas como la latinoamericana, a la cual pertenece México.

De acuerdo con la meta estipulada en la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible, presentada en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo, se propone “alcanzar en 2010 el 10% de participación de fuentes renovables en la oferta de energía primaria,”<sup>173</sup> México se comprometió a ello.

Se pueden señalar algunos índices importantes para medir qué tanto los países se acercan o se alejan de la meta antes planteada:

1. El Índice de renovabilidad per-cápita (IRC), que es la relación entre la oferta de energía de todas las fuentes renovables y la población de un país o una subregión (medido en miles de barriles equivalentes de petróleo por habitante). Un alto índice significa, en términos cualitativos, que existe un mayor compromiso con la sostenibilidad energética y, en consecuencia, con el origen renovable de la energía ofrecida por parte de cada ciudadano de ese país o subregión.<sup>174</sup>

Si el IRC de un país es bajo y el crecimiento de la población es alto, entonces se corre el riesgo de que dicho país no pueda alcanzar en el 2010 la meta de participación de fuentes renovables, a menos que haga un esfuerzo para modificar la tipología de abastecimiento energético (menos energía fósil y más fuentes de energía renovables).

Este índice tiene una importancia mayor hacia el futuro, dado que si la tasa de crecimiento de las energías renovables es inferior al crecimiento poblacional, se corre el riesgo de no alcanzar la participación del 10% de fuentes renovables ni de mantenerla en el mediano plazo. En este sentido, México presenta índices bajos que, de mantenerse a futuro, indicarían una tendencia en el largo

---

<sup>173</sup> CEPAL/ONU/GTZ, *op. cit.*, p. 80.

<sup>174</sup> *Ibid.*

plazo a un desarrollo energético sustentable.<sup>175</sup>

2. El índice de consumo contaminante (ICC) mide la relación entre el total de las emisiones de CO<sub>2</sub> (miles de toneladas métricas) liberadas a la atmósfera y el consumo final total del país durante el año en cuestión (en KBEP). De esta forma, un alto índice implica que el consumo energético del país es particularmente contaminante.<sup>176</sup>

En este caso, México emite en términos comparativos una cantidad demasiado alta de gases efecto invernadero, incluso puede compararse con los altos valores registrados en los países más industrializados como es el caso de Estados Unidos, Japón y Alemania.<sup>177</sup>

3. El índice de generación eléctrica contaminante (IGC) se relaciona directamente con el conjunto de fuentes de energía del que dispone un país y, en particular, del equilibrio del parque de generación hidrotérmica utilizado. Evidentemente, en los países que no disponen de recursos hidroeléctricos el IGC será mayor. Este índice corresponde a la relación entre la cantidad de CO<sub>2</sub> (en miles de toneladas métricas) emitida en el proceso de generación de electricidad (en GWh). Indica cuán contaminante es el proceso de producción de cada GWh de electricidad.<sup>178</sup>

En términos cualitativos, un alto índice significa que producir ese GWh de electricidad, más allá del simple costo técnico operativo de generación, tiene un alto costo ambiental para el país, tanto por los efectos locales (contaminación directa e indirecta en la zona de las centrales) como globales (emisión de sustancias que contribuyen al aumento del efecto invernadero). México, demuestra poseer una generación particularmente contaminante en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>, ello obedece al papel predominante de los combustibles fósiles en la generación (casi el 70% del parque es térmico).<sup>179</sup> (Ver gráfica 3.7)

En este contexto, hoy en día apenas cumple con el 10% acordado en los Acuerdos de Brasilia, pero tiene que elaborar concienzudamente sus estrategias futuras, para ello puede recurrir a diversos mecanismos internacionales centrados en la penetración de las ER y el combate del cambio climático.

---

<sup>175</sup> *Ibid.*

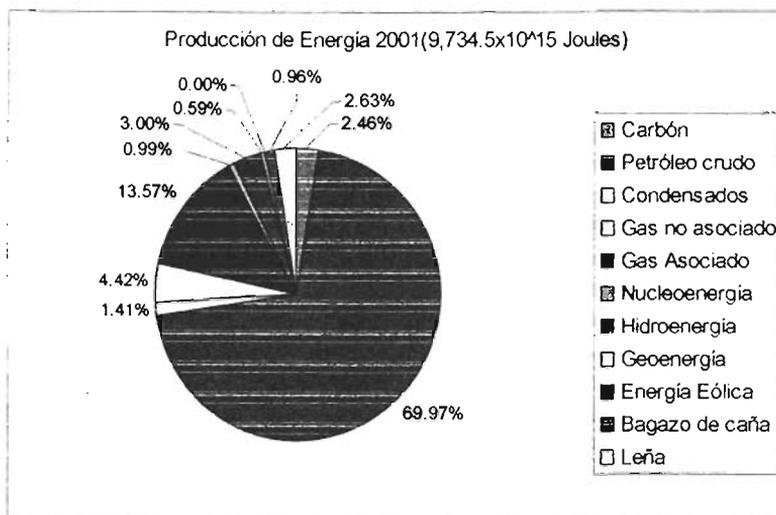
<sup>176</sup> CEPAL/ONU/GTZ, op. cit., p. 86.

<sup>177</sup> *Ibid.*

<sup>178</sup> CEPAL/ONU/GTZ, op. cit., p. 88.

<sup>179</sup> *Ibid.*

**Gráfica 3. 7.- México: Producción de energía por fuente 2001**



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, Balance Nacional de Energía, 2001.

América Latina se ha convertido en el principal proveedor mundial de proyectos de créditos de emisiones asociados a mecanismos de desarrollo limpio (MDL), debido, entre otras cosas, al apoyo institucional de los gobiernos de la región en la consecución del Protocolo de Kyoto, al hecho de contar con sistemas de aprobación de proyectos de MDL que funcionan favorablemente y a la presencia de expertos locales en las instituciones de promoción de dichos mecanismos.

De acuerdo con información de las carteras del Fondo Prototipo del Carbono y la Agencia Especializada del Gobierno de Holanda, SENER, los proyectos latinoamericanos representan el 29% y 48% respectivamente de los montos totales negociados en sus carteras mundiales. En este sentido, para ambos fondos, América Latina es la región más importante. De un total de 46 proyectos latinoamericanos, 50% son hidroeléctricos, 15% eólicos, 13% de biomasa, 9% de gestión de residuos sólidos, 9% de eficiencia energética, 1% geotérmicos y 1% de remoción de óxido nítrico (N<sub>2</sub>O).<sup>180</sup>

En algunos estudios preliminares sobre el mercado de carbono, se señaló que México y Brasil ofrecerían las mayores posibilidades dentro de la región para el desarrollo de proyectos de MDL,

<sup>180</sup> L. Eguren, *El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas*, Santiago de Chile, CEPAL, 2003.

debido básicamente al tamaño de sus economías y a su desarrollo industrial. Ello explicaría en parte para el caso de Brasil, su importancia actual como el país de la región con mayores montos negociados en el mercado del carbono. Países grandes como Argentina y México no han tenido una participación importante, mientras que países pequeños y medianos como Chile, Colombia, Panamá y Costa Rica, si la tienen. (Ver cuadro 3.3)

<b>Cuadro 3. 3.- Países de América Latina y el Caribe en el Mercado MDL</b>			
Pais	Cantidad de Proyectos	Monto (USD millones)	Emisiones (t CO <sub>2</sub> e)
Nicaragua	1	0.5	141,600.0
El Salvador	2	1.4	347,400.0
Bolivia	1	1.8	713,990.0
Jamaica	1	2.5	457,200.0
Guatemala	2	8.1	2,168,231.0
Ecuador	7	11.2	3,239,320.0
México	3	17.7	5,083,400.0
Perú	3	20.2	6,026,191.0
Costa Rica	7	21.0	4,765,201.0
Panamá	3	21.4	3,952,735.0
Colombia	3	22.7	9,653,000.0
Chile	5	27.3	7,423,973.0
Brasil	8	54.9	11,319,026.0
TOTAL	46	210.6	55,291,267.0

Fuente: L. Eguren, El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas, Santiago de Chile, CEPAL, 2003.

Este hecho podría explicarse básicamente por dos razones: la existencia de oportunidades para el desarrollo de las ER gracias a políticas de Estados favorables, la cantidad de recursos energéticos renovables y el dinamismo institucional interno para la promoción de MDL, como se ha observado principalmente en Costa Rica y Colombia.

Panamá es un país pequeño pero que ha presentado un proyecto hidroeléctrico relativamente grande con un contrato de venta de reducción de emisiones por más de 18 millones de dólares. Esta cifra es mayor que el monto total negociado de los 7 proyectos presentados por Ecuador y prácticamente igual al de todos los proyectos de Costa Rica.<sup>181</sup>

En otro orden de ideas, los países de América Latina y el Caribe (ALyC) también pueden aprovechar la creación de los mercados de carbono como el que prevé el Protocolo de Kyoto (PK),

<sup>181</sup> Ibid.

el de la UE, el negociado en el Tratado de Libre Comercio con América del Norte y otros que puedan formarse. El volumen potencial de emisiones que podría vender a los países industrializados es enorme, tanto en el rubro energético como forestal.

Actualmente el valor de la tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente fluctúa entre los 3.5 y los 5 dólares. Resulta extremadamente arriesgado dar un valor futuro a esta mercancía ambiental. Ello obedece no tanto a razones económicas, sino principalmente político-estratégicas.<sup>182</sup>

América es sin duda el continente con más proyectos y experiencia en términos de la implementación de iniciativa de terreno asociadas a la venta de créditos de carbono, lo que induciría a una fuerte competencia en la captación de recursos.

En materia de fuentes de energía renovables, se han emprendido algunas iniciativas en América del Norte, tanto en los Estados Unidos (las subastas invertidas para fuentes renovables en California y las instalaciones de energía eólica) como en Canadá y México (proyectos de generación de electricidad a partir de fuentes renovables que ya participan en el mercado). El financiamiento de las energías renovables ha sido uno de los temas de mayor preocupación en los tres países. Como una forma de promover la generación y el consumo de energía renovable se han creado dos tipos de mecanismos: el fondo de inversión conjunta publico-privado en energía limpia y las iniciativas de precio verde (mediante esta forma, el sobreprecio de la electricidad que no daña el medio ambiente se carga a los consumidores finales)<sup>183</sup>

Igualmente, México podría aprovechar el llamado Eurokyoto, que en realidad es una propuesta de directiva de enlace 2003/0173 (COD), cuyo propósito es regir las relaciones entre el régimen comunitario de comercio de derechos de emisión y el Protocolo de Kyoto (por ejemplo, para permitir que los créditos de las actividades basadas en proyectos de aplicación conjunta (AC) y de mecanismos de desarrollo limpios (MDL) se conviertan, en el marco del Protocolo de Kyoto, en derechos de emisión dentro de la Unión Europea).

Su punto de partida es que dado que los cambios climáticos son un fenómeno global, no importa en que parte del mundo se llevan a cabo las reducciones de emisiones. Es más barato reducir las emisiones fuera de la Unión Europea que dentro de la misma.

En los proyectos de aplicación conjunta toman parte los países industrializados o con economías en transición, mientras que los proyectos MDL se asocian a los países en desarrollo.

---

<sup>182</sup> CEPAL/ONU/GTZ, *op. cit.*, 108.

<sup>183</sup> *Ibid.*

Dichos proyectos implican un intercambio: los países con economías en transición y los países en desarrollo reciben capital y conocimientos, mientras que los europeos obtienen créditos para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Los Estados Miembros de la UE, prevén invertir para comienzos del 2005 aproximadamente 350 millones de euros en proyectos de MDL.<sup>184</sup>

Actualmente esta en discusión una propuesta para elevar el límite superior de derecho de emisión dentro de la UE de 6% a 8% a partir de proyectos de AC o MDL. De hecho, un 6% de los derechos corresponden a aproximadamente un 2% del total de emisiones de base anuales (4,017 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente), lo que se asimila a la cifra de aproximadamente 80 millones de toneladas para los mecanismos basados en proyectos, que es exactamente la cuarta parte de la reducción de 320 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente que la UE debe alcanzar de acuerdo con lo estipulado en el PK. Sobre la base de una cifra de 10 euros/tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente, el costo de la medida sería de 800 millones de euros al año.<sup>185</sup>

Tomando un 8% como el límite superior, los países en desarrollo y las economías en transición recibirían un flujo de más de 1,000 millones de euros al año mediante los AC y MDL. Más aun, en un periodo posterior si fuese necesario que la UE redujera aun más sus emisiones, se podría alcanzar una cifra de 10,000 millones de euros al año dados los precios más elevados del CO<sub>2</sub> equivalente.<sup>186</sup>

No obstante, todas las ventajas y mecanismos de cooperación antes desarrollados, la política energética de México continúa centrándose en la producción mediante los hidrocarburos, esto se denota al consultar el Plan Nacional de Desarrollo de la presente administración, donde se prevé incrementar la contribución de las energías renovables al final del sexenio aproximadamente un 13% con respecto a 2002 y para el 2010 tan solo un 11%, cuando existe un potencial adicional a estas cifras de 17 000 MW en energías renovables por desarrollar. (Ver cuadro 3.4)

---

<sup>184</sup> L. Eguren, *op. cit.*, p. 131.

<sup>185</sup> *Ibid.*

<sup>186</sup> L. Eguren, *op. cit.*, 132.

<b>Cuadro 3. 4.- El futuro de las energías renovables en México (Megawatts)</b>			
<b>Generación tipo</b>	<b>2002</b>	<b>2004-2006</b>	<b>2002-2010</b>
Hidráulica	9,679	936	2255
Geotérmica	837	100	5
Solar	12.2		
Eólica	5.7	300	
Híbrido solar		50	
<b>Total</b>	<b>10,537</b>	<b>1,386</b>	<b>1,414</b>

Fuente: SENER, "Las energías renovables en la política de desarrollo energético sustentable", en *Feria Internacional sobre Mini-hidráulica*, Subsecretaría de Política Energética y Desarrollo Tecnológico, Orizaba, Veracruz, 30 de agosto, 2002.

Aunque bien es cierto que hemos tenido una serie de avances en el marco jurídico e institucional que estimulan la generación de energía mediante fuentes renovables de energía, con la modificación de 1992 a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, se permitió la participación privada en materia de generación para autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción, producción independiente, exportación e importación, pues anteriormente la generación de energía era competencia exclusiva del gobierno. En 1998 se aprobaron los instrumentos de regulación en materia de interconexión, compraventa de energía económica, transmisión y respaldo. Para 2001, se publicaron instrumentos similares relativos a energías renovables, concretamente sobre interconexión a la red y transmisión de energía.

En el caso de las energías renovables la idea es que puedan cumplir un papel "social" llevando energía eléctrica a las zonas aisladas, donde no existe posibilidad de tender la red eléctrica por las condiciones inhóspitas (cerca de 3,036 comunidades rurales están privadas de electricidad y agua potable), en consecuencia se ha instrumentado un Sistema de Información Geográfico de las Energías Renovables (SIGER), cuyo objetivo es desarrollar un sistema de información de los recursos y tecnologías de las energías renovables en México para planear y promover el uso de estas energías en las diversas regiones del país. Se supone que permitirá identificar las zonas de oportunidad para explotar las ER.<sup>187</sup>

Los instrumentos aprobados por la Comisión Regulatoria de Energía (CRE) permiten a los permisionarios pagar únicamente entre el 30% y el 50% de los cargos por servicios conexos y de transmisión, intercambiar energía generada con CFE entre distintos periodos horarios; pero no implican apoyos fiscales, por ello, adicionalmente se propone la creación de "mercados verdes"

<sup>187</sup> Juan Mata Sandoval, *Las energías renovables en la política de desarrollo energético sustentable*, Subsecretaría de Política Energética y Desarrollo Tecnológico, Guanajuato, México, 7 de junio, 2002.

para apoyar el desarrollo de las energías renovables, por ejemplo, mediante la creación de un “fondo verde” que proporcione un suplemento para la compra de energía, la emisión de certificados verdes y de carbono intercambiables, etc.<sup>188</sup>

De hecho, la sociedad civil está apoyando con la creación de la Fundación Nacional para el Desarrollo a través de la Energía (FUNDENEG), centrado en el desarrollo de comunidades rurales e indígenas empleando energías renovables; lo que proporciona es financiamiento.

Bajo estos esquemas la CFE planea desarrollar (1,723 MW): la central hidroeléctrica de Chicoacán, Chiapas (936 MW), El Cajón, Nayarit (680MW); y ampliar la central geotérmica en los Azufres, Michoacán (107 MW).<sup>189</sup>

En cuanto a los productores independientes podemos mencionar (183 MW): los proyectos eolieléctricos de La Ventosa, Oaxaca (107 MW), Santa Catarina, Nuevo León (10 MW); en biomasa están los de Tizayuca, Hidalgo (15 MW), La Barra en Moterrey, Nuevo León (12 MW); y en Baja California uno solar de (39 MW).<sup>190</sup>

Finalmente, creemos que las decisiones que se tomen en materia energética dependen de diversos factores, sin embargo una guía interesante puede ser la propia política de desarrollo, la cual dirige su atención a los aspectos estructurales del sistema socioeconómico; por tanto, se trata de una política de largo plazo que debe considerar la necesidad apremiante de producir energía renovable en razón de asegurar el suministro energético, cumplir con los acuerdos internacionales, conservar el medio ambiente.

Tomando en cuenta la importancia de las interacciones del sistema energético con la economía, la sociedad civil, el ambiente natural y la política, resulta evidente que la formulación de una política energética que pretenda promover el desarrollo sustentable debe tener necesariamente un carácter complejo, que entienda que las políticas se deben hacer considerando el “todo” y no solamente sus partes, porque de lo contrario las soluciones son igualmente fragmentarias, sin posibilidad de incidir asertivamente en los problemas que aquejan al ser humano.

---

<sup>188</sup> SENER, “Las energías renovables en la política de desarrollo energético sustentable”, en *Feria Internacional sobre Mini-hidráulica*, Subsecretaría de Política Energética y Desarrollo Tecnológico, Orizaba, Veracruz, 30 de agosto, 2002.

<sup>189</sup> *Ibid.*

<sup>190</sup> *Ibid.*

## Conclusión

En la actualidad, la sociedad está organizada de tal manera que sus estrategias de gestión se estructuran para lograr metas de carácter económico y raramente involucran el manejo del aspecto ambiental.

Los sistemas económicos humanos pueden explicar y poner en juego materiales y combustibles para mantener poblaciones y culturas. Sin embargo, los seres humanos son solo una parte pequeña de la naturaleza y su modelo económico no puede explicar o dar respuesta a todos los intercambios de materia y energía que ocurren en la biosfera, por ello entran en contradicción con los fenómenos que ocurren en los ecosistemas y su sustentabilidad. En general las reglas que explican una parte de un fenómeno suelen no cumplirse cuando en el estudio se involucran todas las variables de un sistema (el universo, la biosfera).

En este sentido, lo primero que debe ser modificado es la falsa percepción de que las diferentes esferas que componen la biosfera, se encuentran separadas del “todo” y no en constante interacción, ello nos permitirá tomar mejores decisiones sobre los retos planteados en materia ecológica, energética, educativa, cultural, económica, política, etc.

Es necesario recordar que la clave para fomentar el desarrollo sustentable reside en mejorar los procesos de decisión y de gestión, lo cual es imposible si desde el principio la construcción del objeto de estudio es fragmentaria, es decir, si deja de lado el “todo”.

En virtud de lo anterior, resulta necesario comprender que la raíz de la crisis ecológica se encuentra íntimamente relacionada con el modelo depredador de desarrollo humano, pero a su vez ligada con diversos factores y circunstancias, tales como los ciclos biológicos. A partir de esta premisa es más fácil identificar hacia dónde dirigir los esfuerzos que permitan a nuestra civilización adaptarse y así evitar el posible colapso derivado de las acciones ejercidas por los seres humanos sobre el entorno natural.

Las estrategias vigentes de desarrollo se basan en un modelo derrochador de recursos en el que los países ricos no sólo desean mantener sino incrementar sus actuales niveles de bienestar, y por su parte, las naciones pobres aspiran al nivel de vida –ecológicamente subsidiado- de los primeros, pero no existe en el planeta Tierra el capital natural suficiente para sostener los patrones de consumo que le caracterizan (por ejemplo, uso desmedido e ineficiente de energía no renovable).

En contraparte, tenemos que la esencia del desarrollo sustentable aspira a una sociedad donde la tasa de empleo de los recursos no supere la regeneración de los mismos y la emisión de contaminantes no rebase la capacidad de asimilación del ambiente. De acuerdo con esto, pueden identificarse algunos aspectos importantes a tratar:

1. El establecimiento de una ética y responsabilidad ambiental para el manejo y la preservación de la integridad biológica de los ecosistemas, lo que incluye la salvaguarda de recursos tales como el agua, el aire y la diversidad de especies; también considerar la promoción del uso de energías renovables y los materiales de construcción de origen natural.
2. Definir el nivel de bienestar óptimo que permita vivir con los medios que la naturaleza proporciona sin rebasar el equilibrio de la misma.
3. Diseño de un nuevo modelo de civilización con valores diferentes basados en la cooperación y en la solidaridad antes que en la competencia y el residuo, a partir de una perspectiva intergeneracional que haga énfasis en el largo plazo, para fines de esclarecer la importancia de priorizar las decisiones actuales, teniendo en cuenta que el impacto de las mismas se vera reflejado en las generaciones por venir.

Desde la primera conferencia sobre el medio ambiente de Naciones Unidas en Estocolmo 1972, han sido firmados diversos acuerdos para optimizar los recursos de manera sustentable. Sin embargo, los Estados continúan con los mismos esquemas de producción y consumo, lo cual se refleja notablemente en la crisis medioambiental actual.

El sector energético mundial es una de las áreas con mayores consecuencias sobre la ecología del planeta y por ello se ha encontrado presente en todos los debates relativos a la conservación de la naturaleza, donde se ha puesto de manifiesto la inconveniencia de continuar generando energía mediante las “energías sucias” tales como: el petróleo, el carbón, el gas y la energía nuclear; y en los volúmenes exorbitantes manejados hoy en día, debido a los efectos negativos que causan sobre el medio ambiente.

A pesar de todo, los involucrados (Estados, empresas, dirigentes, etc.) prefieren invertir en las energías fósiles más que hacer un cambio contundente en las formas de producir, comercializar y consumir energía, prueba de ello es que al menos un 80% de la demanda mundial de energía es satisfecha por los combustibles fósiles, mientras las energías renovables ocupan un lugar marginal.

Diversos especialistas han puesto de relieve las ventajas que pueden ofrecer las fuentes renovables entre las que podemos nombrar las siguientes: medioambientalmente hablando reducirían la generación de desechos y emisiones de gases, así como la dilapidación de recursos naturales, lo cual repercutiría incluso en la salud humana; económicamente coadyuvarían a reducir la dependencia de los combustibles fósiles impulsando el uso de energías autóctonas, contribuyendo de manera importante a asegurar el suministro energético de amplias zonas; socialmente se ofrecería una mejor calidad de vida para las regiones que han quedado marginadas en el acceso a electricidad.

La razón del desdén hacia las fuentes renovables es la existencia de marcados intereses sobre el dominio de los energéticos, tal como se dijo al principio de este trabajo todo funciona gracias a la energía, quien los detente tendrá en sus manos “poder”.

Estando en esta lógica, quién podría adueñarse del sol o el viento, por ello los que controlan las fuentes contaminantes ven en las renovables un peligroso enemigo comercial: el usuario dejaría de depender de un poder concentrado, utilizaría recursos gratuitos y adquiriría tecnología amortizada en un mediano plazo con un disfrute de 20 a 30 años; incluso las energías renovables podrían desplazar el papel preponderante de las energías no renovables a uno secundario al ponerse de manifiesto la viabilidad económica de las mismas aunado a la concientización de lo imprescindible que resulta preservar el ambiente natural de las técnicas depredadoras de explotación energética.

Asimismo, no puede olvidarse que el actual modelo de desarrollo se encuentra basado en la obtención de “máxima ganancia” y el estímulo de las energías renovables implica costos en apariencia superiores en comparación con las inversiones requeridas por las plantas convencionales de energía, en consecuencia se alega una reducción de la tasa de ganancia, pero no pueden dejarse de lado las externalidades no contabilizadas en la producción de energía con fuentes fósiles asociadas a la degradación del medio ambiente como el costo de prevenir y reparar los daños negativos causados a nuestro entorno natural.

Adicionalmente, otro de los problemas básicos para el uso general de las energías renovables es la dispersión de las mismas, en comparación con los hidrocarburos que son fuentes concentradas de energía, por esta razón en la mayoría de los países están moviendo su dependencia del petróleo hacia el gas (Estados Unidos y México). La tecnología es un factor que impide su desarrollo, pues aunque en algunas fuentes se han desarrollado lo suficiente al grado de ser competitivas, por ejemplo la eólica; en otras como el hidrógeno existen límites en cuanto a su

producción y compresión en almacenamientos que permitan ponerlo a disponibilidad del usuario final (es inestable y altamente explosivo).

Como se sabe, muchas empresas están desarrollando las tecnologías que emplean fuentes renovables, pero al igual que sucede con el resto de los avances tecnológicos estos son acaparados y vendidos en cantidades millonarias a los clásicos dependientes de las tecnologías, o sea, los países pobres, por tanto, en el largo plazo también se convertirán en un foco de ganancias para los tenedores, mientras que una gran mayoría tendrá dificultades para disponer de ellas, nuevamente volvemos a un problema de modelo de desarrollo.

A lo largo del trabajo se pudo demostrar que los esquemas de producción y consumo energéticos en los países desarrollados y no desarrollados son muy parecidos, la principal diferencia reside en el monto de energía que consumen, lo cual no es desdeñable. En este sentido, al contrario de lo que se afirma en diversos tratados sobre el tema no sólo los países industrializados tienen que cambiar sus esquemas energéticos, sino también los subdesarrollados, sobre todo porque a medida que crezcan e incorporen más satisfactores requerirán de más cantidad de energía, hecho que tendrá fatales consecuencias sobre el medio ambiente de seguir dominados por los actuales patrones energéticos.

El sistema biosférico es uno y compete a todos sus integrantes asumir responsabilidades y obligaciones conjuntas para conservarlo en un nivel que posibilite la permanencia de sus actuales habitantes. El desequilibrio ha sido originado por los efectos negativos de las actividades humanas, como especie debe de hacer todo lo necesario para asegurar su supervivencia, de ahí que el respeto a los acuerdos internacionales sean parte importante para cumplir el objetivo de salvaguardar al planeta.

Asimismo, a nivel nacional se puede hacer mucho por el ambiente, por ello quisimos abordar el caso de México, independientemente de lo que pase con el Protocolo de Kyoto –el primer acuerdo vinculante en cuanto a medio ambiente se refiere–, el cual se halla en duda debido a la negativa estadounidense (el principal emisor). En la realidad ya están proliferando mercados alternos de comercio de carbono donde América Latina y México pueden conseguir recursos monetarios para financiar el desarrollo de las energías renovables, siempre y cuando ofrezcan marcos legislativos adecuados que permitan emitir certificados transferibles de carbono que cumplan con las especificaciones establecidas por los mercados hacia donde se dirigen.

En principio parece razonable que nuestro país al ser un importante productor de petróleo no congenie con la idea de promover el aprovechamiento de las energías renovables, pues su

posicionamiento en el mundo implicaría una clara reducción de las divisas obtenidas por este concepto. Sin embargo, es probable que en un plazo no muy amplio se agoten sus reservas, obviamente dedicará recursos a la explotación de nuevas pozos petroleros, pero en el caso de que estas no fueran rentables o no existieran, se hallaría en un grave problema de suministro energético y en un escenario carente de petróleo, de recursos para adquirirlos fuera del país, su única salvación pueden ser las energías renovables donde tiene amplio potencial.

No obstante, es probable que encuentre nuevos yacimientos de petróleo dignos de explotación, pero si asumimos la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto, entonces será necesario compatibilizar su conducta a los compromisos adquiridos, sobretodo en el caso de que se desarrollen los mecanismos de sanción del mismo.

Independientemente de lo antes señalado, recordemos que lo que se está planteando aquí es un dilema de supervivencia de los humanos en la Tierra, en este sentido, lo único que queda es un viraje en la forma de concebir la relación sociedad humana-naturaleza fundamentada en la ética y la responsabilidad, no en la necesidad de la “ganancia máxima”.

Reiteradamente, el problema nos lleva a la necesidad de cambiar las presentes estructuras de explotación de los energéticos por dos motivos fundamentales: el aseguramiento del suministro energético a largo plazo, el combate al cambio climático y la preservación de nuestra especie sobre el planeta.

Ante este panorama, las metas que puede fijarse México serían las siguientes:

- 1) Comenzar a cuidar las reservas petroleras, mediante la reducción o el mantenimiento de la exportación de petróleo actual, cuidando que la cifra no se incremente. Al tiempo, que se promueva a nivel nacional el uso racional y eficiente de la energía.
- 2) Promover que los precios reflejen el valor intrínseco de los recursos y no sólo el valor de intercambio, lo cual fomentaría el uso más eficiente y ahorro de los bienes proporcionados por la naturaleza.
- 3) Con los recursos obtenidos por carga fiscal de los petrolíferos, impulsar la exploración de nuevas reservas de recursos, ya que los recursos energéticos son estratégicos en la vida de un país; y, revertir la dependencia experimentada con respecto a las energías no renovables.
- 4) Tomar conciencia de que el mejor residuo es el que no se genera y bajo esta lógica transformar los patrones de producción y consumo de energía, en consecuencia impulsar la investigación y desarrollo de las fuentes renovables.

- 5) Aprovechar la oportunidad de vender certificados de carbono a los países del anexo B del Protocolo, pues son ellos los que están obligados a reducir sus emisiones de gases.

Igualmente, debe mencionarse que en medioambiente la “máxima” está centrada en el quehacer local, por ello las tecnologías renovables pueden implantarse en un primer momento en las comunidades que aún hoy día carecen de acceso a la electricidad, eso les permitiría acceder a una mejor calidad de vida.

México, para desarrollar su potencial renovable puede acceder a los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) propuestos en el Protocolo de Kyoto y los desarrollados en otros mercados como el europeo, América del Norte, etc.; pero además debe contemplar la forma de ofrecer financiamiento confiable y el marco institucional que aliente el uso de las energías renovables; redirigir la política tecnológica vinculando academia-empresas para incorporar los desarrollos en este campo a la producción energética; diseñar un programa educativo e informativo para el público, las empresas, los encargados de tomar decisiones, con el fin de externar la envergadura de la relación energía-medioambiente y las ventajas que pueden proporcionar las energías renovables.

Es importante recalcar que el éxito de cualquier “política” dependerá de que los sectores sean concebidos como parte del todo. Para impulsar las energías renovables en el sector energético será necesario conjugar la política educativa, tecnológica, fiscal, ecológica, empresarial, financiera, etc., pues se trata de preservar el entorno natural mediante el establecimiento de estándares de conducta respetuosa con el entorno, incorporar los avances tecnológicos conseguidos a nivel internacional, desarrollar tecnología propia, hacer que llegue a las empresas productoras de energía, que éstas puedan emplearlas con confianza al tener un marco regulatorio que les ofrezca certidumbres sobre su aplicación y finalmente, contar con recursos financieros que hagan efectiva su utilización.

Pueden mencionarse muchas más interacciones, tan sólo en el caso específico de la política tecnológica, implica, entre otras cosas, establecer especificaciones técnicas que aseguren la calidad y rendimiento de dichos sistemas, contar con personal capacitado para el diseño, instalación y mantenimiento de los mismos, promover empresas con capacidad de servicio en todo el territorio nacional, etc., de esta manera la tecnología local avanzaría y podría, incluso, competir internacionalmente.

Finalmente, debe quedar claro que hasta el momento el mundo no está caminando hacia una transformación tecnológica que emplee las energías renovables, más bien se está moviendo hacia la búsqueda de opciones más cercanas y menos complejas como el gas, que aunque es una energía menos contaminante sigue sin ser una solución en el largo plazo a las emisiones de gases efecto invernadero.

## Anexo.- Equivalencias energéticas

La mayor dificultad para analizar estas tablas se presenta en las unidades. ¿Qué es un Petajoule? ¿A cuántos barriles de petróleo equivalente corresponde?

La producción de carbón se mide en la mina en toneladas de carbón, el gas natural se produce y vende en metros cúbicos, la electricidad el kilowatts-hora. ¿Por qué la Secretaria de Energía publica sus tablas de producción en Petajoules? La razón es que todas estas unidades hablan de una cierta cantidad de energía y pueden ser convertidas, mediante factores de equivalencia, a unidades de energía como el Petajoule y compararse. A continuación la tabla con los equivalentes:

Equivalencias energéticas año 2000				
Petróleo Crudo (promedio producción)	MJ/bl	6,005	1,434,544	Kcal/bl
Gas natural asociado	KJ/m3	40,273	9,619	Kcal/m3
Gas natural no asociado	KJ/m3	32,326	7,721	Kcal/m3
Carbón Térmico (MICARE)	MJ/Ton	19,136	4,571,429	Kcal/Ton
Carbón siderúrgico nacional	MJ/Ton	23,483	5,609,890	Kcal/Ton
Equivalente primario de Energía Elect.	MJ/MWh	10,407	2,486,144	Kcal/MWh
Equivalente secundario Energía Elect.	MJ/MWh	3,600	860,010	Kcal/MWh
Diesel	MJ/bl	5,665	1,353,321	Kcal/bl
Gasolina nafta	MJ/bl	5,126	1,224,558	Kcal/bl
Propano propileno	MJ/bl	4,069	972,050	Kcal/bl
Butano butileno	MJ/bl	4,069	972,050	Kcal/bl
Leña	MJ/Ton	14,486	3,460,583	Kcal/Ton
Uranio térmico	MJ/g	3,287	785,237	Kcal/g

Fuente: Elaboración propia datos: México, Balance Nacional de Energía 2001

Prefijos de Unidades		
Prefijo	Factor	Equivalente a
P = Peta	$10^{15}$	1,000,000,000,000,000
T = Tera	$10^{12}$	1,000,000,000,000
G = Giga	$10^9$	1,000,000,000
M = Mega	$10^6$	1,000,000
K = Kilo	$10^3$	1,000

La primera observación, a la tabla de equivalencias es que, cuando hablamos de fuentes que producen energía eléctrica, hay que distinguir entre equivalente primario y equivalente secundario. La energía eléctrica es una energía de mayor calidad. Esto significa que 3,600 Megajoules/Megawatt-hora secundarios, equivalen a 10,407 MJ/MWh de energía primaria. Es decir, sólo el 34.6% de energía primaria, en promedio, se convierten a electricidad. Esto es muy importante en ahorro de energía, porque una unidad de energía secundaria ahorrada significa aproximadamente 2 unidades de energía primaria ahorradas. Hay que considerar que cualquiera de las fuentes primarias pierde en forma de calor un porcentaje importante en la conversión a energía eléctrica. Por ejemplo, en una planta termoeléctrica ciclo vapor se pierde 70%, en

Turbogas 65%, en un ciclo combinado 50%. Por este motivo las energías fósiles deben reducir su energía (Petajoules), en estos porcentajes o un promedio de ellos, cuando se convierten en electricidad<sup>191</sup>.

Para facilitar el trabajo elaboramos la tabla con los valores de conversión cruzados (renglones con columnas), permitiendo convertir cada unidad del renglón correspondiente a siete unidades equivalentes de cada columna:

Equivalencias de unidades de energía <sup>192</sup>							
Unidad	Bpe	m3 gas	Ton carbón	g U235	Kg U235	MJ	PJ
1 Bpe	1	165.4609	0.2817992	1.82689	0.001826894	6,005	0.000006005
1 m3 gas	0.0060	1	0.00170312	0.01104	0.00001104	40.273	0.000000040
1 Ton carbón	3.5486	587.1588	1	6.48296	0.006482963	19,483	0.000019483
1 g U235	0.5474	90.5695	0.15425045	1	0.001	3,287	0.000003287
1 Kg U235	547.38	90,570	154.25	1000	1	3,287,000	0.003287000
1 MJ	0.0002	0.0248	0.0000513	0.0003042	0.00000304	1	0.000000001
1 PJ	166,528	24,830,532	51,327	304,229	304	1,000,000,000	1

Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía, 2001 SENER México

¿Cómo usar la tabla anterior? Muy fácil, las energías renovables producidas de 1965 a 2001 fueron 21,595 PJ ¿A cuantos barriles de petróleo de energía primaria equivalen? Partimos en el renglón 1PJ y buscamos la columna correspondiente Bpe. Podemos hacerlo con KgU235 térmico también:

$$21,595 \text{ PJ} \times 166,528 \text{ Bpe/PJ} = 3,595,172,160 \text{ Bpe}$$

$$21,595 \text{ PJ} \times 304 \text{ U235/PJ} = 6,564,880 \text{ KgU235} = 6,564.8 \text{ TonU235}$$

Las energías renovables en ese periodo evitaron la quema de 3,595 Millones de barriles de petróleo. Sólo el 9.6% de energía renovable tuvo ese gran efecto de ahorro de energía fósil (no renovable). Se evitó enviar a la atmósfera<sup>193</sup> 1,481 Millones de toneladas de Bióxido de carbono. En caso haberse producido con energía nuclear (Uranio 235), piensen en las toneladas de combustible y sus desechos radiactivos. Podemos hacer el mismo ejercicio ahora con toneladas de carbón:

$$21,595 \text{ PJ} \times 51,327 \text{ Ton carbón/PJ} = 1,108,406,565 \text{ Ton carbón}$$

<sup>191</sup> Este valor esta en función de la planta instalada de termoelectricas de cada tipo y el promedio de conversión en todas ellas, o su eficiencia promedio, para México en el año 2000 fue 35.6% según SENER.

<sup>192</sup> El contenido energético promedio de las materias primas cambia ligeramente de un año a otro, éstas corresponden a los promedios del año 2000. Pueden usarse para otros años, el error es mínimo.

<sup>193</sup> Al quemar diesel se envían a la atmósfera 412 Kg de CO2 por barril aproximadamente.

Se evitó la quema de 1,108 Millones de toneladas de carbón y la contaminación que produce. Piensen en las toneladas de tierra que se necesita remover para producirlas, transportarlas, molerlas, quemarlas y finalmente, las cenizas ¿dónde van a parar?

Digno de observar es el efecto colateral de las energías no renovables, sus efectos se sienten desde la exploración, se abren caminos a través de selvas y bosques, los campamentos de ingenieros y trabajadores hacen sentir su presencia a través de la basura que dejan; en la perforación de pozos, gran cantidad de residuos van a parar al entorno, la construcción de oleoductos, afecta varias hectáreas de terrenos, los derrames accidentales causan una gran destrucción de biodiversidad, sin olvidarnos de las explosiones accidentales; en la extracción de carbón sobre todo en las minas a cielo abierto, se remueven cientos de miles de toneladas de tierra que se desechan en barrancas y causes de ríos, los efectos nocivos sobre el medio ambiente de una mina de carbón son evidentes a varios kilómetros. Estos efectos, como se realizan tan lejos de las ciudades, por lo común, no nos permiten darnos cuenta de la depredación que producen sobre el medio ambiente. Los costos económicos de esta destrucción los absorbe el país, es decir, la sociedad entera, por este motivo no se reflejan en el precio del combustible fósil. Cuando se argumenta que las energías renovables aún cuestan más que las energías fósiles, al medirlas en dinero, se está olvidando que los daños a la biosfera no están incluidos en los precios. Estos costos los estamos transfiriendo a los sistemas de salud pública y a las próximas generaciones de seres vivos.

## Glosario

*Antropogéneo*. Resultante de la actividad del ser humano o producido por éste.<sup>194</sup>

*Atmósfera*. Capa de aire que circunda la tierra y que se extiende alrededor de 100 km por encima de la superficie terrestre. Esta estructura física está formada por una mezcla de 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de varios gases, como el argón, el neón, el bióxido de carbono y vapor de agua entre otros compuestos inorgánicos.<sup>195</sup>

*Biodegradable*. Capaz de ser asimilado (descompuesto y metabolizado) por el ambiente gracias a su naturaleza química.<sup>196</sup>

*Biodiversidad*. Se entiende como la variabilidad de los organismos vivos de cualquier fuente, y la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y los complejos ecológicos que forman parte.<sup>197</sup>

*Biosfera*. Parte del sistema terrestre que comprende todos los ecosistemas y organismos vivos presentes en la atmósfera, la tierra o los océanos, incluida la materia inorgánica muerta derivada de ellos, como la basura, la materia orgánica del suelo y los detritos oceánicos.<sup>198</sup>

*Calentamiento global*. Aumento progresivo y gradual de la temperatura media de la superficie terrestre, responsable de los cambios en los patrones climáticos mundiales. Aunque en el pasado geológico se ha presentado un aumento de temperatura global como resultado de influencias naturales, el término se utiliza para referirse al calentamiento de la superficie terrestre, registrado desde principios del siglo XX y relacionado con el incremento de los gases de invernadero en la atmósfera.<sup>199</sup>

*Cambio climático*. Variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad, que se mantiene durante un periodo prolongado (generalmente durante decenios o por más tiempo). El cambio del clima puede deberse a procesos naturales internos o a un forzamiento externo, o a cambios antropogéneos duraderos en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra.<sup>200</sup>

*Capa de ozono*. La estratosfera tiene una capa llamada capa de ozono, en la que hay una mayor concentración de ozono. Esta capa se extiende entre los 12 y los 40 km de altitud. La concentración de ozono alcanza su máximo calor entre los 20 y los 25 km. Esta capa se está agotando a causa de las emisiones antropogéneas de compuestos de cloro y bromo. Todos los años, en la primavera del hemisferio sur, se produce una fuerte disminución de la capa de ozono sobre la región antártica, también causada por compuestos ratificales de cloro y bromo, en combinación con las condiciones meteorológicas propias de la región. A este fenómeno se le ha dado el nombre de agujero de ozono.<sup>201</sup>

<sup>194</sup> Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. *Cambio Climático y Biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC*, PNUMA/UNEP, abril 2002.

<sup>195</sup> IPCC. *Tercer informe de evaluación sobre cambio climático 2001: impactos, adaptación y vulnerabilidad*, [www.pnuma.org](http://www.pnuma.org)

<sup>196</sup> Glosario de Ambiente y Sociedad, [www.ecoportal.net](http://www.ecoportal.net)

<sup>197</sup> Ibid.

<sup>198</sup> Ibid.

<sup>199</sup> Martha González E., et al., "Cambio climático mundial: origen y consecuencias", en *Ciencia UANL*, vol. VI, n. 3, julio-septiembre, 2003.

<sup>200</sup> Glosario de Ambiente y Sociedad, [www.ecoportal.net](http://www.ecoportal.net)

<sup>201</sup> Ibid.

*Conservación.* Gestión dirigida a la preservación y uso racional de los recursos naturales, para asegurar el mejor beneficio que tiende al desarrollo sustentable de la sociedad.<sup>202</sup>

*Contaminación ambiental.* El agregado de materiales y energías residuales al entorno que provocan directa o indirectamente una pérdida reversible o irreversible de la condición normal de los ecosistemas y de sus componentes en general, traducida en consecuencias sanitarias, estéticas, recreacionales, económicas y ecológicas negativas e indeseables.<sup>203</sup>

*Crisis ecológica.* Perturbación general del ambiente, gestada por el hombre (antropogénicas o antrópica) y/o los fenómenos naturales. Sumada a una crisis política, económica e incluso de un pueblo, a la incapacidad de planificación, el abuso y destrucción de los recursos naturales y la explotación del ambiente más allá del soporte y recuperación, esta crisis puede llevar a una situación de desastre general que origina hambruna, migraciones multitudinarias, ecorrefugiados y desorden social.<sup>204</sup>

*Degradación.* Pérdida de las cualidades de un ecosistema que incide en la evolución natural del mismo, provocando cambios negativos en sus componentes y condiciones como resultado de las actividades humanas. Se distinguen los siguientes tipos:

a) *Degradación irreversible:* Cuando la alteración y/o destrucción del ecosistema y sus componentes, tanto naturales como artificiales, resulta de tal magnitud que parte o la totalidad del ambiente afectado no puede restaurarse.

b) *Degradación corregible:* Cuando la alteración y/o destrucción parcial del ecosistema y sus componentes, tanto naturales como artificiales, resulta de tal magnitud que parte o la totalidad del ambiente puede restaurarse y recuperarse con procedimientos y/o tecnologías adecuadas.

c) *Degradación incipiente:* Cuando la alteración y/o destrucción parcial del ecosistema y sus componentes, tanto naturales como artificiales, resulta de tal magnitud que parte o la totalidad del ambiente puede recuperarse sin la intervención de procedimientos o tecnología especiales.<sup>205</sup>

*Degradable.* Que puede ser descompuesto bajo ciertas condiciones ambientales, (por ejemplo biodegradable implica la acción de microorganismos, fotodegradable: implica la acción de la luz)<sup>206</sup>

*Desarrollo Geopolítico.* Se refiere al estímulo y cooperación en éste ámbito con los países dentro de la zona geoestratégica europea, para que se reduzcan efectivamente los gases de efecto invernadero.<sup>207</sup>

*Desarrollo regional.* Se refiere al empleo de diversas fuentes de energía en la satisfacción de las necesidades de poblaciones (sobre todo alejadas de las ciudades), que a su vez los haga autosuficientes y con costes de producción más bajos que la energía convencional, provocando una mayor utilidad que se emplee en su propio beneficio, partiendo de las regiones más atrasadas.<sup>208</sup>

---

<sup>202</sup> Ibid.

<sup>203</sup> Ibid.

<sup>204</sup> Ibid.

<sup>205</sup> Ibid.

<sup>206</sup> Ibid.

<sup>207</sup> Ibid.

<sup>207</sup> Loyola de Palacio, "The challenge of Energy Supply Strategy: the road towards a sustainable future", en World Economic Forum, Servicio de prensa y comunicación de la Comisión Europea, Speech/01/35, Davos, 29-30 January, 2001.

<sup>208</sup> AIE, SENER, CONAE, CFE. *Mejores prácticas en energías renovables: compartiendo experiencias para el desarrollo de mercados*, junio, 2001.

*Desecho*. Cualquier materia líquida, sólida, gaseosa o radioactiva que es descargada, emitida, depositada, enterrada o diluida en volúmenes tales que puedan, tarde o temprano, producir alteraciones en el ambiente.<sup>209</sup>

*Diversificación energética*. Utilización a nivel comercial energías diferentes al petróleo como la biomasa, geotérmica, solar, de viento, nuclear, gas natural, etc.<sup>210</sup>

*Diversificación energética*. Utilización a nivel comercial energías diferentes al petróleo y gas como la biomasa, geotérmica, solar, de viento, nuclear, etc.<sup>211</sup>

*Ecosfera*. En su conjunto es el ecosistema mayor. Abarca todo el planeta y reúne a todos los seres vivos en sus relaciones con el ambiente no vivo de toda la tierra.<sup>212</sup>

*Ecosistema* Sistema de organismos vivos que interactúan entre sí y con su entorno físico, que también es parte del sistema. Los límites de lo que podría llamarse un ecosistema son algo arbitrarios, y dependen del centro de interés o del objeto principal del estudio. En consecuencia, la extensión de un ecosistema puede abarcar desde escalas espaciales muy pequeñas hasta, por último, toda la Tierra.<sup>213</sup>

*Efecto Invernadero*. Proceso natural de calentamiento global en el cual algunos gases presentes en la atmósfera actúan como una capa que, de manera similar a los vidrios de un automóvil cerrado, es a la vez: 1) transparente a las radiaciones solares de onda corta, permitiendo su entrada a la superficie terrestre, pero 2) opaca a las radiaciones térmicas de onda larga emanadas de la superficie terrestre, evitando que estas escapen al espacio exterior. A causa del efecto invernadero natural, la superficie terrestre se calentó lo suficiente para permitir el origen y el mantenimiento de la vida en el planeta. Sin embargo, de seguir aumentando la concentración de los gases de invernadero en la atmósfera, la superficie terrestre sufrirá un calentamiento adicional cuyas consecuencias se perciben como negativas.<sup>214</sup>

*Eficiencia energética*. Relación entre el trabajo útil realizado por una máquina o sistema y la energía suministrada al mismo expresada en %.<sup>215</sup>

*El Niño-la Niña*. Oscilación Austral (ENOA) Importante fenómeno interno del sistema climático mundial de frecuencia e intensidad variable y cuyo principal detonante es el almacenamiento de calor en el Pacífico tropical. Durante El Niño, el calor acumulado en el Pacífico tropical se distribuye hacia otras latitudes y hacia la atmósfera mediante corrientes marinas, vientos, precipitaciones intensas y evaporación, llegando a provocar aumentos importantes en la temperatura media mundial durante los meses posteriores a cada evento. Durante su complemento, La Niña, cuando las intensas lluvias disminuyen, se empieza a “recargar” nuevamente de calor el Pacífico tropical. La mayor frecuencia de estos fenómenos, registrada en las últimas décadas, podría estar relacionada con el menor tiempo necesario para la “recarga” de calor en el Pacífico tropical debido al calentamiento global.<sup>216</sup>

---

<sup>209</sup> Glosario de *Ambiente y Sociedad*, [www.ecoport.net](http://www.ecoport.net)

<sup>210</sup> AIE, SENER, CONAE, CFE. *op. cit.*

<sup>211</sup> Loyola de Palacio, *op. cit.*

<sup>212</sup> Glosario de *Ambiente y Sociedad*, [www.ecoport.net](http://www.ecoport.net)

<sup>213</sup> *Ibid.*

<sup>214</sup> Martha González E., et al., *op. cit.*

<sup>215</sup> Loyola de Palacio, *op. cit.*

<sup>216</sup> Martha González E., et al., *op. cit.*

*Emisión.* Descarga de contaminantes a la atmósfera provenientes de chimeneas y otros conductos de escape de las áreas industriales, comerciales y residenciales, así como de los vehículos automotores, locomotoras o escapes de aeronaves y barcos.<sup>217</sup>

*Energéticos convencionales.* Son considerados los combustibles fósiles (petróleo y sus derivados). Parten de materia natural formada a partir de transformaciones en sustancias orgánicas, susceptibles de generar energía en base a reacciones químicas de combustión.<sup>218</sup>

*Equilibrio ecológico.* Estado de balance natural establecido en un ecosistema por las relaciones interactuantes entre los miembros de la comunidad y su hábitat, plenamente desarrollado y en el cual va ocurriendo lentamente la evolución, produciéndose una interacción entre estos factores.<sup>219</sup>

*Externalidades.* Costos sociales generados por las actividades de una industria, que no están reflejados en el precio al que se vende el producto de esa industria. Incluye los costos de la contaminación por afectar el ambiente, los de descontaminación y los de las secuelas de la explotación irracional de las materias primas. Son aquellas acciones que realiza algún agente económico que generan beneficios (o costos) para otros y por las cuales no se le compensa (o no se le paga).<sup>220</sup>

*Gas de efecto invernadero.* Los gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogéneos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. Esta propiedad produce el efecto invernadero. En la atmósfera de la Tierra, los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>). Hay además en la atmósfera una serie de GEI creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos y otras sustancias con contenido de cloro y bromo, regulados por el Protocolo de Montreal. Además del CO<sub>2</sub>, el N<sub>2</sub>O y el CH<sub>4</sub>, el Protocolo de Kyoto establece normas respecto de otros gases de invernadero, a saber, el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).<sup>221</sup>

*Impacto ambiental.* Se dice que hay impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, una ley o una disposición administrativa con implicaciones ambientales. Hay que hacer constar que el término "impacto" no implica negatividad, ya que éstos pueden ser tanto positivos como negativos. Es la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado, tal y como se manifestaría como consecuencia de la realización del proyecto, y la situación del medio ambiente futuro tal como habría evolucionado normalmente sin tal actuación; es decir, lo que se registra es la alteración neta positiva o negativa tanto en la calidad del medio ambiente como en la calidad de vida del ser humano. Inmediato o de momento crítico; temporal o permanente; irrecuperable, irreversible, reversible, mitigable, recuperable o fugaz; directo o indirecto; simple, acumulativo o sinérgico.<sup>222</sup>

<sup>217</sup> Glosario de *Ambiente y Sociedad*, [www.ecoport.net](http://www.ecoport.net)

<sup>218</sup> Odón de Buen R. *Desarrollo de las Energías Renovables en México: la perspectiva de CONAE*. SENER, CONAE, junio, 2001.

<sup>219</sup> Glosario de *Ambiente y Sociedad*, [www.ecoport.net](http://www.ecoport.net)

<sup>220</sup> *Ibid.*

<sup>221</sup> *Ibid.*

<sup>222</sup> *Ibid.*

*Implementación conjunta (IC):* Son aquellos proyectos que se llevan a cabo con el fin de incentivar la implementación de tecnología más eficiente en los países del Anexo B (economías en transición) y generar unidades de reducción de emisiones (ERU) a un menor costo.<sup>223</sup>

*Lluvia ácida:* Es un complejo fenómeno químico - atmosférico que ocurre cuando las emisiones de compuestos de azufre, nitrógeno y otras sustancias, generalmente originadas por la actividad industrial, son transformadas por procesos químicos en la atmósfera, frecuentemente lejos de la fuente de origen, y luego depositados sobre la superficie terrestre por la vía húmeda. La vía húmeda, comúnmente lluvia ácida, puede presentarse como lluvia, nieve o niebla. La lluvia ácida corroe edificios, mata los peces de los lagos, y causa la decadencia y muerte de millones de árboles al acidificar y contaminar el agua y el suelo.<sup>224</sup>

*Mecanismo de desarrollo limpio (MDL):* Son proyectos implementados en países en vías de desarrollo y son financiados para reducir las emisiones en países no Anexo B. Estos proyectos generan certificados de reducción de emisiones (CRE).<sup>225</sup>

*Mercado internacional de emisiones:* Se refiere a las transacciones (compra-venta) de derechos de emisión realizadas entre 2 países del Anexo B, que pueden realizarse de forma privada o bien a través de los diferentes esquemas nacionales.<sup>226</sup>

*Modelo alternativo de desarrollo:* Se refiere a la construcción de formas de vida que respondan a intereses diferentes a los económicos (que son los predominantes en el capitalismo), que sean más bien ecosociales, es decir, que consideren la perspectiva ecológica y a la vez satisfagan necesidades humanas pero en armonía con el entorno natural.<sup>227</sup>

*Principios Ecosociales:* Se refiere a extraer de la naturaleza exclusivamente lo necesario para la supervivencia humana, con una considerable reducción de las comodidades, sin que las personas sean esclavas del trabajo, es como volver al estado prehistórico, con conciencia ecológica de conservación ambiental, coadyuvándonos con un nivel mayor de conocimiento tecnológico, donde los valores sean acordes a ello.<sup>228</sup>

*Protocolo de Montreal:* El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono fue aprobado en Montreal 1987, y posteriormente ajustado y enmendado en Londres (1990), Copenhague (1992), Viena (1995), Montreal (1997) y Beijing (1999). Controla el consumo y la producción de sustancias químicas con contenido de cloro y bromo que destruyen el ozono estratosférico, como los CFC, el metilcloroformo, el tetracloruro de carbono y muchos otros.<sup>229</sup>

*Recursos naturales:* Cualquier factor del ambiente natural que puede significar algún provecho al hombre tales como el agua, el suelo, los minerales, la vegetación, los montes, el relieve, los animales y toda forma de vida silvestre, inclusive su arreglo estético.<sup>230</sup>

---

<sup>223</sup> Gabriel Quadri de la Torre, *Inversión de energías rentables en México*, CONAE, 28 febrero, 2002

<sup>224</sup> Glosario de *Ambiente y Sociedad*, [www.ecoportal.net](http://www.ecoportal.net)

<sup>225</sup> *Ibid.*

<sup>226</sup> *Ibid.*

<sup>227</sup> Armando Pérez, "Del Desarrollo a la Ecología Social", en *Revista del Magister en Antropología y Desarrollo*, No. 1, septiembre, 1999, Departamento de Antropología, Universidad de Chile, [rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/mad/01.htm](http://rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/mad/01.htm)

<sup>228</sup> *Ibid.*

<sup>229</sup> Glosario de *Ambiente y Sociedad*, [www.ecoportal.net](http://www.ecoportal.net)

<sup>230</sup> *Ibid.*

*Sumideros de carbono.* En estos depósitos donde el carbono se capta de la atmósfera y se mantiene secuestrado por largo tiempo. Los grandes sumideros de carbono del planeta son los bosques (principalmente la biomasa de árboles de vida larga y la materia orgánica del suelo) y los océanos (formación y mantenimiento de plancton, así como carbono precipitado al fondo del mar). Los sumideros pueden servir para mitigar parcialmente las emisiones antropogénicas de gases de invernadero.<sup>231</sup>

*Seguridad de suministro.* Garantía de disponer en cualquier momento de energía en la cantidad y calidad deseadas en determinadas condiciones económicas.<sup>232</sup>

*Uso racional de la energía.* Relación entre el trabajo útil realizado por una máquina o sistema y la energía suministrada al mismo expresada en %<sup>233</sup>

---

<sup>231</sup> Martha González E., et. al., Ibid.

<sup>232</sup> Odón de Buen R., *op. cit.*

<sup>233</sup> AIE, SENER, CONAE, CFE. *op. cit.*

## Bibliografía

- Abad, Noemí (Nota Editor): "COP X, Cambio Climático y Árboles Transgénicos como sumideros de carbono", en *Ambiente y Sociedad*, año 5, no. 186, diciembre, 2004, [www.ecoport.net](http://www.ecoport.net)
- AEMA, "Europa no podrá cumplir los compromisos adquiridos en Kyoto", en *Ambiente y Sociedad*, Ecoportal, año 3, no. 132, junio 2003, [www.ecoport.net/noti/024/jun/es](http://www.ecoport.net/noti/024/jun/es)
- American Wind Energy Association: Página web [www.awwea.org.us](http://www.awwea.org.us)
- ANES: *Boletín Solar*, Sección Mexicana de la International Solar Energy Society, Consejo XI. No. 2, Enero-Marzo, 2002.
- Arrhenius, Svante: "On the influence of carbonic Acid in the air upon the temperature on the ground", en *Philosophical Magazine*, series 5, 41 (251), 1986, P.237.
- Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), España. Página web [www.appa.es](http://www.appa.es)
- Ayres, Robert: "Toxic Heavy Metals: Materials Cycle Optimization", en *Proceedings National Academy of Science*, Estados Unidos, 89, 1992, P. 842.
- Azqueta, D.: *Valoración económica de la calidad ambiental*, Mc Graw-Hill, 1999.
- Barbir, F.; Verziroglou, T.N. y Please, H. J.: "Environmental Damage Due to Fossil Fuel Use", *International Journal of Hydrogen Energy*, 15, 1992, P. 749.
- Barcena, I.: "De qué hablamos cuando hablamos de desarrollo sostenible" en *AA.VV. Hacia un desarrollo rural sostenible*, ECOS/Asoc. Cambalache. Cantabria, 2001.
- Barry, John: *Environment and social theory*, London/New York, Routledge (Routledge Introductions to Environment), 1995.
- Bolaños y Serrato, Alberto: *Energía y Medio Ambiente, Una Perspectiva Económica y Social*, Plaza y Valdéz, 1995.
- Bosch, Pedro/ Bulbulian, Silvia y Jiménez, Melania: *Pioneros de las Ciencias Nucleares*, Colección "La Ciencia para Todos", No. 120, SEP, FCE, CONACYT, México, 1999, P. 210.
- Calzón, Begoña: "El hidrógeno, panacea energética del futuro", en *5Días.com*, Madrid, España, mayo, 2003, [www.5dias.com](http://www.5dias.com)
- Carrasquilla, Octavio Enrique: "De Río de Janeiro a Johannesburgo", en *Ambiente y Sociedad*, año 4, No. 147, <http://www.ecoport.net/noti02/n901.htm>
- Castro H., Guillermo: "Un desarrollo sostenible", ponencia presentada en el *Simposio Regional sobre Ética y Desarrollo Sustentable*, Bogotá, Colombia, 2-4 de mayo, 2002, Ministerio del Medio Ambiente de Colombia/PNUMA/PNUD/ CEPAL/BM, [www.ecoport.net/articulos/sostenible.html](http://www.ecoport.net/articulos/sostenible.html)
- Cátedra Enresa-Iberdrola: *Ciclo de Energía y Medio Ambiente: Energías Renovables, (Apuntes)* 27 de octubre al 4 de noviembre de 2003, Madrid, España.
- CEPAL/ONU/ GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit): *Fuentes Renovables de Energía en América Latina y el Caribe. Situación y Propuestas de Políticas*, Santiago de Chile, CEPAL, Mayo, 2004, p. 89.
- CEPAL: "Perspectivas y desafíos ambientales", en *La Dimensión Ambiental en el Desarrollo de América Latina*, CEPAL No. 58, Mayo de 2001, Santiago de Chile, [www.eclac.org](http://www.eclac.org), p. 227
- Chow Pangtay, Susana: *Petroquímica y Sociedad*, Colección "La Ciencia para Todos", No. 39, SEP, FCE, CONACYT, México, 1998, P. 420.
- Colby, M. E.: *Environmental management in development: The evolution of paradigms*, Washington, DC, The World Bank, 1990.
- Colin J. Campbell y Jean H. Laherrère: "The End of Cheap Oil", en *Scientific American*, marzo 1998, pp. 60-65.
- Comisión Europea: *Energía. Controlemos nuestra dependencia*, Comunidades Europeas, Bélgica, 2002.

- Comisión Europea: *Libro Verde. Hacia una estrategia de seguridad del abastecimiento energético*. Comunidades Europeas, Luxemburgo, 2001, pp. 24-25.
- CONAE: "3er. Coloquio Internacional sobre Oportunidades para el Desarrollo del Istmo". Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2001, PDF.
- *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, SISTA, 2004.
- Cooper, David E. & Palmer, Joy A.: *Just environments. Intergenerational, intentional and interspecies issues*, Routledge, London, 1995.
- Coviello, M. y Altomonte, H.: *Energy sustainability in Latin America and the Caribbean: the share of renewable sources*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 1003, p. 39.
- Datschefski, Edwin: "El Rediseño de Productos Sustentables", en *El regreso a los ciclos naturales*, McGraw Hill Interamericana, México, 2002, traducción The Total Beauty of sustainable products, Roto Visión, 2001.
- De Ávila, Luis E.: *Aprovechamiento del biogas producido en rellenos sanitarios para generar electricidad municipal*, ETEISA, CONAE, 2001.
- Deléage, Jean Paul: *Historia de la ecología. Una ciencia del hombre y la naturaleza*, Barcelona, Icaria, 1993.
- Deutch Welle: *Programas de Ahorro Energético y Fuentes Renovables de Energía*, TRANSTEL, programa transmitido por el canal 40, 3 de Junio de 2003, 12:20hrs.
- Díaz López, Mario Alberto: "Desarrollo sustentable: pasado, presente y futuro", en *Ingenierías*, Fac. de Ingeniería y Arquitectura-UR, oct-dic, 2004, vol. VII, no. 25.
- Díaz-Jiménez, Rodolfo: *Programa de difusión, construcción y seguimiento de estufas eficientes de leña. El caso de la cuenca de Pátzcuaro*, CONAE, TSIA 13-01 PDF.
- Dobson, Andrew: *Pensamiento político verde. Una nueva ideología para el siglo XXI*, Barcelona, Paidós Ibérica, 1997.
- Eguren, L.: *El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas*, Santiago de Chile, CEPAL, 2003.
- Ernesto Enkerlin, et al.: "El desarrollo sostenible ¿el paradigma idóneo de la humanidad?", en *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*, México, Thomson Editores, 1997.
- Escobar, A.: *Encountering Development. The Making and Unmaking of The Third World* Princeton University Press, Princeton, 1995.
- Estrada, Manuel: *Consideraciones sobre el Mecanismo de Desarrollo Limpio en México*, SEMARNAT, 19 de febrero, 2003.
- Et. Al. *Enciclopedia Interoceánica. Tercer Milenio*, Grupo Editorial Interoceánica, 2001, tomo 7, Historia Universal, P.204.
- European Commission: *Intelligent Energy for Europe*, en *Multianual Program 2002-2012*, Directorate General for Energy and Transport, 2001.
- Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático: *Cambio Climático 2001: Resumen para responsables de políticas*, IPCC, 2001.
- Foladori, Guillermo: "El pensamiento ambientalista", en *Tópicos en Educación Ambiental*, 2000, Vol. 2, Núm. 5.
- García, E.: *El trampolín fáustico. Ciencia, mito y poder en el desarrollo sostenible*. Ed. Tilde, Valencia, 1999.
- Girolami, Gonzalo: "Protocolo de Kyoto: Una esperanza para evitar el desastre climático de cara a la Cumbre de Buenos Aires. El Parlamento Ruso Destruye Boicot Estadounidense", en *Ambiente y Sociedad*, año 5, no.181, octubre 2004, [www.ecoport.net/content/view/full/36187](http://www.ecoport.net/content/view/full/36187)
- González E., Martha, et. al.: "Cambio climático mundial: origen y consecuencias", en *Ciencia UANL*, vol. VI, no.3, julio-septiembre, 2003.
- González-Gaudiano, Edgar: *Centro y periferia de la educación ambiental. Un enfoque antiesencialista*, México, Mundi, 1997.
- Gore, Al.: *La Tierra en juego. Ecología y conciencia Humana*, Emecé Editores, Barcelona 1993.

- Green Peace: *Renovables 2004: ¿Se materializarán las buenas intenciones?*, 7 de junio de 2004, México, [http://www.greenpeace.org/mexico\\_es/features/details?item\\_id=489494&campaign\\_id=409816](http://www.greenpeace.org/mexico_es/features/details?item_id=489494&campaign_id=409816)
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático: *Cambio Climático y Biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC*, PNUMA/UNEP, abril 2002.
- Hanson, Graig/ Van Son, Vince: "Renewable energy certificates: an attractive means", en *Corporate customers to purchase renewable energy*, World Resources Institute Sustainable Enterprise Program, 2004.
- Hanson, Jay: "Requiem", Global Millennium Foundation, Canadá, 1998, <http://www.dieoff.com>
- Hiriart, Gerardo: "La experiencia mexicana en el financiamiento de inversiones en energía renovable", en *The best practices on renewable energy: sharing experiences for market development*, CFE, junio, 2001.
- Huacuz, Jorge: "Energías renovables y desarrollo sostenible en México: programas, perspectivas y lecciones aprendidas". En Taller: Acceso a la Eficiencia Energética y a las Energías Renovables en Zonas de Bajos Ingresos Rurales y Urbanas. La Experiencia Mexicana, Instituto de Investigaciones Eléctricas, UNAM, 10 y 11 de diciembre de 2001.
- IIE: *Curso de Actualización en Energías Renovables*, IIE, UNAM, Temixco, Morelos, Junio, 1991.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas: *3er. Coloquio Internacional sobre Oportunidades para el Desarrollo Ecológico del Istmo*, Octubre, 2002, PDF, [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)
- IPCC: *Tercer informe de evaluación sobre cambio climático 2001: impactos, adaptación y vulnerabilidad*, [www.pnuma.org](http://www.pnuma.org) (disponible en PDF)
- Jaksic, F.M.: *The first hundred years of the Revista Chilena de Historia Natural*, en *Revista Chilena de Historia Natural*, 1987.
- Jiménez Herrero, Luis: *Desarrollo sostenible: transición hacia la coevolución global*, Ed. Pirámide, 2000, Madrid, España.
- Jiménez Herrero, Luis: *Economía, Energía, Ecología y Medio Ambiente ante un Nuevo Paradigma*, Ed. Pirámide, 1982, Madrid, España, P.463.
- Jiménez San Vicente, Armando: *Perspectiva sobre estrategias, políticas y regulaciones energéticas en México*, Proyecto SEPCo, 10 de diciembre, 2001.
- Juárez Núñez, Antonio y Gay García, Carlos: *La energía solar: Gran ausente dentro del sector energético en México*, Universidad Autónoma de Puebla, ANES, 25/04/03, [www.anes.org/ar27-05-pdf](http://www.anes.org/ar27-05-pdf)
- Julia Carabias y Enrique Provencio: "El enfoque del desarrollo sustentable: una nota introductoria", en *Desarrollo sustentable. Hacia una política ambiental*, México, UNAM, 1993.
- Lash, Honathan: 6 Environmental stories to watch in 2004, en *Environmental Trends and Topics*, World Resources Institute/National Press Club Briefing for Journalist, 2005.
- Leff, E.: "De Quién es la Naturaleza. Sobre la Apropiación Social de los Recursos Naturales". *Gaceta Ecológica*, no. 3, INE/SEMARNAP, México, 1995.
- Leff, E.: "Pensar la Complejidad Ambiental", en *La Complejidad Ambiental*, colección "Aprender a Aprender", Siglo XXI/ CIICH-UNAM/ PNUMA, México, 2000.
- Leff, E.: *Ecología y Capital*, Siglo XXI/UNAM, México, 1994.
- Leff, E.: *Saber Ambiental: Racionalidad, Sustentabilidad, Complejidad, Poder*, Siglo XXI/ UNAM/ PNUMA, México, 1998.
- López Estrada, Horacio y Torres Reyes, Ernestina: *Ciclo combinado integrado a fuentes de energía renovables*, TSIA 13-01, CONAE, Instituto de Investigaciones Científicas de la Universidad de Guanajuato, 2001.
- López Pérez, Roberto: "Estadísticas del Medio Ambiente e Indicadores de Desarrollo Sustentable en México", en *Primer Taller Regional de Variables e Indicadores Ambientales*, PNUMA, San José, Costa Rica, Agosto 26-27, 2003, P. 347.
- Macera Ceruti, Omar: "México y el cambio climático global", en *Energía y Medio ambiente*, Año 4, No. 144, marzo, 2004.

- Mansour Mohammadian: *Bioeconomics. Interdisciplinary Study of Biology, Economics and Education*. 2004, Madrid, España, P. 320.
- Manuel Millor Mauri: "Viabilidad ecológica y la nueva geopolítica", en *Relaciones Internacionales*, México, julio-septiembre, 1994, No. 63
- Margalef, R.: *Ecología*. Planeta, Barcelona, España, 1992.
- Márquez Ayala, David: "Reporte Económico: PEMEX. Registro de Operaciones 1992-2002", en *La Jornada*, 14 de abril de 2003, p. 28.
- Martin, Claude: "WWF presenta un estudio sobre el alarmante estado del mundo", en *Ambiente y Sociedad*, año 5, no. 181, octubre, 2004, <http://www.ecoportat.net/content/view/full/36140>
- McNeil, J.R.: *Something New Under The Sun: An Environmental History Of The Twentieth Century World*, Global Century Series, 2001.
- Mcveigh, J.C.: *Wind Power: An introduccion to the applicanons*. Gathersburg md, 1977.
- Mercado, S.: "Ampliación del conocimiento del campo geotérmico de Cerro Prieto de 1967 a 1985", en *Boletín IIE*, Vol. 10 Núm. 3, Palmira, Mor., 1986.
- Mercado, S.: *Memoria XII Seminario Nacional sobre uso racional de la energía*. Nov., 1991.
- Montes, Nora Lina y Navarro, J.: "Desarrollo de la Planeación de la Industria Eléctrica Mexicana" en *Posibilidades y Limitaciones de la Planeación Energética en México*, Colegio de México 1998.
- Morillón G., David, Saldaña F., Ricardo y Miranda M. Ubaldo: *Atlas Bioclimático de la República Mexicana*, Energía y Ambiente del Instituto de Ingeniería, UNAM, PDF, [www.anes.org.mx](http://www.anes.org.mx)
- Muñoz Arce, Galo: "El desarrollo humano sostenible", en *Ambiente y Sociedad*. Año 4, No. 140, junio, 2003, <http://www.ecoportat.net/articulos/desarrollo.htm>
- Odum, Howard: *Hombre y Naturaleza, Bases Energéticas*, Ed. Omega, Barcelona, 1981, traducción de "Energy Basis for man and nature", MCGraw Hill, Inc. New York.
- ONU: *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, 1992, SRE, [www.sre.org.mx](http://www.sre.org.mx)
- Ortiz A. y Gutiérrez R.: *Desarrollo y Planeación del subsector de Hidrocarburos Posibilidades y Limitaciones de la Planeación Energética en México*, Colegio de México, México, 1988.
- Oswald Spring, Úrsula: *Fuente ovejuna o caos ecológico*, Colegio de Tlaxcala, CRIM-UNAM y Fundación Böll, México, 2002.
- Páez G., Armando: "Del Desarrollo a la Ecología Social", *Revista Mad*, No. 1, Septiembre, 1999, Departamento de Antropología, Universidad de Chile, <http://rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/mad/01/paper01.htm>
- Pearce, D. W. y Turner, R. K.: *Economía de los recursos naturales y del medio ambiente*, Colegio de Economistas de Madrid – Celeste ediciones, 1995.
- PEMEX: *El petróleo: Anuario Estadístico de PEMEX*, julio, 2002, varios números México, [www.rolac.unep.mx](http://www.rolac.unep.mx)
- Provencio, Enrique y Carabias, Julia: "El desarrollo sustentable: ¿Alternativa para América Latina?", en *Problemas del Desarrollo*, México, octubre-diciembre, 1992, año 4, no. 91, vol. XXIII.
- Quintanilla-Montoya, Ana Luz: *Sistema de evaluación tecnológico de las fuentes alternativas de energía (eólica y solar) para las comunidades rurales de la zona costera pacífico de Baja California, México*, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, México, Energy Action (AR 25-02 PDF), Febrero, 2002.
- Ramírez, R.: "La Electricidad en México" en *Con Ciencia Política y Pensamiento*, pdf.
- Red por una América Latina Libre de Transgénicos y World Rainforest Movement: "No a los Árboles Genéticamente Modificados como Sumideros de Carbono", en *Ambiente y Sociedad*, año 5, no. 186, diciembre 2004, [www.ecoportat.net/content/view/full/38093](http://www.ecoportat.net/content/view/full/38093)
- Reigota, Marcos: *Ecologistas*, Santa Cruz do Sul, Edunisc, 1999.
- Rincón Mejía, Eduardo: *Las energías renovables como base del desarrollo sostenible en México*, ANES/UAM, 2002.

- Rodríguez, Dora: "Tecnología, competitividad y medio ambiente", en *Relaciones Internacionales*, México, julio-septiembre, 1994, No. 63.
- Rodríguez, Israel/ Cardoso, Víctor y Zúñiga, Juan Antonio: "En dos años cayeron 38% las reservas probadas de petróleo" en *La Jornada*, 20 de mayo de 2003, p.18.
- Sachs, W.: "Sustainable Development" en *The International Handbook of Environmental Sociology*. Edward Elgar, Redcliff & Woodgate (eds), Cheltenham, G.Bretaña, 1997.
- Santa Martha, José: "Políticas para frenar el cambio climático", en *World Watch*, Climate Action Network, <http://www.nodo50.org/worldwatch>.
- Santa Martha, José: "Un día sin coche no basta". en *Ambiente y Sociedad*, año 5, no. 176, septiembre, 2004, [www.econet.org](http://www.econet.org)
- Secretaría de Energía: *Balance Nacional de Energía 2002*, SENER, [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)
- Secretaría de Energía: *Programa energía y medio ambiente hacia el desarrollo sustentable*, sener-semarnat, 2002, P. 117.
- SENER: *Las Energías Renovables en la Política de Desarrollo Energético Sustentable*, Subsecretaría de Política y Desarrollo Tecnológico, en Feria Internacional sobre Minihidráulica, Orzaba, Veracruz, 30 de Agosto, 2002.
- Sordo, A. M.: *Exploración y Explotación. Posibilidades y Limitaciones de la Planeación Energética en México*, Colegio de México, 1988.
- Stavrakakis, Yannis: "Fantasía verde y lo Real de la naturaleza: Elementos de una crítica lacaniana del discurso ideológico verde", en *Tópicos en Educación Ambiental*, vol. 1, no. 1, 1999, pp.47-58
- Tainter, Joseph A.: *The Collapse of Complex Societies*, New York: Cambridge University Press, 1988.
- Tietenberg, T.: *Environmental and natural resource economics*, Addison Wesley, 2002.
- Tonda, Juan: *El oro solar y otras fuentes de energía*, Colección "La Ciencia para Todos", No. 119, SEP, FCE, CONACYT, México, 1998, P. 115.
- Ulrico von Weizsäcker, Ernest/ Lovins, Amore B. y Lovins, L. Hunter: *Factor 4. Duplicar el bienestar con la mitad de recursos naturales*. Ed. Círculo de Lectores. 1997, Barcelona, España.
- Uranga Favela, Iván: *Realidad Energética Mexicana*, ATPAE, México, 2003 (inédito).
- Villegas Moreno, Gloria.: *La Industria Petrolera en México. Cronología 1857-1988*, PEMEX, México, 1988.
- Vio, Francisco: "La Sociedad Ecológica. Nuevos Paradigmas, Ecología y Desarrollo", en *El Desarrollo Social. Tarea de Todos*, Comp. Carlos Contreras, Santiago: Comisión Sudamericana de Paz, Seguridad y Democracia, 1994, P. 246.
- Wallerstein, Immanuel: *Ecología y Costes de Producción Capitalistas*, jornadas PEWS XXI, The Global Environment and the World-System, Universidad of California, Santa Cruz, en *Iniciativa Socialista*, No. 50, 3-5 de abril, 1997.
- Wionczek, Miguel, Gutiérrez, Roberto, Guzmán, Oscar M.: *El Sector Energético de México, Posibilidades y Limitaciones de la Planeación Energética en México*, FCE, México, 1988.
- World Resources Institute: "How much sustainable development can we expect from the Clean Development Mechanism", en *Climate notes*, Climate Protection Initiative, Noviembre, 2000, P. 16.
- Worldwatch Institute: *La situación del Mundo. La sociedad de Consumo*, ICARIA, Barcelona, España, 2004, P.55.
- Yabar Sterling, Ana Ma.: *Seminario Instrumentos Económicos de Protección Ambiental (Apuntes)*, UCM, 2004, UCM, Madrid, España.

## Relación de Cuadros

1.1.	Etapas del consumo histórico de energía.....	10
1.2.	Paradigmas medioambientales.....	22
1.3.	Clasificación esquemática de las fuentes de energía.....	30
1.4.	Productos derivados del petróleo.....	40
1.5.	Gases efecto invernadero en los que influyen las actividades humanas.....	43
1.6.	Cambios en la atmósfera, clima y sistema biológico terrestre durante el siglo XX.....	47
1.7.	Ejemplos de fenómenos de variabilidad climática y episodios climáticos extremos y ejemplos de sus impactos.....	50
1.8.	Costos de generación y requerimientos de inversión.....	65
2.1.	Los diez principales productores, exportadores y consumidores de petróleo 2002.....	69
2.2.	México: Producción, exportación y reservas de hidrocarburos.....	72
2.3.	México: Perforación y explotación de pozos de hidrocarburos.....	72
2.4.	México: Producción, exportación e importación de gas natural.....	75
2.5.	Evolución de la generación de energía eléctrica por empresa de origen 1944-2003.....	76
2.6.	Capacidad instalada de generación de electricidad.....	77
2.7.	México: producción de energía acumulada por periodos 1995-2001.....	79
2.8.	México: Crecimiento porcentual de la producción de energía 1965-2001.....	80
2.9.	México: Importación-exportación de energía México: Importación-exportación de energía.....	81
2.10.	México: Consumo de energía en la generación eléctrica.....	82
2.11.	México: Consumo final de energía por sectores 2001.....	83
2.12.	México: Consumo final sector transporte.....	84
2.13.	México: Consumo final de energía por industria I.....	85
2.14.	México: Consumo final de energía por industria II.....	86
2.15.	México: Consumo por sector 2001.....	87
2.16.	México: Consumo final de energía eléctrica por sector 2001.....	87
2.17.	México: Producción y reservas de hidrocarburos 1995-2002.....	89
2.18.	México: reservas de hidrocarburos.....	90
2.19.	PEMEX: Estadísticas básicas de operación.....	92
2.20.	PEMEX: Exportaciones de crudo por país de destino.....	93
2.21.	Consumo de energía por habitante en varios países del mundo 1990-2001.....	98
2.22.	México: Elasticidad de la energía eléctrica.....	99
2.23.	Países con mayores emisiones totales de carbono por quema de combustibles fósiles.....	102
2.24.	México: Emisiones de CO <sub>2</sub> al 2010.....	104
2.25.	México: Eficiencia energética en termoeléctricas.....	106
2.26.	México: Generación en plantas termoeléctricas por tipo 2002.....	107
2.27.	México: Emisión de Contaminantes a la atmósfera. Plantas Termoeléctricas 2002.....	108
3.1.	UE: Consumo Interior Bruto en 1998.....	118

3.2.	Plantas Geotérmicas en el Mundo 1990.....	144
3.3.	Países de América Latina y el Caribe en el Mercado MDL.....	157
3.4.	El futuro de las energías renovables en México.....	160

## Gráficas

1.1.	Consumo de energía por persona en diferentes civilizaciones.....	11
1.2.	Huellas ecológicas regionales.....	12
2.1.	Emisiones de CO2 por región 2002.....	101
2.2.	México: Emisiones de bióxido de carbono por sector.....	103
3.1.	Cambios en la actividad económica y salud de los ecosistemas.....	111
3.2.	UE: Balance Energético.....	114
3.3.	UE: Dependencia por fuentes de energía.....	115
3.4.	UE: Producción energética en la UE por fuentes de Energía.....	116
3.5.	UE: Consumo Interior Bruto de Energía % (1998).....	117
3.6.	Generación eléctrica acumulada y ahorro equivalente de petróleo en Cerro Prieto.....	142
3.7.	México: Producción de energía por fuente 2001.....	156

## Figuras

1.1.	Relaciones sistémicas en el sistema global.....	16
1.2.	Proceso de calentamiento global de la tierra.....	45
3.1.	Secuencia de transformaciones de energía en centrales termoeléctricas tipo vapor.....	138
3.2.	Esquema de una central termoeléctrica tipo vapor.....	140
3.3.	Esquema de una central geotérmica.....	141

## Mapas

2.1.	México: instalaciones petroleras.....	73
3.1.	Proyectos Geotérmicos, Eólicos, Solares y Micro-hidráulicos.....	136
3.2.	México: Potencial geotérmico.....	143
3.3.	México: Radiación solar en la república mexicana.....	146