



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES

ENERGÍA RENOVABLE PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE: EL PROTOCOLO DE KIOTO, EXPERIENCIAS INTERNACIONALES Y EL CASO DE MÉXICO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADA EN RELACIONES INTERNACIONALES PRESENTA CAROLINA FUENTES CASTELLANOS

ASESOR: MTRO. CÉSAR DELGADO BALLESTEROS

MÉXICO, D.F.

ENERO, 2002





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.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis pertenece al conjunto de personas e instituciones que me brindaron su tiempo, experiencias, apoyo y dirección durante el periodo de investigación, redacción y revisión de la misma.

A Irma Castellanos Adorno y Luis Fuentes Hernández, mis papás, quienes con su ejemplo me han enseñado el sentido de la familia, del amor y del trabajo. Gracias por su apoyo para terminar esta tesis. A Guadalupe, mi hermana, quien me ayudó con varios detalles en la redacción de este trabajo, y a Toño, mi hermano, con todo mi cariño por su apoyo. Los quiero mucho.

Mi reconocimiento y agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México y a mis maestros de la Licenciatura en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, en especial al Mtro. César Delgado, mi asesor de tesis, quien me orientó en el desarrollo de la investigación y me brindó la oportunidad de colaborar en la UNAM como su ayudante. Gracias maestro por su amistad.

Mi sincero agradecimiento a la Mtra. Julia Carabias Lillo, por haber aceptado participar como sinodal de este trabajo, y haber dedicado su tiempo a la lectura y revisión del mismo. Sus comentarios y observaciones han sido de fundamental importancia en el resultado final de esta tesis.

A mis sinodales el Mtro. Roberto Peña, el Dr. Enrique Contreras y el Mtro. Juan Palma, por su dedicación a la revisión de esta tesis y sus invaluable sugerencias para mejorarla.

A mi Mtra. Virginia García Jiménez, quien en la escuela primaria me enseñó la importancia del ambiente y los perjuicios de la contaminación, y me incentivó a realizar mis primeros trabajos sobre el tema y a dar pláticas en otras escuelas. Gracias por sus enseñanzas y por su ejemplo de responsabilidad.

A mi abuelita Ma. de Jesús Adorno, a quien quiero mucho y admiro por su fortaleza inagotable, y a mi abuelito Francisco Castellanos Martínez, quien vive aún en sus historias y cuentos, y fue un ejemplo de trabajo y dedicación.

A mis abuelos Mamá Lupe y Antonio Fuentes Torres, y a Lenita con todo mi cariño y mis recuerdos para ellos.

A toda mi familia en Tabasco, tíos, tías, primos y primas, en especial a Citlalli Ortiz Castellanos y a Zaira Rodríguez Castellanos.

A César Verónica, Tere Aréchiga, Jessica, César, y en especial a mi prima Claudia, quien ha sido una gran amiga desde la primaria, con todo mi cariño.

A Julia Fuentes, Hilario Ortega, Carlina, Sol, Eduardo e Ignacio con mi afecto.

A Ghiganni, Pilar y Magali, mis amigas de la Universidad, con quienes compartí desvelos, exámenes, momentos de tensión y también de alegría; mi gratitud y admiración para ellas.

A Javier León Herrera, mi gran amigo español a quien dedico el apartado sobre Albacete, y expreso mi admiración por sus libros. Mis deseos de verlo pronto.

A Remi Rijs Rutten, quien me brindó información sobre energía eólica, me orientó para encontrar información sobre energía en Internet y me envió fotos de molinos y aerogeneradores en Holanda, gracias por tu amistad.

A Mariana Tapia Luna, mi amiga de toda la vida, muchas gracias por tu gran amistad y apoyo. Con todo cariño.

A Raúl Ortiz, un excelente amigo, gracias.

A Indran Amirthanayagam, mi agradecimiento por tus consejos y apoyo, y mi sincero reconocimiento a tu labor diplomática y literaria. Con todo cariño.

A Debora Ley, mi gratitud por su amistad y ayuda con información sobre energías renovables en los Estados Unidos, así como por el tiempo dedicado a revisar algunas traducciones. Espero sigamos trabajando juntas y presentando ponencias.

Al Dr. Shem Arungu-Olende de las Naciones Unidas, por compartir conmigo y con mi hermano sus experiencias como funcionario internacional y su percepción sobre las energías renovables y los problemas sociales.

A la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, institución pública comprometida con el bienestar del país a través de la eficiencia energética y la promoción de las energías renovables, a la que expreso mi admiración y agradezco el brindarme un espacio para trabajar por México.

Al Ing. Odón de Buen Rodríguez y a la Lic. Leticia Acacio Trujillo, mi reconocimiento a su trabajo como funcionarios al frente de la institución.

A Francisco Márquez Mendoza, mi jefe, le agradezco su apoyo para la realización de la tesis y sus explicaciones sobre conceptos y el funcionamiento de los sistemas de energía renovable, muchas gracias.

A Martín Gómez, un gran compañero de trabajo a quien espero le guste el capítulo sobre Alemania. A Margarito Sánchez, Alejandro Patiño, el Ing. Federico Hungler, el Ing. Gustavo Domínguez y el Dr. Gaudencio Ramos mi gratitud.

A Chivis y Yola con mucho cariño y agradecimiento por su amistad y ayuda en el trabajo. También mi agradecimiento afectuoso para Paty Bilbao, Male, Mariel, Mary, Silvia Mariella Olmedo, Etienne Denis, y mis demás amigos en la Conae.

A todas las personas comprometidas con los temas de energía, ambiente y cambio climático, y a quienes también considero mis amigos: Gray Lowrey, la Biól. Julia Martínez, David Antonioli, Ubaldo Inclán, Michael P. Ross, Dr. Jorge Huacuz, entre otros.

Al Instituto Matías Romero de Estudios Diplomáticos de la Secretaría de Relaciones Exteriores, a la Secretaría de Energía, al Centro de Investigación en Energía, al Programa Universitario de Energía y al Instituto de Ecología de la UNAM, al Colegio de México, a la Asociación Nacional de Energía Solar, al Instituto Mexicano del Petróleo y al Instituto de Investigaciones Eléctricas, instituciones en las que encontré información para la elaboración del trabajo.

A la Universidad Iberoamericana, por la experiencia adquirida durante mi trabajo como ayudante de profesor, y al Mtro. Alfredo Gutiérrez por sus enseñanzas sobre el conocimiento complejo.

Este trabajo de tesis ha sido un buen pretexto para compartir momentos agradables con todos ustedes.

Gracias a Dios.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1 LA ENERGÍA, CONCEPTOS Y DEVENIR	12
1.1 Energía. Conceptos básicos	12
1.1.1 Energía potencial y energía cinética	14
1.1.2 Tipos de energía	15
1.2 Las energías renovables	18
1.2.1 Energía solar	19
1.2.2 Energía eólica	22
1.2.3 Energía minihidráulica	25
1.2.4 Energía de la biomasa	27
1.3 La energía en la historia de la humanidad: del fuego al átomo	31
2 ENERGÍA, AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE: UN ESFUERZO INTERNACIONAL	39
2.1 Combustibles fósiles y ambiente	39
2.1.1 Contaminación del aire	39
2.1.2 Contaminación asociada a la industria de los combustibles fósiles	41
2.1.3 Lluvia ácida	43
2.1.4 Efecto invernadero y cambio climático	44
2.2 El desarrollo sostenible	53
Energía y desarrollo sostenible	61
2.3 Derecho internacional ambiental y algunas conferencias internacionales en materia de energía y ambiente	64
2.3.1 El derecho internacional ambiental (DIA)	64
2.3.2 Conferencia de Estocolmo	67
2.3.3 Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables	71
2.3.4 El Informe Brundtland	72
2.3.5 Algunas otras Conferencias en la materia	75
2.3.6 La Cumbre de Río	78
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático (CMNUCC)	81
Agenda 21	88
Hacia el Protocolo de Kioto	90
2.3.7 El Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP-3)	91

2.3.7.1	Sexta reunión de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (COP-6)	97
2.3.7.2	Reunión 6.2 de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (COP 6.2)	98
2.3.7.3	Séptima reunión de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (COP-7). Percepciones sociales	102 104
3	LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL Y SU SITUACIÓN EN MÉXICO	109
3.1	Experiencias internacionales	109
3.1.1	Las energías renovables en los Estados Unidos	109
	La energía eólica en los EE.UU.	113
	La energía solar en los EE.UU.	114
3.1.2	Las energías renovables en la Unión Europea	116
3.1.3	Las energías renovables en Dinamarca	121
	La energía eólica en Dinamarca	124
3.1.4	Las energías renovables en Alemania	126
	La energía eólica en Alemania	131
3.1.5	Las energías renovables en España	133
	Legislación desarrollada para las ER	134
	La energía eólica en España	136
3.1.6	Las energías renovables en la India	141
	La energía solar en la India	145
3.2.	El caso de México	147
3.2.1	Las energías renovables en México: el recurso y las instituciones	147
3.2.2	Aprovechamiento de las energías renovables en México	154
	Electrificación rural con fuentes renovables de energía	160
	Algunos Proyectos y desarrollos actuales	162
3.2.3	El sector eléctrico	163
3.2.4	México frente al cambio climático en el contexto internacional	165
3.3	Prospectiva	175
	CONCLUSIONES	179
	Bibliografía y publicaciones oficiales	186
	Hemerografía, ponencias	188
	Otros medios, direcciones electrónicas y cursos	189 -190

ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICAS Y FIGURAS

Tabla 1.	Emisiones de CO ₂ en la generación de electricidad	30
Gráfica 1.	Consumo de energía por el hombre en sus diferentes etapas de desarrollo	38
Gráfica 2.	Evolución histórica del consumo de energía	38
Figura 1.	Efecto invernadero	44
Tabla 2.	Concentraciones y vida atmosférica de los gases de efecto invernadero.	45
Tabla 3.	Impacto climático por regiones (IPCC)	49
Gráfica 3.	Porcentajes regionales de emisiones de CO ₂ , 1998	51
Tabla 4.	Emisiones de CO ₂ por país, 1998 (Mt)	51
Tabla 5.	Agenda 21	60
Tabla 6.	Principios de la Declaración de Estocolmo	68
Figura 2.	Perturbación humana del ciclo del carbono	107
Gráficas 4 y 5.	Aumento en las concentraciones de dióxido de carbono y metano, 1700-2000	107
Gráfica 6.	Variaciones en la temperatura de la superficie de la Tierra durante los últimos 1,000 años	108
Gráfica 7.	Variaciones en la temperatura de la superficie de la Tierra durante los últimos 140 años	108
Tabla 7.	Políticas de fomento a las ER en países de la UE	119
Gráfica 8.	Capacidad de generación eléctrica con ER en Europa	119
Gráfica 9.	Capacidad de generación eléctrica con ER en la Unión Europea (GW)	120
Tabla 8.	Contribución de la energía eólica a la reducción de emisiones de CO ₂ de la Unión Europea	120
Tabla 9.	Crecimiento de la capacidad eólica instalada en España 1994-1998	137

Gráfica 10.	Estructura de la producción de energía primaria, 1999 (9, 314.508 petajoules)	158
Gráfica 11.	Porcentajes de generación eléctrica por energético primario, 1998	158
Gráfica 12.	Emisiones de gases de invernadero en México, 1999 (Gg)	167
Gráfica 13.	Emisiones de dióxido de carbono en México, 1990 (Gg)	167
Tabla 10.	Vulnerabilidad de la República Mexicana frente al cambio climático	169
Tabla 11.	Capacidad instalada de ER en países seleccionados	174
Gráfica 14.	Proyecciones de participación de las ER en el portafolio energético futuro	175
Gráfica 15.	Costos de algunas tecnologías de ER al año 2000 con proyecciones al 2010	178

INTRODUCCIÓN

La segunda mitad del siglo XX se caracteriza por un incremento sin precedente de los asuntos de competencia internacional. La conformación de bloques regionales, la expansión acelerada de tecnologías de información, la proliferación de organizaciones civiles, el crecimiento de los intercambios comerciales, así como la advertencia de problemas ambientales de interés común, son algunos de los factores que han motivado la expansión del campo de estudio de las Relaciones Internacionales (RR.II.) y el aumento en los temas de la agenda política internacional.

De manera particular, a partir de los años setenta el evidente deterioro antropogénico de las condiciones naturales del planeta dio origen a la movilización internacional en materia de ambiente y desarrollo. Esta incipiente sensibilidad ambiental en diversos puntos del orbe cristalizó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano, celebrada en Estocolmo, Suecia en 1972, y considerada un hito en la historia de la humanidad como pionera en reunir al concierto de naciones en torno a cuestiones ambientales como materia común.

A Estocolmo le han sucedido múltiples reuniones bilaterales y multilaterales dedicadas al análisis de los problemas ambientales, entre las que destacan, en su carácter marco, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), realizada en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil, en el año de 1992, y la próxima Conferencia de la Tierra a celebrarse en Johannesburgo, Sudáfrica en el año 2002. El conjunto de eventos orientados a la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales comprende casi 30 años de negociación y trabajo internacional, período de avances sustantivos que se reflejan en la existencia de estudios como el Informe Meadows y el trabajo de la Comisión Brundtland, así como numerosos tratados, resoluciones, acuerdos y protocolos, que hoy son fuente del derecho internacional ambiental, y como tal, señalan el deber hacer de los pueblos en torno al desarrollo y el resguardo del ambiente. El acervo de instrumentos resolutivos producto de estos encuentros da cuenta de sucesos relevantes, como el origen del concepto de desarrollo sostenible, y los acuerdos y discrepancias entre naciones en torno a temas específicos de interés común. Debido a la relevancia que progresivamente han adquirido los asuntos ambientales en la agenda mundial, se considera que:

Entre siete de las grandes transformaciones del sistema internacional (se encuentra) la creciente y rápida degradación del medio ambiente que cada vez recibe más atención académica y política. En este tema, los estados-nación -fuertes o débiles- se enfrentan a problemas que sencillamente están más allá de su capacidad para resolverlos unilateralmente, y ante los cuales la fuerza les sirve de poco.¹

¹ Sergio Aguayo Quezada y Bruce Michael Bagley (Comps.), *En busca de la seguridad perdida. Aproximaciones a la seguridad nacional mexicana*, Siglo veintiuno editores, México, 1990, pág. 25. Las otras seis transformaciones son el ocaso del colonialismo y el surgimiento y consolidación del nacionalismo en los pueblos y estados del Sur, la decreciente efectividad de la fuerza militar, la creciente prosperidad económica de Europa después de la SGM, la progresiva integración o interdependencia de la economía mundial, la diplomacia ciudadana y el colapso de los países de economía socialista de Europa del Este.

Entre estos asuntos figura la contaminación del aire, el deterioro de mares y costas, la acidificación de suelos, la lluvia ácida y el cambio climático, fenómenos, todos ellos, relacionados en mayor o menor medida con las prácticas convencionales de producción y consumo de energía.

De acuerdo a datos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), 80% de la demanda mundial de energía se satisface con petróleo, carbón y gas natural, recursos fósiles que liberan monóxido de carbono y dióxido de carbono (CO y CO₂) metano (CH₄), óxidos de azufre (SO_x), y óxidos de nitrógeno (NO_x) al ser transformados en energía secundaria² a través de la combustión.

El monóxido de carbono (CO) es responsable de la formación de humos opacos, y los óxidos de azufre y nitrógeno (SO_x y NO_x) forman ácidos que al entrar en contacto con el agua o vapor de agua de las nubes, ocasionan la lluvia ácida que al caer acidifica suelos y lagos, y daña desde árboles hasta monumentos. Otro de los efectos ambientales nocivos relacionados con el uso de la energía son los problemas de contaminación del mar como consecuencia de derrames petroleros.

A los anteriores problemas de contaminación se suma la advertencia de que ciertas emisiones del uso de energía de origen fósil inciden también en el sistema climático. El metano y el dióxido de carbono (CH₄ y CO₂), son gases que se encuentran de manera natural en la capa más baja de la atmósfera, conocida como troposfera, y junto con el ozono, el vapor de agua, el óxido nitroso y los clorofluorocarbonos, absorben y retienen parte de la radiación infrarroja proveniente del sol a manera de invernadero, efecto que permite que la temperatura del planeta sea apta para la vida, ya que sin su existencia se estima que la temperatura de la Tierra sería de apenas -13°C.

Sin embargo, el aumento de las concentraciones atmosféricas de estos gases como resultado de actividades humanas, amenaza la estabilidad climática como consecuencia de una mayor retención de calor. A finales del siglo XIX, el científico sueco *Sveden Arrhenius* señaló la existencia de alteraciones en la temperatura de la Tierra ocasionadas por el aumento en las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) en su atmósfera; sin embargo, es hasta los años setenta que se comienza a brindar atención al fenómeno.

El efecto invernadero artificial incide directamente sobre el clima al afectar las condiciones físicas de la atmósfera, por lo que sus repercusiones son conocidas como *cambio climático*. De acuerdo al Tercer Reporte del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés)³ dado a conocer en febrero de 2001, se estima un aumento en las temperaturas mundiales de entre 1.4 a 5.8° C para el año 2100, datos que rebasan las anteriores estimaciones⁴. De materializarse estas

² Energía que ha sido transformada de su forma natural o primaria para cubrir alguna aplicación específica.

³ Grupo de investigación establecido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial en 1988, con el objeto de proporcionar a los tomadores de decisiones y al público en general un mejor entendimiento en torno al fenómeno del cambio climático.

⁴ Cálculos previos del IPCC ubicaban el potencial de aumento de las temperaturas entre 1 a 3°C.

proyecciones las consecuencias serán devastadoras; se prevén drásticas perturbaciones climáticas por regiones, entre las que se encuentra el deshielo de los polos glaciares, un subsecuente aumento en el nivel del mar de entre 11 a 88 cm para fines del presente siglo, la desaparición de amplias zonas costeras, cambios en los flujos marinos y de viento, crisis agrícolas debido a un cambio en las zonas climáticas, huracanes, lluvias torrenciales y prolongadas sequías, como consecuencia de un efecto conocido como ciclo hidrológico intensificado.

Actualmente el cambio climático es un fenómeno comprobado científicamente y las evidencias sobre su existencia son concluyentes. El debate se centra en el grado de aumento de las temperaturas y sus escenarios de riesgo. En cualquiera de los casos, las consecuencias serán de naturaleza global; ya que, al ser la atmósfera un patrimonio común de la humanidad, todos los países, grandes y pequeños, desarrollados y en desarrollo, comparten el riesgo que plantean los trastornos climáticos al bienestar de los pueblos y, en última instancia, al futuro de la vida en la Tierra.

La atmósfera es un bien público arquetípico al igual que su capacidad de carga para asimilar contaminantes. Puede asumirse también como un recurso común ambiental.⁵

Incluso, algunos autores identifican la posibilidad del calentamiento terrestre y la destrucción de la capa de ozono como las principales amenazas a la seguridad internacional.⁶ Ciertamente la atmósfera es una condición esencial para la vida de todas las criaturas terrestres, por lo que es necesario asumir que su constitución es delicada.

La atmósfera terrestre es una delgada capa luminosa que no es más ancha que unos kilómetros ni más extensa que la distancia que recorreremos en menos de diez minutos en un auto a gran velocidad. En esa delgada capa está, sin embargo, toda la vida que se conoce en el Universo, ahí es donde ahora vivimos y donde vivirán nuestros hijos, nuestros nietos, nuestros bisnietos, y toda la vida y humanidad que tomará nuestro lugar en los años y siglos por venir. Hemos ido consumiendo en unas cuantas décadas, recursos que, como los combustibles fósiles, tomaron miles de años en tomar la forma útil en la que los utilizamos. Al consumirlos, hemos depositado en la delgada capa luminosa en que vivimos, residuos y compuestos que han alterado el delicado balance del complejo sistema que allí existe y del cual somos parte. Es tiempo, por tanto, de nuevos quehaceres, de limpiar la casa, de reparar los daños.⁷

Estos imperativos hoy son reconocidos por numerosos individuos, grupos e instituciones alrededor del mundo. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha identificado éste y otros problemas de contaminación como de naturaleza global y responsabilidad común, por lo que ha convocado a conferencias y reuniones internacionales para su discusión y análisis. Debido a que las responsabilidades en

⁵ Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sostenible (Cespedes), *Después de Kioto: México y el cambio climático*, México, Consejo Coordinador Empresarial, 1998, pág. 10.

⁶ C. Tickell, "Climatic change and world affairs", en la revista *Harvard studies in international affairs*, núm. 37, Cambridge, Center for International Affairs, Harvard University Press, 1977.

⁷ Ing. Odón de Buen R., Palabras de clausura del "ISES Millennium Solar Forum 2000 México", México, Teotihuacan, 22 de septiembre de 2000.

cuestión de cambio climático son comunes pero diferenciadas, pues la carga de contaminación de los países de industrialización temprana es mucho mayor que la de los países en desarrollo, el fenómeno plantea a la comunidad internacional el reto de hallar fórmulas adecuadas para una acción coordinada y respetuosa de las asimetrías y capacidades propias de cada país.

Aún los realistas más intransigentes se han visto obligados a aceptar que amenazas ambientales como la lluvia ácida y el calentamiento global, no pueden ser detenidas en las costas ni sometidas por la fuerza militar; es evidente que se requiere de una cooperación internacional concertada y sostenida.⁸

Como producto de tal búsqueda, de forma paralela al desarrollo de la Cumbre de Río, se abrió para su firma la *Declaración de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, primer instrumento que aborda de manera específica esta problemática. Más tarde, en 1997, ante la necesidad de contar con un instrumento jurídico vinculante en la materia, se negoció el *Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, documento en cuyo texto se marcan compromisos cuantitativos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para los países desarrollados clasificados como Anexo 1, y se definen mecanismos para llevar a la práctica soluciones compartidas pero diferenciadas por los países signatarios.

Para llevar a efecto sus preceptos, la Conferencia de las Partes (COP)⁹ se ha reunido de forma anual en ciudades como Buenos Aires, Bonn y la Haya. Estas negociaciones constituyen un importante referente en cuanto a canales innovadores de interacción entre los pueblos; en sus documentos resolutivos —así como en otros instrumentos de derecho internacional ambiental—

(l) la comunidad internacional está aceptando principios que no había admitido antes, tales como el de consulta, el de notificación, el de precaución, y mecanismos que antes resultaban inaceptables, como el de presentación de informes obligatorios, revisión, escrutinio de cumplimiento de sus obligaciones, etc.¹⁰

No obstante, la creación de un instrumento tan sofisticado como el comúnmente denominado *Protocolo de Kioto* ha generado conflictos de intereses entre países y enfrenta dificultades para entrar en operación, como se pudo apreciar en la COP-6 celebrada en la Haya, Holanda, en el mes de noviembre del año 2000, en la que no se logró alcanzar acuerdos tras arduas negociaciones. De tal forma, para finales del año 2000 no se registraban avances concretos, y en el mes de marzo del año 2001, el proceso de Kioto sufrió otro revés, cuando la recientemente electa administración norteamericana anunció su retiro del Protocolo, reduciendo así las posibilidades de alcanzar un acuerdo para su operación en el año 2001. En ese contexto se realizó la "Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 6.2 (COP 6.2)" en la ciudad de Bonn, Alemania, del 16 al 27 de julio

⁸ Sergio Aguayo Quezada, *Op. Cit.*, pág. 25.

⁹ Órgano Supremo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

¹⁰ Andrés O. Adede, *Digesto de Derecho Internacional Ambiental*, México, Secretaría de Relaciones Exteriores, 1995, pág. 15.

de 2001, como continuación de la Conferencia de la Haya. Contra las expectativas desfavorables, en la COP 6.2 los ministros de medio ambiente de 180 países alcanzaron un acuerdo político que allana el camino para que el Protocolo de Kioto pueda entrar en vigor. En su negociación fue fundamental el respaldo de Japón frente a la abstención de los Estados Unidos, país que asistió pero no participó en la Conferencia. Los resultados de Bonn serán retomados en la "Conferencia de las Partes de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 7 (COP-7), a celebrarse en Marrakech, Morocco, del 29 de octubre al 9 de noviembre de 2001.

Mientras tanto, resulta necesario indagar los artificios que permitirán darle vida a la letra de este instrumento internacional. En el sector energía, se requiere de la aplicación de políticas de eficiencia energética y la disminución en el consumo de petróleo, carbón y gas natural, en orden de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Sin embargo, ningún país puede prescindir de la energía ni disminuir sensiblemente su consumo, por el contrario, se prevé un considerable aumento en la demanda de energía en ciertos países en desarrollo¹¹. Según cálculos de la División de Población de las Naciones Unidas, las expectativas de crecimiento demográfico a nivel mundial indican que hacia el año 2050 se necesitará energía para satisfacer los requerimientos de entre 7,000 y 11,000 millones de personas¹². En dicho horizonte, la extrapolación de las prácticas energéticas actuales ocasionaría presiones sobre la oferta de combustibles fósiles –lo cual conlleva implicaciones políticas y de mercado-, y acentuaría la actual dialéctica entre energía y ambiente, exacerbando el potencial dañino de fenómenos como el cambio climático. Sin embargo, no se prevén disminuciones en el consumo de los energéticos convencionales; Estados Unidos, la principal economía del mundo ha anunciado en su plan energético más reciente (*National Energy Policy*) que,

Las estimaciones indican que durante los siguientes 20 años, el consumo de petróleo de los Estados Unidos aumentará en 33%, y el consumo de gas natural en alrededor de 50%.¹³

En México, según datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) para el año 2000¹⁴, la población asciende a 97.5 millones de personas, y registra una tasa de crecimiento anual de 1.9%, lo que nos permite advertir la necesidad de incrementar la oferta energética para satisfacer una mayor demanda y elevar el nivel de vida de los mexicanos. No obstante, estos requerimientos crecientes de energía no podrán ser satisfechos exponencialmente bajo cánones convencionales, al menos, así lo indica la amplia cartera de problemas asociados a los combustibles

¹¹ Se estima que el 90% de las necesidades energéticas mundiales se registrará en los países en desarrollo debido al incremento de su población.

¹² La División de Población de las Naciones Unidas estima que hacia el año 2050 la población mundial se ubicará entre 7, 700 y 11,000 millones de personas. Este organismo ha manifestado que, de acuerdo al cálculo "más probable", la población ascenderá a un aproximado de 9,400 millones, no obstante, admite que esta expectativa podría duplicarse.

¹³ National Energy Policy Development Group, *National Energy Policy. Reliable, affordable and environmentally sound energy for America's future*, May, 2001, Washington DC, US Government printing office, pág. X.

¹⁴ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Estados Unidos Mexicanos, XII Censo de Población y Vivienda 2000, www.inegi.gob.mx.

fósiles. Esto se inscribe en el entendimiento de que no es posible ni deseable que los países en desarrollo sigan las líneas de crecimiento que en su momento guiaron a los países industrializados.

Ante estas circunstancias, se precisan tecnologías adecuadas que permitan cubrir los requerimientos energéticos sin descuidar las exigencias ambientales. Desde hace ya varias décadas existen tecnologías capaces de generar energía más limpia a partir de la energía del sol, la del viento, la del agua y la de la materia orgánica; elementos que constituyen una fuente inagotable de energía en términos de la vida del ser humano sobre el planeta. Aunque estas manifestaciones energéticas han sido aprovechadas desde tiempos inmemoriales, en la actualidad los avances tecnológicos permiten obtener de estas fuentes un gran número de aplicaciones con mayor eficiencia. Estos recursos tienen el potencial para satisfacer el total de las necesidades energéticas globales y, a diferencia de los energéticos convencionales, se encuentran distribuidos más uniformemente en el planeta. Genéricamente, se conocen como energías renovables y comprenden un amplio número de manifestaciones, entre las que se encuentra la energía solar (sol), la energía eólica (viento), la energía minihidráulica (ríos y pequeñas caídas de agua), y la energía de la biomasa (materia orgánica), que serán analizadas para efecto de la siguiente tesis.

El uso de estas fuentes de energía es una realidad en diversos puntos del orbe. En España y Alemania la energía eólica y solar experimenta un crecimiento sin precedente; la Unión Europea tiene la meta de generar 12% de su energía a partir de fuentes renovables para el año 2010, y 50% para el 2050; y la India posee un ambicioso plan para el aprovechamiento de sus recursos de energía renovable, por citar algunos ejemplos.

Aunque los costos de generación de las ER son mayores a los de la energía convencional, su utilización es competitiva en muchas circunstancias y contextos. Los dispositivos para transformar la energía del sol en electricidad son comúnmente utilizados en las misiones espaciales que requieren una fuente de energía segura, confiable y autorecargable. En áreas remotas, en las que resulta muy costoso llevar servicios energéticos convencionales, las energías renovables han mostrado ser mucho más económicas y permitir el desarrollo de actividades productivas que redundan en derramas económicas regionales. Además, en los últimos años, el costo de las tecnologías para su transformación ha registrado un vertiginoso descenso.

Sin embargo, prevalece el desconocimiento en torno a estas opciones energéticas que en muchas ocasiones se asumen como tecnologías futuristas y/o marginales. En tanto las tecnologías de ER son una vía técnica fundamental para aterrizar los preceptos internacionales de disminución de CO₂, y sentar las bases para alcanzar un desarrollo sostenible, considero prioritario el conocimiento de estas opciones de generación de energía, y el análisis de sus repercusiones políticas y sociales.

La coyuntura internacional de impulso y fomento de acciones precautorias frente al cambio climático, se constituye como un elemento a favor de una participación cada vez mayor de estas fuentes de energía. A su vez, las tecnologías para el aprovechamiento

de las fuentes de energía renovable que posee el planeta son un camino para aterrizar los planteamientos internacionales en proyectos de desarrollo local. En un espectro más amplio, el tránsito hacia esquemas menos contaminantes de generación de energía es indispensable en la consecución del desarrollo sostenible, noción teórica producto de la concertación política internacional¹⁵ frente a la advertencia de problemas globales ocasionados por un modelo de crecimiento de corto plazo y entendido *contra natura*¹⁶.

El desarrollo sostenible surge como respuesta a una crisis de civilización que marca los límites del crecimiento. Esta noción plantea una revisión de las prioridades del ser humano y advierte la necesidad de cambios estructurales en materia económica, social y ambiental. Al respecto —como se verá en el subcapítulo 2.1—, se ha identificado que el sector energía es un rubro clave sobre el que se debe incidir para alcanzar la sostenibilidad.

El consumo energético global es, sin duda, uno de los elementos más importantes para la sustentación del desarrollo tal y como lo conocemos, y uno de los mayores responsables de la degradación ambiental.¹⁷

La naturaleza de la energía determinará el carácter del desarrollo, así un desarrollo respetuoso del ambiente nunca podrá construirse sobre recursos energéticos fósiles. Por ello, la búsqueda de un desarrollo perdurable requiere una transición hacia fuentes energéticas más limpias.

Por otro lado, los problemas tradicionalmente asociados a la energía convencional siguen vigentes. Si bien existe un debate importante en torno a las reservas de petróleo, carbón y gas natural a escala mundial¹⁸, su condición de recursos finitos es innegable. La escasez de petróleo en el mercado internacional es un fuerte elemento de tensión política y vulnerabilidad energética. Algunos expertos estiman que nos acercamos al fin de la era del petróleo barato, ya que se ha explotado 90% del petróleo de extracción costeable.

En este contexto, las energías renovables ofrecen la posibilidad de diversificar las fuentes de energía, conservar recursos energéticos fósiles y proteger el ambiente. No obstante, para México como país petrolero y en desarrollo, el asunto de las energías renovables resulta controversial. Paradójicamente pese a ser un país exportador de petróleo crudo, distamos de ser autosuficientes en cuestión energética, "es impresionante nuestro grado de dependencia, en un futuro vamos a andar mendigando petróleo, gas natural, (y) diesel en el exterior".¹⁹

¹⁵ El concepto de desarrollo sostenible se enuncia por primera vez en el Informe de la Comisión Brundland.

¹⁶ Para profundizar sobre las corrientes de pensamiento y la naturaleza ver: Carolyn Merchant, *The death of nature. Women, ecology and the Scientific Revolution*, Harper and Row Publishers, San Francisco, 1983.

¹⁷ Ilaydea Izazola y Susana Lerner (Comps.), *Población y ambiente*, México, Sociedad Mexicana de Demografía, el Colegio de México, The Population Council, 1993, pág. 53.

¹⁸ Las reservas comprobadas de petróleo y gas en 1990 eran mucho mayores a las reservas estimadas en 1977.

¹⁹ Vicente Fox Quesada, C. Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, entrevista en el noticiero *Séptimo Día*, Canal 11, 19 de noviembre de 2000.

Actualmente alrededor de 4,5 millones de mexicanos carecen de electricidad, debido a que viven en zonas alejadas de la red de suministro eléctrico en donde resulta difícil y costoso extender el servicio.

Por las anteriores consideraciones, resulta prioritario estudiar otras opciones de aprovisionamiento energético. Las energías renovables pueden ofrecer a países como México la posibilidad de diversificar sus fuentes de energía y destinar más petróleo y gas natural a la exportación o como insumo en la industria petroquímica (valor agregado), así como la oportunidad de propiciar la actividad económica regional y un desarrollo más limpio en el país a través de un adecuado manejo de los convenios internacionales.

A escala global las ER se encuentran entre las opciones más fuertes para hacer frente al cambio climático, sin embargo, es importante considerar que la existencia de las tecnologías adecuadas no garantiza su reconocimiento ni su utilización. El conocimiento requiere de canales institucionales que le permitan alcanzar su operatividad para transformarse en conocimiento social. Dicha meta es uno de los puntos finos que demanda en la actualidad la expansión de las ER, una vez que algunas de sus tecnologías han logrado la viabilidad económica y otras se encuentran cercanas a hacerlo. Expertos en el tema de cambio climático consideran que,

La implementación exitosa de opciones de mitigación de gases invernadero necesita superar diversas barreras técnicas, económicas, políticas, culturales, sociales e institucionales, que impiden el aprovechamiento pleno de las oportunidades tecnológicas, económicas y sociales de tales opciones de mitigación.²⁰

Se requiere trabajo en diferentes ámbitos, y una estrategia de coordinación capaz de crear sinergia entre los esfuerzos a realizar. De manera general, la presente investigación pretende discernir la relación entre energía, ambiente y desarrollo sostenible a través de la revisión de estos conceptos, la exposición de tecnologías capaces de dar operatividad a esta tríada, el análisis de las negociaciones internacionales en la materia, y la exposición de ejemplos que reflejan su operación práctica en diversos países y en México.

Estos temas serán tratados partiendo de la teoría de la complejidad, de acuerdo a la cual toda problemática se encuentra vinculada con una multiplicidad de asuntos que son a su vez causa y efecto. A manera de ejemplo, el cambio climático se relaciona con energía, y la energía con la imposibilidad de perpetuar los patrones de "desarrollo" heredados de la Revolución Industrial, lo que a su vez se observa en el cambio climático. Conforme a esta postura teórica, la complejidad de los problemas exige que su tratamiento se realice de manera interdisciplinaria. En el desarrollo de este trabajo se abordarán cuestiones técnicas, políticas, ambientales y sociales como elementos indisolubles de la problemática a tratar.

²⁰ Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate change 2001, Mitigation, Summary for Policy Makers*. IPCC, marzo de 2001, pág. 11.

Tras la lectura de algunos materiales sobre desarrollo sostenible, y la revisión de ciertos documentos producto de las cumbres internacionales sobre ambiente y desarrollo, surgió la inquietud por analizar la viabilidad de su aplicación práctica. En principio, se llegó a la hipótesis de que el desarrollo sostenible perderá su carácter utópico en la medida en que se reformulen procesos concretos de producción y de consumo. Con la finalidad de estudiar este planteamiento, seleccioné al sector energía entre los rubros que requieren una transformación sustancial para alcanzar la sostenibilidad de cualquier proyecto de desarrollo.

Los móviles que me condujeron a la elección del tema de la presente tesis son diversos. Por una parte, me atrajo la idea de estudiar un área clasificada como técnica como medio para dar cauce a las negociaciones internacionales; a la vez que el conocimiento de perjuicios ambientales de dimensiones globales me indicó la viabilidad de realizar un análisis desde la perspectiva de las Relaciones Internacionales.

Aunque en un principio el tema me pareció un tanto desvinculado de mi disciplina, en el transcurso e la investigación hallé señales que me indicaron lo contrario:

(e) en el aspecto de las repercusiones globales de la contaminación ambiental, existen además dos elementos, en el tipo de habilidades que se necesitan, que incrementan el número de las profesiones que se requieren tanto en el diagnóstico como en la solución. Estos son: los climatólogos por un lado y los estudiosos y profesionales de las Relaciones Internacionales. (...) Los segundos, en el ámbito de los asuntos de relaciones internacionales, tienen mucho que ver con los mecanismos y formas de negociación internacional que deben de usarse para enfrentar convenciones y acuerdos internacionales en materia global. En este contexto, los acuerdos internacionales y las convenciones tienen, principalmente, que tomar en cuenta las condiciones de nuestro país y sus necesidades. Por otro lado, esto debe de hacerse como parte de la política internacional que tenemos en otros aspectos.²¹

Además, en las últimas tres décadas las cuestiones ecológicas han ocupado renglones prioritarios de la agenda internacional, lo que ha propiciado el surgimiento de una rama especializada de la diplomacia que se ha dado en llamar *diplomacia ambiental*. Esto resulta congruente si consideramos que "por su misma naturaleza, la diplomacia es el abogado natural de la paz, la seguridad, la democracia, los derechos humanos y el desarrollo sustentable".²²

Con estas señales, inicié la elaboración de mi proyecto de tesis. El enfrentamiento primario con el tema fue difícil al advertir mi desconocimiento de las nociones básicas sobre energía necesarias para realizar una tesis en la que este tema sería una de las variables en juego.

²¹ Daniel Piñero, "Formación de especialistas en programas ambientales", en Leopoldo García-Colín Scherer, *Energía, ambiente y desarrollo sustentable*, El Colegio Nacional, México, 1996, págs. 156-157.

²² Carlos de Icaza, *La Diplomacia contemporánea*, México, S.XXI, 1999, pág. 54.

Debido a la necesidad de manejar algunos conceptos básicos sobre energía para el desarrollo del presente trabajo, el capítulo 1 se titula *Energía, conceptos y devenir*. En el apartado 1.1 se esbozan algunas nociones elementales sobre la energía y sus características; enseguida, el punto 1.2 se dedica a la descripción de las tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables como opciones para satisfacer las necesidades energéticas presentes y futuras, y en el párrafo 1.3. se presenta una síntesis de la relación entre la energía y la humanidad a través del tiempo hasta llegar a nuestra actual base energética constituida por petróleo, carbón y gas natural.

Para la elaboración de este capítulo se obtuvo información de instituciones tales como el Programa Universitario de Energía de la UNAM, el Centro de Investigación en Energía de la UNAM, el Instituto de Investigaciones Eléctricas y la Universidad Iberoamericana. La búsqueda de información sobre energía y ambiente me condujo a la biblioteca del Instituto Mexicano del Petróleo, a la Secretaría de Energía, y a la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, institución pública comprometida con la eficiencia energética y el aprovechamiento de fuentes renovables de energía, en la que encontré orientación y material para el desarrollo de la tesis.

El capítulo 2 titulado *Energía, Ambiente y desarrollo sostenible: un esfuerzo internacional* inicia con el apartado 2.1, en el que se realiza una semblanza de los impactos negativos que los energéticos convencionales tienen sobre el ambiente. Después de analizar la relación disruptiva entre energía de origen fósil y ambiente, el subcapítulo 2.2 se dedica al análisis del concepto de desarrollo sostenible como noción teórica que busca la transformación de las actitudes del ser humano hacia el entorno y las generaciones futuras. Se identifica que para alcanzar el desarrollo sostenible se requiere incidir sobre ciertos sectores entre los que figura la energía. En el entendido de que las cuestiones teóricas requieren sustento jurídico para su operación, en el subcapítulo 2.3 se realiza una introducción general al derecho internacional ambiental (DIA), y se analizan ciertos eventos internacionales considerados relevantes en materia de ambiente y desarrollo, así como algunos instrumentos fruto de la concertación política internacional en materia de cambio climático.

Para la elaboración del segundo capítulo, se obtuvo información en la biblioteca del Instituto de Ecología de la UNAM (IE-UNAM), en la biblioteca del Instituto Matías Romero de Estudios Diplomáticos (IMRED), y en la biblioteca y librería de la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE).

En el capítulo 3 sección 3.1 se realiza una reseña sobre la situación de las energías renovables en Estados Unidos, la Unión Europea, Dinamarca, Alemania, España, y la India, países seleccionados conforme a la información obtenida y el conocimiento de que constituyen casos representativos. En estos estudios de caso se pondrá especial énfasis en la energía eólica por cuestiones prácticas y de interés personal. En el apartado 3.2 se revisa la situación de México en materia de energías renovables y cambio climático, y en el punto 3.2 se presentan algunas proyecciones sobre el futuro de las ER a escala mundial

Este capítulo se conforma principalmente de materiales obtenidos en seminarios y congresos internacionales dedicados a revisar las experiencias de diversos países en torno al aprovechamiento de fuentes renovables de energía, eventos a los que pude asistir durante el período que colaboré en la Conae y, posteriormente y hasta la fecha, como parte de mi compromiso laboral en dicha institución. El apartado sobre México se basa en documentos oficiales publicados por la Secretaría de Energía, en material hemerográfico y en memorias de algunas ponencias que he tenido oportunidad de presenciar.

Vale la pena señalar que en el presente trabajo se manejará el término desarrollo sostenible en lugar de desarrollo sustentable, por ser la acepción utilizada en español por las Naciones Unidas para traducir el término *sustainable development*.

La Misión de México ante las Naciones Unidas encabezó una batalla en las negociaciones dentro de ese organismo internacional, porque la traducción de *sustainable development* fuera *desarrollo sostenible*. Y lograron un objetivo: todos los documentos oficiales de las Naciones Unidas en español hablan de un desarrollo sostenible.²³

El término sostenible también es el utilizado en los documentos oficiales del Gobierno Mexicano en funciones. Por otro lado, se aclara en la presente introducción que se hará referencia al ambiente y no al medio ambiente, debido a que, de acuerdo a información de un funcionario de la UNESCO, se comienza a utilizar dicha expresión.

Los daños que las emisiones, producto de la combustión de hidrocarburos, causan sobre la salud, comprometen no sólo la calidad, sino ahora también la vida misma de las personas, al contribuir al aumento en las temperaturas del planeta. A través de sus efectos en el clima mundial, los energéticos convencionales tienen amplios impactos económicos, biológicos, sociales y políticos en el futuro. Pueden alterar los ecosistemas a escala mundial, romper el orden económico actual y amenazar la estabilidad política. La comunidad mundial claramente necesita actuar en conjunto para alcanzar patrones sostenibles en el uso de la energía que salvaguarden la atmósfera como una herencia común de la humanidad.

Después del empleo del carbón durante tres siglos, el petróleo durante poco menos de un siglo y medio, y el gas natural durante varios decenios, diversos factores indican que es el momento de buscar fuentes de aprovisionamiento energético acordes con los valores que exige el s. XXI. El presente trabajo es resultado de dicho ánimo.

²³ Andrónico O. Adede, *Digesto de Derecho Internacional Ambiental 1972-1992*, México, 1995, SRE, pág. 16.

CAPITULO 1. LA ENERGÍA, CONCEPTOS Y DEVENIR.

1.1. ENERGÍA. CONCEPTOS BÁSICOS.

*"Félix qui potuit rerum cognoscere causas"
(Feliz el que conoce las causas de las cosas)*

- Virgilio, *Geórgicas*, II, 490

La energía ha sido un elemento cardinal en la configuración del mundo y en el desarrollo de las civilizaciones humanas. No se puede entender la historia del planeta sin revisar la interacción entre materia y energía desde los tiempos el *big bang*, hasta la formación del sistema solar y la posterior aparición de la vida sobre la Tierra. Un cúmulo de transformaciones energéticas y organizaciones de complejidad creciente dieron origen a las primeras partículas, los átomos, las moléculas, las estrellas, las células, los organismos y los seres vivos. Así, la energía fue partícipe de la emergencia de la vida en la historia de la Tierra, y de la emergencia del hombre en la historia de la vida terrestre. A su vez, la relación del ser humano con su hogar celeste ha estado mediada por energía en la forma de luz y calor solar, relámpagos, cascadas, viento y demás manifestaciones energéticas. A excepción de su propia fuerza, estas fuentes de energía eran ajenas a su control. Con el descubrimiento del fuego esta situación cambia y el hombre primitivo comienza a manejar la energía.

Con el tiempo, aprendió a hacer uso de otras fuentes de energía que le permitieron desarrollar su organización económica y social, y así, la energía adquirió un papel central en la vida de los seres humanos, cuya inquietud por entender su entorno los llevó a mitificar y conceptualizar sus percepciones. En ese intento por elucidar las causas de las cosas se encontraron con un elemento etéreo que permitía que las cosas sucedieran; algunos lo llamaron prana, otros deificaron sus manifestaciones con los nombres de *Ra*, *Tor*, *Ehécatl*²⁴... y más tarde, la ciencia lo denominó energía.

Las concepciones en gran parte mágicas sobre la energía persistieron hasta que hace poco más o menos dos siglos el científico francés *Lavoisier* elaboró las primeras teorías consideradas modernas y científicas sobre la energía que en nuestros días siguen siendo de actualidad.

Etimológicamente la palabra energía se deriva del griego *energeia*, que proviene de las raíces "en" que significa en, dentro de, y de "ergon" que se traduce como trabajo.²⁵ La energía es pues concebida como: en el trabajo o dentro del trabajo.

La energía es un elemento omnipresente en nuestra vida, es necesaria para la realización de toda actividad, desde la más simple hasta la más compleja, por lo que se

²⁴ Nombres dados a los dioses del sol, el trueno y el viento de las antiguas civilizaciones egipcia, escandinava y azteca, respectivamente.

²⁵ Enciclopedia británica, pág. 849.

manifiesta de diferentes formas y se obtiene por diversos vehículos. Pese a su cotidianeidad, su ubicación se disipa al ser un ente cuya tangibilidad sólo se expresa a través de lo que mueve, de lo que impulsa, de aquello a lo que brinda capacidad para realizar una acción: a través del trabajo.

De manera general, la energía para ser útil necesita ser transformada a través de procesos y mecanismos tan diversos como se requiera, así, se convierte energía mediante la ingestión de alimentos, la fotosíntesis, el uso de motores, etc. Precisamente, las transformaciones de la energía dificultan la comprensión de su naturaleza.

Así, uno de los conceptos básicos para la comprensión del mundo físico también ha sido uno de los conceptos más abstractos en la construcción de dicho entendimiento. Ello se debe en parte -como ya se mencionó- a que resulta difícil definir la energía tomando en cuenta sus múltiples manifestaciones. En el lenguaje cotidiano se le relaciona con movimiento, fuerza, vitalidad, etc., en el aspecto intelectual, no es sino hasta mediados del siglo XIX cuando se desarrolla una rigurosa comprensión de este concepto y se define a la energía como: *la capacidad para efectuar trabajo*.²⁶ De tal manera, en el término "capacidad" se da por entendida su existencia, y queda abierto a todas las "capacidades" posibles que pueden responder a un origen y potencial diverso. Entendemos que en el término "efectuar" residen los procesos y herramientas necesarios para transformar la energía y habilitarla. Finalmente, el trabajo que posibilita la energía es el propio de toda actividad orgánica e inorgánica, consciente e inconsciente. El concepto de energía es en la praxis un proceso, que jala a este elemento motor de lo abstracto al plano de lo utilitario.

Podemos advertir que la definición actual de energía no se aleja mucho del significado etimológico que le dieron los griegos en donde también se le relaciona directamente al trabajo, "*ergon*" = trabajo (*vid. supra*).

La definición básica de energía como la capacidad de efectuar trabajo, se puede comprender mejor cuando se enuncia así: la energía es aquello que disminuye cuando se efectúa trabajo por una cantidad igual al trabajo efectuado.²⁷

En realidad "trabajo y energía son dos términos equivalentes. El trabajo resulta de aplicar una fuerza sobre un cuerpo y producir su movimiento a lo largo de un espacio cualquiera, se cuantifica tomando en cuenta la magnitud de la fuerza y el espacio recorrido".²⁸

En física, el concepto de trabajo está relacionado con una fuerza y un desplazamiento:

$$W = F \cdot S$$

Donde W es trabajo, F fuerza, y S desplazamiento.

²⁶ *Idem*.

²⁷ Douglas M. Conidine (comp.), *Tecnología del petróleo*, Mc Graw Hill, 1988, pág. XII.

²⁸ *Programa de Inducción a la Energía 2000*, México, CECAL-SE, 2000, pág. 13.

"La energía es la capacidad, aunque no se haya ejercido de hacer un trabajo"²⁹; por ejemplo, un coche aunque esté en reposo tiene energía si es que cuenta con su insumo energético (gasolina), y con un motor de combustión interna para transformarla, de tal modo, el coche tiene la "capacidad" de movimiento aun estacionado. Esta "capacidad" habilita al coche para "trabajar" en un momento determinado, y esta acción se mide en proporción a la fuerza que se aplica al automóvil y la distancia de su recorrido. De este modo, el cruce entre la fuerza y el desplazamiento es equivalente a la energía que se "inyectó" para realizar un trabajo.

1.1.1. Energía potencial y energía cinética

Ahora bien, al tomar el ejemplo del automóvil, podemos advertir que éste puede tener energía al estar estacionado y al estar en movimiento. Pasemos a revisar estos dos estados de la energía.

La energía puede existir en diversas formas, algunas de las cuales se pueden reconocer más fácilmente como capaces de ejercer trabajo, en tanto que otras son más incomprensibles. Las formas en las que la energía no depende del movimiento mecánico generalmente se conocen como formas de *energía potencial* gravitacional. La energía potencial se puede almacenar en un cuerpo elástico, tal como un resorte o un recipiente de gas comprimido; así mismo, este tipo de energía también existe en los núcleos atómicos y se puede liberar mediante ciertos reordenamientos nucleares.³⁰

Mientras la energía potencial es la energía que se presenta de manera un tanto imperceptible al representar la capacidad "en potencia" que tiene la materia para realizar una acción en un momento determinado; la energía se manifiesta también de manera más evidente a través del movimiento de los cuerpos, y se le conoce como *energía cinética*.

De forma simple, la energía potencial es la energía almacenada, y la energía cinética es la energía en movimiento. En otras palabras, la energía potencial y la energía cinética son dos estados de un mismo elemento.

Es necesario señalar que la energía transita de uno a otro de estos estados constantemente, por ejemplo, si tenemos un objeto sobre una mesa, éste posee energía potencial, que en este caso le es conferida por la fuerza de gravedad, debido a que el objeto se encuentra a una cierta altura; ahora, si empujamos el objeto para que caiga al piso éste se desplazará hacia abajo liberando su energía potencial y transformándola en energía cinética. A la vez, si se levanta el objeto del piso y se coloca en la mesa, adquirirá nuevamente energía potencial. Entre más alto coloquemos el objeto la energía potencial gravitacional que tendrá será mayor.

²⁹ *Idem.*

³⁰ Douglas M. Considine, *Op.Cit.*, pág. XII.

Estas transformaciones constantes de la energía también se ilustran fácilmente con el ejemplo del péndulo.

"Dentro de un sistema determinado, la energía se puede transformar y retransformar de una forma a otra sin alterar la energía total del sistema. Un ejemplo simple es el péndulo, en el que la energía se convierte periódicamente de energía potencial en energía cinética y nuevamente en energía potencial."³¹

En estas transformaciones la energía cambia de un estado a otro pero permanece constante, tal como lo enuncia la primera ley de la termodinámica, o ley de la conservación de la energía: la energía no se crea ni se destruye, simplemente se transforma.

La segunda ley de la termodinámica es una proposición acerca de que la conversión de calor en trabajo queda limitada por la temperatura a la cual se efectúa dicha conversión. Por lo tanto, ningún ciclo puede ser más eficiente que un ciclo reversible que se realice dentro de los límites dados de temperatura. Por lo anterior, las transformaciones de la energía quedan sujetas a pérdidas en la eficiencia del proceso de conversión.

1.1.2. Tipos de energía

Hay una cosa formada confusamente, nacida antes que el cielo y la tierra, silenciosa y vacía, está sola y no cambia, gira y no se cansa, es capaz de ser la madre del mundo, no conozco su nombre.

Leo Tse, 600 A.C.

La energía, además de guardar diversos estados, también se manifiesta de diferentes formas: calor, movimiento, luz, etc. Una breve explicación de estas manifestaciones de la energía nos permitirá hacer distingos entre las mismas.

Energía térmica y calorífica. La energía más importante dentro de este tipo es la del sol. Los hidrocarburos y el carbón siguen al sol en orden de importancia como fuentes de energía térmica, ya que liberan calor al quemarse. De hecho,

el calor, que se representa con la letra Q, se puede entender como energía desordenada (...). Lo que tenemos más a la mano como energía es el calor (Q), aunque ya sabemos que el Q es energía desordenada. Es por ello que tenemos que crear tecnologías pertinentes para su transformación.³²

³¹ *Idem.*

³² Sergio Salas Díaz, apuntes tomados en clase del *Diplomado en Ecología, medio ambiente y desarrollo sustentable*, Universidad Iberoamericana, junio de 1998.

La fuente más moderna de energía térmica es la nuclear. En el año de 1942 se realizó la fisión o ruptura de los núcleos de los átomos de un elemento conocido como uranio 235, y la transformación de una pequeña parte de la materia en energía térmica.

Energía mecánica. Es la que poseen los cuerpos en movimiento, su fuente natural por excelencia es la fuerza de gravedad.

Energía radiante. La luz se mueve en pequeños paquetes de energía llamados fotones, constituidos básicamente por energía.

Energía química. Cuando dos o más elementos se combinan en un compuesto se dice que hay una reacción química. Toda la energía que se absorbe o libera en estas reacciones se llama energía química.

Energía eléctrica. Flujo de corriente a través de una diferencia de potencial.

Energía geotérmica. Se conoce como geotermia a la energía de las capas internas de la tierra. La energía almacenada en el subsuelo se aprovecha perforando pozos que van de 1000 a 3000 metros de profundidad, para alcanzar una zona donde haya suficiente agua, alta temperatura y buena permeabilidad. Por el pozo, el fluido ascenderá en forma natural hasta la superficie, donde mediante un separador centrífugo separa el agua del vapor. El vapor es conducido a una turbina donde se aprovecha su energía para transformarla en electricidad.³³

Energía del mar. El movimiento de las mareas puede accionar turbinas y producir electricidad.

Energía nuclear. Los conocimientos obtenidos a finales del siglo XIX y principios del XX en el campo de la física, y los avances que ha experimentado el estudio de la materia han traído como consecuencia el entendimiento de las leyes de la energía atómica.

A principios de este siglo *Albert Einstein* postuló que la materia puede transformarse en energía y que entre ambas existe una relación que puede expresarse en la fórmula $E=mc^2$, donde "m" es igual a masa y "c" a velocidad de la luz. Esto implica que "todas las cosas y toda la materia tienen energía, siendo ésta por lo tanto una propiedad de la materia que puede tomar muchas formas: calor, luz, electricidad, magnetismo, movimiento, sonido, enlaces químicos, fuerzas nucleares, etc.; todas ellas son manifestaciones de la energía, son lo mismo en esencia"³⁴

Existen varios elementos radioactivos en nuestra planeta, como el plutonio, el radón, el uranio, el cobalto, el yodo, etc., los cuales tienen aplicaciones muy diversas

³³ Debora Ley, *Programa de apoyo de energías renovables de los Laboratorios Nacionales Sandia de los Estados Unidos para comunidades rurales mexicanas*, tesis para obtener el grado de licenciatura en Ingeniería Electromecánica, Centro Universitario México, División de Estudios Superiores, México, enero de 2001.

³⁴ Douglas M. Considine, *Op.Cit.*, pág. XIX.

que van desde el área médica hasta la generación de energía eléctrica y su perniciosa aplicación en la fabricación de armas.

De tal forma, tenemos una energía siempre presente, siempre constante y siempre cambiante, al grado que podemos afirmar que los múltiples desdoblamientos de la energía son los que permiten que el mundo se transforme.

Si aprovechamos la energía disponible en la naturaleza, por ejemplo en la industria, para el hogar, para transportarnos, en realidad estamos convirtiendo energía de una forma a otra: la energía almacenada en forma química en un litro de petróleo, en el movimiento del microbús; la energía de gravedad de un metro cúbico de agua en un embalse, en electricidad para un foco; la energía nuclear del uranio, también en electricidad. Etcétera.³⁵

De manera general, nos da la capacidad de trabajo, entendido éste en el sentido de actuar, de cambiar, de pensar y, en síntesis, de potenciar nuestra voluntad.

Incide en todos los campos de nuestra vida, por lo que bien podemos entenderla como "lo que puede desarrollar un trabajo" ó, como el "producto de una fuerza por una distancia", también como "lo que hace posible la vida", como "lo que nos mueve a todos y a todo", ó bien como "lo que necesitamos para vivir más cómodamente". En definitiva, la energía guarda todos estos matices, por lo que la filosofía, la ciencia, lo social y la técnica convergen en ella. Se reconoce que "la energía es positivamente uno de los tópicos científicos más interdisciplinarios".³⁶

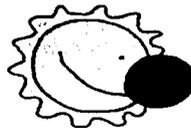
La propia energía nos enseña que no se puede circunscribir a un campo específico del quehacer humano, por la sencilla razón de que en todo nuestro alrededor podemos encontrar sus manifestaciones, de forma tal que, "si tuviésemos la capacidad de ver la energía, el universo entero brillaría."³⁷

³⁵ Remi Rijs Ruten, *Curso energías renovables*, La Piedad, Michoacán, México, 1999, pág. 4.

³⁶ Douglas . Considine, *Op.Cit.*, pág. V.

³⁷ Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, *Energía luminoso delecte*, material audiovisual, Conaef SE/UE/TVUnam, duración 27 min., 1996.

1.2 LAS ENERGÍAS RENOVABLES



Entre el conjunto de manifestaciones energéticas que presenta el planeta existen flujos de energía natural que pueden ser aprovechados en la generación de energía secundaria para provecho humano; la radiación solar que incide sobre la superficie terrestre, las corrientes de aire que soplan con intensidad sobre ciertas áreas, las caídas de agua y la energía contenida en la materia orgánica (muchas veces considerada desperdicio), son receptáculos importantes de energía dispersa y constante. Todas estas fuentes de energía tienen un origen solar y se han utilizado desde tiempos remotos por los seres humanos. En la actualidad, gracias a la existencia de tecnologías modernas para su aprovechamiento es posible obtener de estas fuentes energéticas mayores índices de energía útil para diversas aplicaciones, tales como: generación de electricidad, propulsión mecánica, refrigeración, secado, calentamiento de fluidos, etc.

La Organización de las Naciones Unidas las denomina fuentes de energía nuevas y renovables (FENR), expresión en la que comprende a la energía solar, geotérmica, eólica, la energía de las mareas, las olas y el gradiente térmico del mar, la conversión de la biomasa, la leña, el carbón vegetal, la turba, la tracción animal, los esquistos bituminosos, las arenas alquitranadas y la energía hidroeléctrica.

Para efectos de la presente tesis, se utilizará el siguiente concepto de energías renovables:

Las energías renovables se definen como formas de energía que tienen una fuente prácticamente inagotable respecto al tiempo de vida del ser humano en el planeta, y cuyo aprovechamiento es tecnológicamente viable.³⁸

Dentro de estos tipos de energía se manejarán las siguientes fuentes:

Energía solar (sol)

Energía eólica (viento)

Energía minihidráulica (ríos y pequeñas caídas de agua)

Energía de la Biomasa (materia orgánica)

³⁸ Francisco Márquez Mendoza, "Estrategias de la Conae en la promoción de las energías renovables en México, ponencia presentada durante el "ISES Millennium Solar Forum 2000 Mexico", septiembre de 2000, pág. 1.

El sol es la fuente de energía por antonomasia, de él provienen la mayoría de las manifestaciones energéticas que conocemos y casi todas las fuentes denominadas renovables.

El viento, las caídas de agua y la biomasa comparten un origen solar. El viento se genera por un diferencial de temperaturas en la atmósfera que provoca que el aire viaje de una dirección a otra. El sol produce aumentos en la temperatura de ciertas áreas con lo que se genera este diferencial. En lo que se refiere a la energía hidráulica, las caídas de agua generan energía por el potencial gravitacional que adquieren al ascender a niveles más altos, lo cual se logra a través del proceso de evaporación y condensación, en el cual, el sol es el principal agente. Al caer, esta agua libera la energía potencial y la transforma en energía cinética. Finalmente, la biomasa es materia compuesta por desechos orgánicos en cuyo desarrollo el sol ha sido elemental, ya sea a través de la fotosíntesis, o mediante la ingestión de alimentos.

En lo que respecta a los combustibles convencionales, aunque resulta sorprendente, debemos recordar que éstos se componen de materia que se encuentra fosilizada en capas internas de la Tierra, y que alguna vez perteneció a organismos vivos (ver cap. 1.3, págs. 33 y 35) que recibieron su energía del sol.

1.2.1 Energía solar

El sol es el rey de la energía, indirectamente su impacto se encuentra en todo, directamente su potencial es enorme.

Durante una hora la superficie de la tierra recibe 420 millones de millones de kilowatts-hora de energía del sol. Esta es más energía de la que toda la humanidad consume en un año entero.³⁹

Además,

(p)or año, el sol abastece a la Tierra una cantidad de energía 15.000 veces superior al consumo anual de energía atómica y fósil.⁴⁰

La energía solar es un recurso natural renovable, "inagotable" —con respecto a la vida del ser humano en el planeta- y limpio. Aunque su aplicación puede parecer futurista aún en nuestros días, su aprovechamiento se remonta a la antigüedad. Los griegos construían sus hogares con grandes ventanales de cara al sol para recibir su energía térmica, y ha sido una práctica común desde tiempos remotos la exposición de

³⁹ BP Solarex, et. al., *Global Solar Partners, Energy for the 21st Century*, material didáctico para niños entre 12-16 años.

⁴⁰ Hermann Scheer, *La era solar*, <http://www.magazine-deutschland.de/spanish.html>

baldes con agua al sol para aprovechar su energía térmica en el calentamiento del fluido.

A pesar de que casi todas las manifestaciones energéticas del planeta tienen como fuente primaria al astro rey, esta energía ha sido escasamente aprovechada en comparación con el potencial que detenta. Con el advenimiento de procesos altamente demandantes de energía durante la Revolución Industrial, nunca se contempló a la energía solar como una fuente de aprovisionamiento masiva, limitando su impacto a los procesos naturales que efectúa la radiación. Hoy en día, a través de tecnologías adecuadas se pueden dar diversas aplicaciones a este insumo energético. Por ejemplo, para la generación de energía eléctrica se necesita de dispositivos tecnológicos llamados celdas fotovoltaicas, y para su aprovechamiento térmico se requieren colectores solares.

Históricamente, así como el uso a gran escala de la energía solar se ha visto eclipsado por el petróleo, los problemas de este elemento le han reducido ganancias: La era moderna de la energía solar comenzó a despegar con el embargo petrolero de 1973. Desde entonces a la fecha, los avances tecnológicos para transformar la energía solar en energía térmica y eléctrica (ver 1.1.2, pág. 15 y 16) se han desarrollado con celeridad.

Tecnología

Esta energía tiene un amplio espectro de aplicaciones que se dividen en función de sus tecnologías de transformación. Así pues, la energía solar se puede separar principalmente en dos grupos generales: energía fotovoltaica y energía solar térmica. La primera se refiere a la conversión de la energía radiante del sol en energía eléctrica, mientras que la segunda, alude su transformación en energía calorífica.

Energía fotovoltaica. Viene de *Foto=luz, voltaico=producir una corriente eléctrica*. El principio fotovoltaico radica en que "la luz que cae en ciertos materiales puede producir electricidad"⁴¹. Este efecto fue descubierto en 1830 por el físico francés *Edmund Becquerel*, pero la tecnología no se desarrolló sino hasta 1954, año en que se construyó la primer celda fotovoltaica.

Las llamadas celdas solares son dispositivos que convierten la luz solar directamente en electricidad -sin necesidad de equipos mecánicos-, y están hechas de delgadas capas de material semiconductor, el cual produce electricidad cuando se expone a la luz solar. Las capas de semiconductor, usualmente silicio, están unidas a contactos de metal para completar el circuito eléctrico, y encapsuladas en vidrio o plástico. Los dispositivos fotovoltaicos, no tienen partes móviles que se desgasten, no contienen fluidos o gases que puedan derramarse o fugarse, no consumen combustible para operar, no producen contaminación al generar electricidad, pueden fabricarse de

⁴¹ Jennifer Carless. *Energía Renovable*, México, Edamex, 1995, pág. 39.

silicio, el segundo elemento más abundante en la naturaleza, son modulares, por lo que permiten un amplio rango de aplicaciones y tienen una eficiencia de conversión de la luz solar en electricidad relativamente alta. El aspecto negativo más relevante de esta tecnología es que no es aún económicamente competitiva para la mayoría de las aplicaciones, especialmente en aquellas de escala intermedia y grande.

Las primeras aplicaciones prácticas de la energía fotovoltaica se hicieron en satélites artificiales. Sin embargo, aun cuando estos dispositivos fueron creados en el contexto de los programas espaciales, ya para fines de la década de los setenta las celdas fotovoltaicas comenzaban a ser utilizadas en pequeñas instalaciones en sistemas de telecomunicación, televisión rural, y otras.

En la actualidad las instalaciones con capacidades de 1 a 10 kW son comunes alrededor del mundo para aplicaciones agroindustriales como el bombeo de agua, refrigeración, preservación de productos perecederos, o desalación de agua. En 1982 se construyó la primera planta fotovoltaica de potencia, con una capacidad de 1 MW, en el estado de Baja California en los Estados Unidos. Esta planta genera suficiente electricidad para cubrir las necesidades de 400 a 500 casas-habitación en su zona de servicio. Tiempo después en el mismo estado se instaló otra planta fotovoltaica de potencia con una capacidad de 6.5 MW, que produce energía eléctrica suficiente para abastecer las necesidades de más de 2,300 casas típicas del área.

En México, el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN) ha trabajado desde hace varios años en el desarrollo de estos sistemas. Por otro lado, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) ha desarrollado las especificaciones técnicas para pequeños sistemas fotovoltaicos de electrificación rural.

Energía fototérmica. La energía fototérmica se refiere al uso de la energía solar para fines térmicos o de calentamiento. La conversión de la energía solar en calor útil se puede lograr mediante dispositivos conocidos como colectores solares. Los colectores pueden ser planos o concavos (concentradores). El calor obtenido con estos equipos puede utilizarse para el calentamiento de agua para uso doméstico y comercial. El calor de origen solar también tiene la capacidad de producir calor que puede utilizarse en turbinas y generar electricidad o potencia mecánica en forma similar a como se hace con los energéticos convencionales. Para los propósitos del presente trabajo se realizará una breve descripción de la tecnología de colectores planos que se utiliza para el calentamiento de agua en el sector doméstico y comercial.

El componente principal de un calentador solar de agua para uso doméstico es el colector. La función de este mecanismo es absorber la luz del sol y convertirla en calor. Estos dispositivos se conocen como colectores solares planos o de placa plana y alcanzan temperaturas en el rango de 40°C a 100°C, muchos más bajas que las de los concentradores que pueden alcanzar hasta 500°C. Su eficiencia varía dependiendo de la hora del día las condiciones ambientales, sus características constructivas, y la forma de operarlos.

El principio básico del calentamiento solar de agua consiste en exponer una superficie metálica, generalmente pintada de negro al sol. El agua a calentar se pone en contacto térmico con esta superficie y mediante el proceso físico de transferencia de calor aumenta su temperatura. Con objeto de mejorar la eficiencia de este proceso, la superficie metálica generalmente es encapsulada en una caja térmicamente aislada con un vidrio en la parte de enfrente que permite el paso de los rayos del sol y evita las pérdidas de calor por esa cara. Finalmente, el agua calentada se almacena en un tanque también térmicamente aislado conocido como *termotanque*.

Desde el punto de vista técnico, la construcción de calentadores solares es más compleja que la de los *boilers*, por lo que su costo inicial es más alto. Sin embargo, al no requerir combustible, sus costos de operación son prácticamente nulos y no generan emisiones.

La tecnología de calentamiento de agua para uso doméstico mediante energía solar surgió desde finales del siglo pasado en países como los Estados Unidos y Australia. Esta tecnología se ha extendido por varios países, y en algunos de ellos, como en Israel, su uso es obligatorio. En México se producen calentadores solares desde 1942; con altos índices de calidad y eficiencia, por lo que son capaces de competir a nivel internacional. Sin embargo, el mercado nacional de sistemas solares de calentamiento de agua está lejos de tener una actividad importante, por el alto precio inicial del equipo y el desconocimiento de la tecnología y sus beneficios económicos y ambientales, así como la falta de mecanismos de apoyo financiero e instrumentos jurídicos que motiven el uso de la tecnología.

1.2.2 Energía eólica

El viento que sopla sobre la faz de la Tierra la transforma en su constante ir y venir, se lleva cosas, y también trae otras, tal como la energía que desencadena Eolo al clavar su lanza en el acantilado.

Más allá del dominio de los dioses, el viento es un fenómeno meteorológico causado principalmente por "las diferencias en la presión del aire generadas por un calentamiento no uniforme de la atmósfera terrestre, lo que ocasiona el desplazamiento de grandes masas de aire de las zonas de alta presión hacia las de baja."³⁸

Al ser éste un fenómeno recurrente, constituye una fuente inagotable de energía cuyo aprovechamiento ha acompañado al hombre desde la antigüedad. Es sabido que los chinos y persas construían molinos de viento para aprovechar la energía eólica y



³⁸ Arturo Romero-Paredes, "Los sistemas eólicos", en *Curso de actualización para ingenieros*, México, 1995, pág. 3.

ayudarse en la molienda de granos. Actualmente, además de la obtención de energía mecánica, con el uso de herramientas y tecnologías adecuadas es posible transformar la energía del viento en electricidad.

De tal forma, existe un vínculo directo entre aprovechamiento de energía renovable (como la eólica) y desarrollo tecnológico. Las primeras aplicaciones de la energía del viento sólo transformaban su potencia en energía mecánica, a través de los famosos molinos de viento para moler granos.

No fue sino hasta finales del s. XIX que el científico danés *Poul la Cour* junto con su equipo de colaboradores desarrollaron el primer dispositivo capaz de transformar la energía del viento en electricidad. Estos "modernos molinos de viento" se denominan aerogeneradores, y entraron en operación en 1890.

Para 1916 Dinamarca contaba con más de 1,300 aerogeneradores, con una generación de 500 millones de kWh año. En 1929 los franceses construyeron un aerogenerador con aspas de 20 metros de diámetro, colocadas sobre una torre de 20 m de altura (h), y una capacidad de 15 kw a una velocidad de viento de 6 m/seg., que al poco tiempo fue superado por los rusos, que en 1931 crearon un aerogenerador con aspas de 30.5 m de diámetro, y una torre de 23 m de h, y con una capacidad de generación de 100 kW a 11.1 m/seg. Sin embargo, esta tecnología también quedó a la zaga cuando en 1945 EE.UU. construyó la unidad *Smith-Putnam*, que sería la más grande del mundo hasta 1978 "su rotor tenía dos aspas de 53 metros de dm, montado sobre una torre de 33 m de h, y con una potencia nominal de 1.25 MW a 13.4 m/seg.

Entre 1956 y 1957 en Dinamarca, se construyó un aerogenerador con una potencia nominal de 200 kW, que operó hasta 1967, período durante el cual proporcionó un total de 2 242 MW. En Francia se instaló una unidad de 800 kW en 1957 y otra de 1 MW en 1963.

Como se ha visto, la investigación en el campo de la tecnología eólica fue progresiva durante todo este siglo, sin embargo, la realidad es que el bajo precio de los hidrocarburos desalentó esta práctica durante el período 1950-1970. Fue a partir de la primera crisis energética que la capacidad eólica recibió un impulso notable y los primeros conjuntos de aerogeneradores comenzaron a dibujar sus siluetas alrededor del mundo (ver cap. 3.1). Pasemos a revisar su naturaleza técnica.

Tecnología

El principio básico de los sistemas eólicos radica en transformar la energía cinética del viento en energía apta para cubrir los requerimientos humanos, conocida como energía útil. Este proceso se realiza a través de tecnologías que van desde las más simples, conocidas en la antigüedad, hasta las modernas turbinas danesas. El tipo de tecnología que se utiliza determina el tipo de energía que se genera, es decir, aunque el insumo es el mismo (viento), éste puede adquirir más de una manifestación energética.

Históricamente, la fuerza de los vientos sólo se utilizaba como fuente de energía mecánica, para impulsar embarcaciones de vela y para moler granos a través de sistemas de aspas y engranajes (molinos de viento). En la actualidad, la energía eólica se utiliza también en la generación de electricidad.

El desarrollo de molinos para generar electricidad se generalizó a fines del s. XIX y principios del XX; el primer aerogenerador de energía eléctrica entró en operación en 1890, poco tiempo después que el primer generador eléctrico a vapor.⁴³

Así pues, dentro de las tecnologías disponibles, se encuentran aquellas que transforman la energía del viento en energía mecánica mediante sistemas acoplados a motores mecánicos que se activan con la propulsión que reciben. Por otro lado, se encuentran las técnicas más modernas que convierten esta energía mecánica rotacional en energía eléctrica. En este proceso de conversión pueden apreciarse las transformaciones de la energía a las que se hace mención en el cap. 1; siguiéndolas en cadena, podemos apreciar que la energía radiante del sol genera el viento, cuya energía cinética (vid 1.1.1) es transformada, a través de la técnica en energía mecánica, la cual, a su vez es capaz de generar energía eléctrica mediante el uso de aerogeneradores.

Los aerogeneradores constituyen el principal elemento de los sistemas de aprovechamiento de la energía eólica, los cuales están constituidos por un arreglo de aspas, generador y torre principalmente.⁴⁴

Aunque existen diversos tipos de aeroturbinas, básicamente se dividen en 2 categorías generales en función de la orientación de su eje rotor:

Turbinas de eje horizontal (TEH). El eje rotor de las TEH es paralelo al suelo y perpendicular al viento, por lo que tienen apariencia de una hélice, el típico molino de viento pertenece a esta categoría.

Turbinas de eje vertical (TEV). Las TEV tienen un eje rotor perpendicular al suelo. Estas turbinas pueden operar ante vientos provenientes de cualquier dirección. El mecanismo básico de una turbina es similar en todas ellas, y consta de un núcleo de rodete que sostiene juntas las aspas; el árbol de energía, que transite la energía rotatoria a una caja de engranes; la caja de engranes, que contiene los engranes para producir la energía mecánica; el generador, que convierte la energía mecánica en energía eléctrica; y la torre, estructura sobre la cual está montado todo lo anterior.

En la actualidad, y como se verá más adelante, el uso de la energía eólica presenta un vertiginoso incremento en diversas latitudes (ver gráfica 7, pág. 132).

⁴³ Arturo Romero-Paredes, *Op. Cit.*, pág. 2.

⁴⁴ *Idem*, pág. 8.

1.2.3 Energía minihidráulica

Resulta instantáneo el efecto de fuerza y vitalidad que infunde el observar una cascada o el caudal de un río. Esta agua, como fuente de energía, constituye "un recurso renovable que no contamina, no produce subproductos y su utilización como combustible no limita su aprovechamiento para otras aplicaciones".⁴⁵ La energía hidráulica también tiene un origen solar.

De la energía solar que llega a la superficie del planeta, el 23% se encarga de evaporar agua del suelo, las plantas, y principalmente de los océanos, destilándose agua salada que es la que más abunda, formándose así las nubes que llevadas por el viento a los continentes, descargan su agua en forma de lluvia o nieve, originando riachuelos, cascadas, ríos tempestuosos y finalmente, en las cercanías del mar, grandes ríos de suave corriente, cargados de materia orgánica y suelo erosionado que fertiliza el delta de los ríos.⁴⁶



Este proceso se denomina ciclo del agua y a través de él se forman lagos, ríos y demás depósitos acuáticos. Estas concentraciones de agua, en su carrera hacia el mar, contienen cantidades enormes de energía cinética o de movimiento (vid 1.1.1), lo que se llamaba "fuerza viva", que primero movió ruedas y posteriormente turbinas hidráulicas. El aprovechamiento de la energía hidráulica constituye uno de los registros más antiguos sobre el conocimiento del potencial mecánico de una fuente renovable; su uso se remonta al s. III A.C., período en que se atribuye a Filón de Bizancio la invención de la rueda hidráulica, conocida entonces con el nombre de "noría". Se tiene conocimiento de que los egipcios, 3000 años A.C. ya construían ruedas hidráulicas; y los pueblos del medio oriente contaban con ruedas similares para abastecimiento de agua y molienda de granos 1000 años A.C.

Aunque con algunas modificaciones, el principio de la rueda hidráulica siguió siendo útil por varios siglos. En la Edad Media y el Renacimiento, proporcionó energía en los trabajos de agricultura y minas, así como en la industria textil, maderera y en el transporte. Sin embargo, los sistemas hidroeléctricos, diseñados para transformar la energía hidráulica en energía eléctrica, no aparecen sino hasta mediados de 1800 en EE.UU. Actualmente, existen varias formas de aprovechar esta energía, que van "desde enormes plantas de fuerza hidroeléctrica hasta sistemas que pueden explotar la fuerza de las mareas y de las olas".⁴⁷ La energía hidráulica es comúnmente aprovechada en grandes plantas hidroeléctricas, sin embargo, se considera que la

⁴⁵ Debora Ley Lum, *Op. Cit.*, pág. 74.

⁴⁶ Jennifer Carless, *Op. Cit.*, pág. 98.

⁴⁷ *Idem*, pág. 100.

magnitud de dichos desarrollos puede ocasionar daños al entorno y repercutir negativamente en la vida acuática.

Para efectos del presente trabajo se estudiará la energía que se obtiene a partir de pequeñas corrientes y caídas de agua, denominada energía minihidráulica, debido a que este tipo de generación es considerada renovable. Aunque no existe un consenso en torno a los rangos de potencia de este tipo de centrales, se manejará dentro de esta categoría a las centrales de 5 MW e inferiores.

Tecnología

A partir de la energía minihidráulica es posible generar tanto energía mecánica como eléctrica. Los sistemas pequeños que capturan la energía del agua en movimiento y la convierten en electricidad se llaman minihidroeléctricos. Por lo tanto, el potencial de las pequeñas centrales hidroeléctricas depende de la disponibilidad de una corriente de agua adecuada; si existe tal recurso, entonces se puede proveer electricidad limpia, barata y confiable.

Así, estos sistemas pueden abastecer de energía a pequeños poblados. La fuente de agua puede ser un arroyo, un canal u otra forma de corriente que pueda suministrar la cantidad y la presión de agua necesarias a través de la tubería de alimentación, en orden de establecer la operación del sistema hidroeléctrico. Una vez que el agua de un caudal se confina en la tubería de alimentación, es inyectada sobre las aletas de la turbina en el otro extremo. La turbina, a su vez, impulsa el generador y se produce energía eléctrica.

Para el caso de generación de energía, las turbinas hidráulicas se clasifican en dos grupos: las turbinas de reacción y las de impulso. En el sentido estricto puede decirse que todas las turbinas trabajan bajo una combinación de impulso y reacción, pero hay una acción preponderante sobre el rodete. Veamos la siguiente clasificación de las turbinas.

Clasificación general de las turbinas:

Por la patente:

- Pelton
- Francis
- Hélice (alabes fijos)
- Kaplan (alabes móviles)
- Reiffenstein (rodete Francis o Kaplan sin distribuidor)
- Bulbo (Rodete Kaplan, sin espiral de alimentación)

Por la forma de transmisión de la energía:

- Impulso (presión constante=presión atmosférica)
- Reacción (presión variable≠presión atmosférica)

Por la dirección del chorro del rodete:

- Y Axiales (entrada paralela al eje)
- Y Radiales (entrada según el radio del rodete)
- Y Radioaxiales (entrada oblicua al eje)
- Y Tangenciales (entrada tangencial al rodete)

Por la posición del eje:

- Y Vertical (plano del rodete horizontal)
- Y Horizontal (plano del rodete vertical)
- Y Inclinada

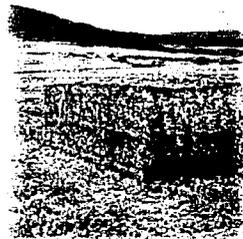
Por el tipo de instalación:

- Y Sencilla (un solo rodete por eje)
- Y Múltiple (varios rodetes en un mismo eje)⁴⁸

1.2.3 Energía de la biomasa

El término "biomasa" es la abreviatura de masa biológica, y se refiere a la cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre en un tiempo dado, mediante los procesos biológicos de cualquiera de los cinco reinos (animal, vegetal, protista, fungi y monera). El término normalmente incluye a materiales no vivos tales como la madera de un árbol muerto. La biomasa puede dividirse en componentes, tales como biomasa vegetal y biomasa de especies, o en capas, tales como materia de raíz y organismos de tierra, y biomasa de superficie. La biomasa también se divide en niveles tróficos.⁴⁹

Debido a que un porcentaje de la composición de la biomasa esta constituido por carbono, dicha materia es susceptible de aprovecharse con fines energéticos. Como se ha mencionado, la biomasa también es producto de la energía solar. Los organismos vivos reciben la energía radiante del sol y la transforman a través de la fotosíntesis (vegetales), o de procesos biológicos (animales) en energía química, que mantienen almacenada en sus células. Esta energía almacenada se mantiene en el cuerpo en cuestión hasta que es liberada, proceso que puede darse de diferentes maneras, por ejemplo: un árbol vivo libera una cantidad de energía al realizar una acción tal como fructificar o florecer, mientras que este mismo árbol, una vez seco, sigue manteniendo una carga de energía



⁴⁸ Clasificación tomada de Debora Ley, *Op.Cit.*

⁴⁹ Peter Calow (Editor), *Blackwells concise enciclopedia of Ecology*, Oxford, Blackwell Science, 1999.

que sólo puede ser liberada mediante procesos ajenos a él mismo, tal como sería el caso de la combustión de su materia ejercida por un actor externo.

La humanidad ha utilizado esta energía química almacenada desde hace miles de años como combustibles en forma de leña y carbón. En efecto, el recurso de biomasa más conocido es la leña, pero eso no quiere decir que sea el único. La biomasa comprende una extensa gama de materia, y su energía puede obtenerse tanto en estado sólido, como líquido y gaseoso.

Sólido: dentro de este grupo, la leña es el energético más representativo.

Líquido: el alcohol, que se obtiene mediante la fermentación de azúcares. Para Brasil, país con mucho terreno y poco petróleo, el uso de gasol (combinación de gasolina con alcohol) ha resultado una adecuada estrategia de independencia económica y política.

Gaseoso: metano, producido por la fermentación de basura o desechos de cosechas, que son procesados en digestores por microorganismos que degradan la materia orgánica, liberando el gas, el cual es posible envasar en tanques.

La biomasa es considerada un recurso renovable debido a su composición orgánica de reproducción constante. El hecho de estar constituida por materia viva la convierte en un energético que forma parte integral de la naturaleza.

En lo que respecta a los impactos ambientales del aprovechamiento de esta fuente de energía, es por todos conocido que la combustión de materia orgánica -directa o indirectamente- libera emisiones de carbono. La clásica quema de leña expulsa gases tóxicos que incluso podemos visualizar (humo) durante el proceso de combustión. Al usar biomasa como fuente de energía se expiden gases a la atmósfera en la misma proporción que la materia los absorbió para su crecimiento. En otros términos, la biomasa devuelve al entorno lo que alguna vez utilizó; sin embargo, la quema excesiva de recursos biomásicos puede generar contaminación y conducir a una desestabilización de los gases de invernadero.

En la actualidad la biomasa es un importante insumo energético, sin embargo su explotación se restringe casi por completo a la tradicional quema de leña, lo cual excluye el potencial energético que la biomasa puede brindar a través de otros procesos de transformación. Se estima que a nivel mundial, la leña constituye 15% de los energéticos utilizados. Estos cálculos son aproximados, en virtud de la naturaleza no comercial de los combustibles de biomasa.

El consumo la biomasa como fuente de energía es heterogéneo a nivel mundial. "En particular, en los países en vías de desarrollo el 43% de la fuente total de energía empleada es biomasa, porcentaje que caracteriza la estructura del consumo (alternativo, energéticos no comercializados, tecnologías elementales de utilización), a diferencia de los países desarrollados donde el 1% de la energía consumida proviene de la biomasa". En el caso de México, la Secretaría de Energía (SENER) informa que la contribución de la leña a la producción total de energía durante 1997 fue de 2.7%.

Al ser la quema de leña un proceso tradicional, es asimismo característico de las sociedades en vías de desarrollo y carentes de tecnología. Así pues, el consumo de biomasa a nivel mundial es alto, pero se restringe casi de manera exclusiva a la leña, cuyo consumo se realiza principalmente en comunidades rurales de países en vías de desarrollo para usos domésticos. En África la quema de leña satisface todavía el 60% del consumo energético, lo que implica la realización de algunas prácticas nocivas para el medio ambiente (tala de bosques).

A pesar de estas asimetrías, es reconocido que tanto países industrializados como países en desarrollo pueden beneficiarse de incrementar su generación energética a partir de recursos de biomasa, sobre todo, si se impulsan sus tecnologías "nuevas" de conversión, como en el caso de Brasil, país en donde el etanol proporciona una quinta parte del combustible que se utiliza para el transporte.

Tecnología

La energía de la biomasa puede aprovecharse de diversas maneras, que van desde la combustión directa -como en el caso de la leña- hasta la obtención de combustibles alternos mediante procesos termoquímicos y bioquímicos.

La transformación de estos materiales en energía puede ser tan simple como cortar árboles y quemarlos, o tan compleja como tomar caña de azúcar u otros cultivos y convertir sus azúcares en combustibles líquidos.

Por ejemplo, la caña de azúcar posee un jugo llamado melaza que es muy dulce y por tanto tiene un alto contenido de azúcar; a través de la fermentación esta sustancia se transforma en alcohol, de manera similar a la obtención de vino a partir de la uva. Mediante este proceso se produce *etanol*, combustible que en combinación con gasolina se conoce como *gasol*, y es utilizado en Brasil (*Vid supra*) para automóviles.

La fermentación de la biomasa se realiza mediante un proceso de conversión bioquímica o bioconversión, que consiste en causar una reacción química en biomasa con un cierto grado de humedad y microorganismos como enzimas u hongos. Otro proceso utilizado para transformar bioquímicamente la energía de la biomasa es el de digestión anaeróbica. Mediante la descomposición anaeróbica de desechos se puede obtener metano, combustible apto para cocinar, calentar agua, y como fuente de luz artificial. A través de los procesos de conversión bioquímica de la biomasa se pueden obtener como productos finales combustibles líquidos o gaseosos.

Otra forma de aprovechamiento de la biomasa es a través de los procesos de conversión termoquímica, que abarcan una amplia gama de métodos de aprovisionamiento energético. Estos procesos "utilizan el calor en un ambiente libre o deficiente en oxígeno para producir los cambios químicos en la biomasa. El proceso puede producir electricidad, gas, combustible, carbón de leña, calor, metanol y otros productos. La gasificación, pirólisis y la licuefacción son todos métodos termoquímicos

de transformación de la biomasa en energía. Puede usarse cualquiera de estos procesos dependiendo de los productos finales deseados.⁵⁰

Podemos concluir que las energías renovables se encuentran mejor distribuidas a escala mundial que las energías convencionales, y son mucho más limpias. Aunque ninguna forma o fuente de energía está exenta de impacto ambiental, en lo que se refiere a la generación de electricidad, el estudio "Impactos Ambientales de la Producción de Electricidad" demuestra que el impacto ambiental de las energías convencionales es 31 veces superior al de las energías renovables.⁵¹

En el siguiente cuadro se muestran las emisiones de CO₂ que se producen en la generación de 1 GWh con combustibles fósiles y con energías renovables.

Tabla 1. Emisiones de CO ₂ en la generación de electricidad	
Tecnología	Toneladas métricas/GWh:
Planta convencional de carbón	1057.1
Combustión atmosférica de carbón en lecho fluidizado	962.9
Planta eléctrica de ciclo combinado integrada a una planta de gasificación	750.9
Planta de combustóleo	762.2
Planta de gas	484.0
Conversión de energía térmica oceánica	304.0
Vapor geotérmico	56.8
Minihidráulica	10.0
Energía eólica	7.4
Energía fotovoltaica	5.9
Energía solar térmica	3.6
Grandes hidroeléctricas (nuevas presas)	3.1

Fuente: San Martín, 1989.⁵²

La operación práctica de las tecnologías para el aprovechamiento de las ER ha mostrado su viabilidad en diversos puntos del orbe. Actualmente su participación en la mezcla energética global es marginal, sin embargo, tienen el potencial de adquirir un rol central como opciones de aprovisionamiento en el curso del presente siglo. A lo largo de la historia el ser humano se ha valido de diversas fuentes de energía, a continuación una breve semblanza.

⁵⁰ La explicación de estos procesos queda fuera del alcance de la presente tesis. Para mayor detalle ver Jennifer Carless, *Op.Cit.*

⁵¹ Estudio español elaborado por AUMA y auspiciado por el IDAE, el CIEMAT y la Asociación de Productores de Energías Renovables-APPA. Cuantifica con un método científico homologado internacionalmente las diferencias de impacto ambiental entre las diversas tecnologías de generación de electricidad. Para más información sobre este punto ver www.gsystems.es/idac/pncno/pncno02.asp?id=2481

⁵² Robert E. Foster, *Photovoltaic market development and barriers in México*, tesis para obtener el grado de Maestría en Administración de Empresas, Universidad de Nuevo México, Las Cruces, Nuevo México, diciembre de 1998, pág. 20.

1.3 LA ENERGÍA EN LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD: DEL FUEGO AL ÁTOMO

El proceso que ha seguido el ser humano para llegar a hacer uso de la energía, ha sido un proceso difícil, de estudios constantes, de tropiezos, de retos, de júbilo y tristeza, en fin, de lucha, de paciencia, de entereza y empeño.

- Energía Luminoso deleite
Material audiovisual
Conae

La energía constituye un pilar fundamental en el desarrollo de la civilización, así lo demuestra la estrecha relación que existe entre la naturaleza de la energía y los diferentes estadios de la historia (ver gráfica 1). La disponibilidad de energía ha influenciado la forma y estructura de la propia sociedad, junto con otros factores tales como los adelantos tecnológicos y el avance de las comunicaciones. Si la mayoría de los miembros de un grupo social dedican gran parte de su tiempo a trabajar para obtener la alimentación que les permita sobrevivir, esa sociedad poseerá las características propias de una economía de subsistencia, si por el contrario pueden delegar parte de esas actividades en el trabajo de máquinas, sus organizaciones tenderán a ser más complejas. Se observa una correspondencia entre la habilidad del hombre en el manejo de la energía y la evolución de las sociedades, por lo que se considera que,

El abismo entre la economía de subsistencia y la altamente desarrollada depende casi totalmente de la disponibilidad relativa de energía utilizable en cada una de las sociedades.³³

Así, la energía y sus usos han adquirido una variedad de formas, desde los primeros humanos friccionando un par de piedras para obtener fuego, hasta *Albert Einstein* explorando la relación entre masa y energía, pasando por los campesinos chinos construyendo pequeñas presas hidráulicas, los trabajadores en las minas de carbón de Europa y América, y el danés *Poul La Cour* creando un dispositivo para transformar la energía cinética del viento en electricidad.

Desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego y sus devastadoras implicaciones, nos hemos dado a la tarea, y el placer, de encontrar nuevas formas de producir energía.³⁴

³³ Referencia desconocida. En la actualidad las políticas de eficiencia energética han logrado que se reduzcan los índices de consumo energético en la producción de bienes y en la oferta de servicios. No obstante, la disponibilidad de energía continúa siendo un elemento fundamental en las sociedades modernas.

³⁴ Palabras del Dr. Jorge Chávez Presa, Ex-Subsecretario de Política y Desarrollo de Energéticos de la Secretaría de Energía, durante la inauguración del Seminario "Energías renovables en la agenda ambiental mexicana: perspectivas sectoriales al año 2000", Colegio de Ingenieros Civiles, 18 de octubre de 1999.

En esta carrera, los usos constantemente evolutivos de la energía han sido producto y origen de transformaciones sociales. Se presenta una breve sinopsis de este proceso.

Energía muscular y energía de tracción animal

La primera forma de energía utilizada por el hombre fue su propio trabajo, ya que la energía muscular era el único medio con que contaba para asegurar su supervivencia y protegerse de los peligros externos. Con el tiempo, ante la necesidad de subsistir y debido a sus propias limitaciones físicas para hacerlo, el hombre fue ideando instrumentos tales como el arco, la flecha, la lanza, hachas, mazas, etc., que facilitaron en gran medida estas tareas. Asimismo, mediante la domesticación de animales, comenzó a utilizar su energía de tracción para fines de transporte, carga y labores agrícolas.

"Eramos hombres-máquina, que con nuestro sudor y la asistencia de toscas poleas, palancas, cabrias, vehículos de tracción animal y molinos de viento llegamos a construir pirámides, acueductos y catedrales"⁵⁵

El fuego

De acuerdo a la mitología griega, Prometeo roba del carro del sol el don del fuego para los mortales. Para la antropología el descubrimiento del fuego fue un suceso accidental que marca el inicio de una nueva era en el desarrollo de la humanidad. Tanto el mito de Prometeo como la Antropología consideran al uso del fuego como uno de los más importantes saltos hacia delante en la evolución humana. Las primeras manifestaciones artísticas de la humanidad, conocidas como pinturas rupestres datan de este periodo. Con el tiempo, a este vital elemento se le descubrieron nuevas aplicaciones al ser utilizado en la fundición de metales, con lo cual, se sustituyó a la madera, el hueso y la piedra como materias primas en la producción de instrumentos de trabajo y defensa, a la vez que permitió, más adelante, crear aleaciones que dieron paso al hierro, el estaño, el bronce, el cobre, etc.

La madera

La madera como combustible se convirtió en la fuente de energía básica que el hombre utilizó durante muchos siglos debido a su condición de recurso renovable, "de esta manera se liberó la energía solar almacenada mediante la fotosíntesis en forma de carbono en las ramas y troncos de los árboles para constituirse en el motor de las antiguas civilizaciones."⁵⁶

⁵⁵ Pilar S. Hoyos (Dir.), revista *Muy interesante*, no. Especial, La energía, No. 8, 1993, pág. 76.

⁵⁶ Derry T.K., Trevor I Williams, *Historia de la Tecnología. Desde la antigüedad hasta 1750*, México, S. XXI Ed., 1988, pág. 352.

El periodo durante el cual la madera fungió como principal energético fue muy largo, todavía en 1850 la madera proveía el 90% de las necesidades energéticas de los Estados Unidos.

Energía del viento.

Más adelante, se fue haciendo uso de otras fuentes energéticas; en el caso de la cultura china, por ejemplo, se utilizó el viento como fuente de energía en la navegación. En Persia también hizo su aparición el molino impulsado por el viento, y a partir del siglo XII los molinos para moler granos y bombear agua se extendieron por toda Europa a través de las guerras religiosas.

Energía hidráulica

Las corrientes de agua ya habían sido utilizadas desde hace muchos siglos atrás como fuente de energía por pueblos como Mesopotamia, quienes las utilizaban para accionar algunos molinos a través de norias, dando origen a la energía hidráulica. Este tipo de energía irrigaba los campos babilónicos hace tres mil años. En la llamada Edad Media europea generaba energía mecánica para los árabes y europeos, de tal forma que las primeras fábricas se construían cerca de represas para aprovechar su potencial.⁵⁷

Geotermia

Los balnearios de aguas termales son la aplicación más antigua de los fluidos geotérmicos que floreció en los días del Imperio Romano. En 1904, en Larderello, Italia, se generó electricidad por primera vez utilizando el fluido geotérmico. Una planta geotermoeléctrica de 250 kW de capacidad fue puesta en servicio en 1913. Medio siglo después se construyó otra planta geotermoeléctrica en Wairakei, Nueva Zelanda. Actualmente, México se ubica en tercer lugar respecto al aprovechamiento de esta fuente de energía a escala mundial.

Carbón

La descomposición anaeróbica de materia orgánica durante el período Paleozoico Superior -conocido también como Carbonífero- dio origen a la formación del carbón mineral:

(d) debido a la acción de las bacterias anaeróbicas, la materia orgánica fue ganando carbono y perdiendo oxígeno e hidrógeno; este proceso, aunado a los incrementos de presión y

⁵⁷ Derry T.K., Trevor I Williams, *Op.Cit.*, pág 364.

temperatura con el paso del tiempo, provocaron cambios físicos y químicos en los restos orgánicos y los transformaron en lo que hoy conocemos como carbón.⁵⁸

Con el tiempo, este recurso se convirtió en la fuente de energía que permitió a la humanidad acceder a la era industrial, al delegar gran parte de su esfuerzo físico en máquinas,

(1)a Revolución Industrial se dio a consecuencia de una serie de cambios tecnológicos que mecanizaron el proceso de producción. Estos cambios tecnológicos se originaron principalmente dentro del proceso de producción de energía; así, el primer gran cambio en el consumo energético se dio en este periodo, con la introducción del consumo del carbón mineral en el funcionamiento de la máquina de vapor.⁵⁹

La sustitución de la leña por el carbón obedeció principalmente a su abundancia, su explotación económica y mayor poder calorífico, propiedades que hasta entonces ningún otro recurso superaba, razón por la cual, se convirtió en el principal protagonista del crecimiento económico, ya que "sirvió tanto para la tracción ferroviaria y la propulsión de los barcos como para la mecanización del trabajo industrial."⁶⁰

La máquina de vapor de James Watt y otras innovaciones industriales que utilizaban como insumo energético al carbón desencadenaron las fuerzas de la industrialización. Grandes cambios surgieron en la economía y en la sociedad con la introducción de la máquina de vapor; el número de hombres para realizar un trabajo se redujo, al mismo tiempo que el consumo de energía tuvo un incremento. Por otro lado y dentro de este mismo escenario,

(1)os medios de transporte recibieron gran impulso al incorporarse el ferrocarril y el barco de vapor, lo que obviamente permitió el traslado de grandes volúmenes a un costo reducido, representando significativas ventajas con respecto a los vehículos de tracción animal.⁶¹

La expansión de la máquina de vapor trajo consigo una gran transformación económica, que modificó el *modus vivendi* de la sociedad y de la industria, y transformó las relaciones productivas dando paso al surgimiento del capitalismo.

Electricidad.

Desde la antigüedad los griegos ya apreciaban algunos fenómenos eléctricos, pero es hasta 1800 cuando con la pila inventada por Volta se iniciaron una gran serie de investigaciones sobre la electricidad y sus usos, convirtiéndose más adelante en un poderoso sustituto del carbón y desplazando a las máquinas de vapor por las eléctricas. Aún así, a principios del presente siglo la energía eléctrica todavía no se

⁵⁸ Juan Tonda, *El oro solar y otras fuentes de energía*, México, SEP-FCE-CONACYT, 1993, pág. 98.

⁵⁹ Tammy Reyes Córdoba, Pablo Arturo Haro Campos, *La transición energética: una necesidad económica*, tesis para obtener el grado de licenciado en economía, ENEP Aragón-UNAM, 1986, pág. 15.

⁶⁰ Derry T.K., *Op.Cit.*, pág. 373.

⁶¹ Tammy Reyes Córdoba et. al., *Op.Cit.*, pág. 21.

generalizaba, ya que su industrialización tuvo su auge hasta el periodo comprendido entre las dos guerras mundiales. En la actualidad, la energía eléctrica es el tipo de energía con mayor demanda a nivel mundial.

El petróleo

*El niño Dios te escrituró un establo, y los
veneros de petróleo el diablo.*

- Ramón López Velarde, La Suave Patria.

El petróleo es una sustancia de alto contenido energético que se originó por la

(a)cumulación de plancton verde y restos animales en los sedimentos del fondo marino, el cual, mediante una descomposición anaeróbica se transforma lentamente por procesos bioquímicos e inorgánicos en gotas de petróleo que se alojan en una roca sedimentaria llamada roca madre, posteriormente el petróleo migra a otro tipo de rocas de grano grueso y por lo tanto permeables, en las que se almacena formando depósitos.⁶²

Se estima que sus primeras aplicaciones datan de hace 6,000 años, cuando distintas culturas lo utilizaban como arma de guerra incendiaria, sustancia impermeabilizante y remedio contra un sinfín de enfermedades, no obstante, su historia moderna arranca el 27 de agosto de 1859, cuando un revisor de ferrocarril norteamericano llamado Edwin Laurentine Drake perforó el primer pozo petrolero en la ciudad de Titusville, Pennsylvania. A manera de anécdota, se cuenta que en los albores de la explotación de petróleo no existía demanda para este energético, por lo que se inventó el quinqué (por Antoine Lavoisier) para crear el mercado. Independientemente de la veracidad de esta historia, lo cierto es que muy pronto se inició su explotación en grandes proporciones. Más tarde, con el invento del automóvil (1885) su uso se generalizó en gran escala a través de uno de sus derivados: la gasolina. También se descubrieron aplicaciones útiles de otros derivados tales como el combustóleo, resina que representó un magnífico sustituto del carbón en la generación de electricidad.

Durante la primera guerra mundial, el petróleo se consolidó como el energético básico de la economía mundial, de forma tal que, "si a principios de siglo el 90% de la energía consumida provenía del carbón, en 1950 se había reducido a un 70% y en 1970 representaba escasamente un 30%."⁶³ Esto se debió a que el petróleo tiene mayor poder calorífico, no deja residuos sólidos y su producción es más económica.

El petróleo se convirtió en la piedra angular de la economía y permitió que hombres como Rockefeller, Deterding y Gulbenkian rápidamente acumularan las mayores fortunas de la historia moderna.

⁶² Juan Fonda, *Op.Cit.*, pág. 93.

⁶³ Tammy Reyes, *Op.Cit.*, pág. 25.

En los países industrializados se dio un incremento notable de las actividades que se sustentaban en el uso del petróleo, revolucionando con ello el modo de vivir de la sociedad; en el transporte, por ejemplo, se sustituyó el ferrocarril por el automóvil, en las actividades domésticas se infiltran una gran cantidad de aparatos domésticos que vinieron a simplificar el trabajo del hogar; en la industria textil, la petroquímica modificó el vestir, sustituyendo a las fibras naturales por materiales sintéticos.⁶⁴

Ante las facilidades revolucionarias que introdujo el petróleo en el estilo de vida, se le subordinó a los requerimientos del desarrollo de los países industrializados, al tiempo que un petróleo abundante dio pie al derroche de energía en todos los campos de la actividad económica.

Por otro lado, debido a su abundancia, alto poder calorífico y económica explotación, el petróleo se convirtió en el energético por excelencia, suministrando a los países poder económico y fuerza política. Las primeras exploraciones petrolíferas realizadas en Medio Oriente fueron hechas por compañías de origen europeo, principalmente provenientes del Reino Unido, que era el país que ejercía control sobre aquellas zonas.

Fue tal la magnitud de yacimientos descubiertos en varias partes, que antes de la segunda guerra mundial, la producción de petróleo en el mundo estaba controlada por compañías tanto europeas como norteamericanas y no sólo se limitaban al medio oriente, sino que también poseían el control, de otros países, entre ellos México y Venezuela. Estas compañías conocidas como las *Siete Hermanas* controlaban tanto la producción, refinación, transporte, distribución y comercialización del petróleo.⁶⁵

En el caso de México, el porfiriato se dibujó como la etapa idónea para el asentamiento de las compañías petroleras extranjeras en el territorio nacional.

Gas natural

El gas natural es un combustible compuesto por hidrocarburos parafínicos. Se produce directamente en los campos de gas o en campos petroleros como subproducto de la absorción o destilación del aceite. En su mayor parte está compuesto por hidrocarburos más ligeros como el etano y el metano, y en una menor proporción por otros hidrocarburos entre los que se encuentran el propano, butano, pentano, exano, heptano y otros. Aunque posee un poder calorífico mayor que el del petróleo y su combustión es más limpia, los altos costos de su explotación comercial limitaron su consumo durante mucho tiempo; en la actualidad, gracias a diversas técnicas como la licuefacción se ha podido transformar este gas en líquido, con lo que ha aumentado vertiginosamente su tasa de aprovechamiento.

⁶⁴ Charles Mitchell, *L'energie et l'homme*, pág. 102.

⁶⁵ José Camacho Morales. *Apuntes para la historia del petróleo. El nuevo Pemex*, México, Pemex, 1987, pág. 53.

Energía nuclear

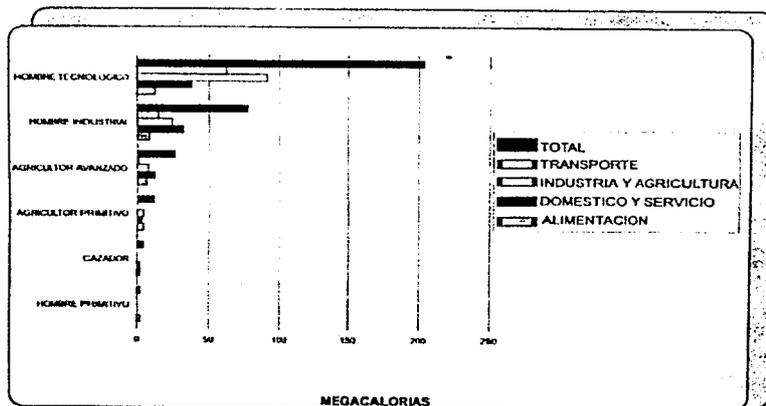
En la década de los sesenta la energía nuclear comenzó a ser considerada como el próximo paso en la tecnología de los sistemas energéticos. Se consideraba que había muy pocos problemas que podían quedar fuera del alcance de los científicos y se suponía que la energía nuclear no resultaría muy costosa, incluso se decía que tal vez fuera demasiado barata como para medirla. En el año de 1954 entró en operaciones la primera central nuclear de producción de energía eléctrica, en las proximidades de Obninsk, en la afueras de Moscú.

Más adelante, las crisis petroleras de los años setenta gestaron la atmósfera apropiada para el desarrollo de la energía nuclear. De tal forma, se apuesta por su desarrollo y se invierten grandes sumas de dinero en la construcción de plantas nucleares tanto en los Estados Unidos como en Europa, e incluso, en algunos países en desarrollo como en el caso de México con la entrada en operación de la planta nucleoelectrónica "Laguna Verde" en los años ochenta.

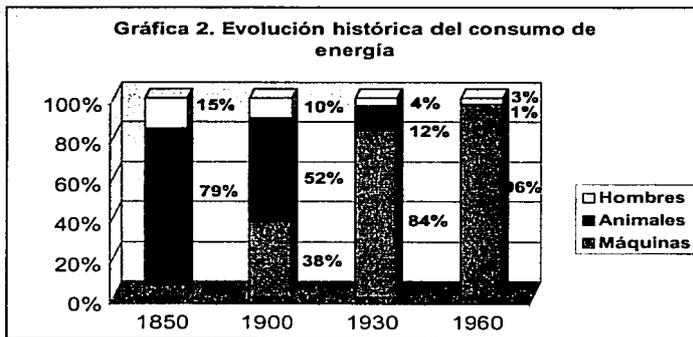
En la práctica la energía nuclear resultó ser demasiado costosa al requerir de equipo y dispositivos de seguridad onerosos, al tiempo que los riesgos de este tipo de generación dieron lugar a múltiples accidentes fuera del alcance de las teorías científicas. La trágica experiencia de Chernobyl en los años ochenta, así como otros accidentes nucleares, dejaron al descubierto los peligros asociados a este tipo de generación. A través de sondeos de opinión se ha comprobado que la energía nuclear tiene muy baja aceptación entre la opinión pública; sin embargo, se considera que en un futuro podría ser una fuente importante de suministro de energía si se logran minimizar sus riesgos y reproducir el proceso de fusión nuclear que se lleva a efecto en el sol.

Como se ha podido observar, el hombre fue paulatinamente aprendiendo a usar la energía ajena a su propia fuerza. Si a mediados del siglo pasado el 79% de la energía utilizada por el hombre provenía del trabajo de los animales, en nuestros días apenas significa el 1%. Por el contrario, si en plena Revolución Industrial el trabajo de las máquinas sólo alcanzaba el 6% de las energías explotadas, hoy les corresponde más del 96% (ver gráfica 2 pág. 38). De tal forma, la humanidad se ha valido de diferentes fuentes de energía en las diversas etapas de su historia, que van desde su misma energía muscular hasta los hoy predominantes combustibles fósiles. Hoy en día, algunas señales muestran los inconvenientes de prolongar las actuales prácticas energéticas, entre éstas se encuentran los problemas ambientales que se reseñan a continuación.

Gráfica 1. Consumo de energía por el hombre en sus diferentes etapas de desarrollo



Fuente: Curso de inducción a la energía



Fuente: Tammy Reyes Córdoba, Pablo Arturo Haro Campos, *La transición energética: una necesidad económica*, tesis para obtener el grado de licenciado en economía, ENEP Aragón-UNAM, 1986.

CAPITULO 2. ENERGÍA, AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE: UN ESFUERZO INTERNACIONAL

2.1 COMBUSTIBLES FÓSILES Y AMBIENTE

*We can no longer think "energy" without also
immediately thinking "environment".*

*- John J. Easton
US Department of Energy*

Las preocupaciones ambientales están estrechamente relacionadas con la producción y consumo de recursos energéticos fósiles. En la medida en que los recursos energéticos forman parte de la biosfera, entendida ésta como "un sistema que engloba a todos los seres vivientes de nuestro planeta, así como el aire, el agua y el suelo que constituyen su hábitat"⁶⁶, el uso racional o irracional de estos recursos y su naturaleza están vinculados directamente al equilibrio ecológico de los sistemas en que se encuentran.

Los perjuicios ambientales de la producción y consumo de recursos energéticos fósiles inciden en diversos órdenes. Algunos de ellos se enmarcan dentro de la denominada *primera generación* de problemas ambientales, identificados en los años setenta, y que comprenden la contaminación del agua, aire, y suelo (degradación del suelo) proveniente de actividades industriales o de actividades asociadas con la pobreza y el subdesarrollo. Otros más corresponden a la llamada *segunda generación* de problemas ambientales, que comenzaron a atraer la atención pública y política en los años ochenta, a saber: la lluvia ácida, el agotamiento del ozono estratosférico, el calentamiento global (cambio climático), la deforestación y desertificación, la preservación de la biodiversidad, el tráfico internacional de productos y desechos tóxicos y peligrosos, y la cuestión de la protección del medio ambiente en tiempos de conflicto armado.⁶⁷

A continuación un panorama general de los efectos dañinos tanto de primera como de segunda generación resultado de las prácticas energéticas convencionales.

2.1.1 Contaminación del aire

La combustión de energéticos fósiles libera diversos tipos de partículas y gases, tales como: partículas sólidas, dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂). Estas emisiones tienen efectos negativos sobre la atmósfera.

⁶⁶ Juan Senet, "La contaminación", Salvat Editores, Colección Grandes Temas Núm. 1, Barcelona, 1973, pág. 19.

⁶⁷ Andrónico O. Adede, *Op.Cit.*, pág. 27.

Las partículas sólidas arrastradas por los gases de combustión dan lugar a la formación de humos opacos, éste ha sido tradicionalmente el efecto pernicioso más llamativo, tanto de la combustión del carbón, como de los derivados pesados del petróleo.⁶⁸

Las partículas de carbón contenidas en el humo son del combustible incompletamente consumido; por consiguiente, los humos arrojados por las chimeneas son indicadores de la deficiencia del proceso de convertir el combustible en energía útil.⁶⁹

Dicho en otras palabras, se está desperdiciando energía en el ciclo de transformación.

Por su parte, el SO₂ ha sido uno de los gases más polémicos, debido a que se le considera causante de la *lluvia ácida*, la cual a su vez tiene un efecto muy dañino especialmente sobre la vida vegetal (vid. infra).

El nitrógeno (NO_x), que es un gas muy abundante en la naturaleza, es inerte en condiciones normales, sin embargo, a temperaturas superiores a 1,000° reacciona con el oxígeno para formar distintos tipos de óxidos de nitrógeno que contribuyen a la lluvia ácida, tan nociva para el suelo, ocasionando además nieblas tóxicas y favoreciendo la formación de ozono atmosférico.⁷⁰

Se ha registrado que el transporte es el sector que registra más emisiones de NO_x. La energía para este sector se obtiene a través de derivados del petróleo conocidos como gasolinas. La gasolina es la sangre de la locomoción moderna; los motores que operan con gasolina van depositando en el aire elementos contaminantes que alteran su calidad. Uno de los peores contaminantes relacionados con los automóviles es el ozono, el cual se forma cuando los óxidos de nitrógeno, subproducto de la combustión de hidrocarburos, reaccionan con la luz solar.

El ozono puede provocar problemas respiratorios graves, y se ha comprobado que el ozono que se encuentra a nivel de la superficie provoca dificultades pasajeras y daños pulmonares a largo plazo en concentraciones menores que lo que se suponía hasta hace poco tiempo.⁷¹

Otros contaminantes peligrosos que emanan de los escapes de los automóviles son: el dióxido de nitrógeno, el monóxido de carbono, el plomo e hidrocarburos tóxicos tales como benceno, tolueno, xileno y dibromato de estilo, que amenazan gravemente la salud.

A su vez, el plomo tiene la particularidad de viajar grandes distancias, por lo que contribuye a la contaminación transfronteriza.

⁶⁸ José Fernández Olano, "Energía y medio ambiente", en *Cogeneración y medio ambiente*, México, Conae, 1996, pág. 106.

⁶⁹ Douglas M. Considine (Comp.), *Op.Cit.*, pág. 72.

⁷⁰ José Fernández Olano, *Op.Cit.*, pág. 110.

⁷¹ *Idem*.

Los efectos negativos de la actividad industrial petrolera a gran escala, se vieron inicialmente como problemas localizados de contaminación del aire y del agua. La expansión de la actividad industrial petrolera se realizó sin reparo de sus repercusiones en el entorno biofísico donde tenían lugar, lo cual se reflejó en la contaminación del aire de los Angeles, la muerte del Lago Erie, y el gradual deterioro de grandes ríos como el Mosela, el Elba y el Rhin, entre otras cosas. Estos problemas locales surgieron también en los países periféricos a medida que se difundían el crecimiento industrial, la urbanización y el uso de automóviles.

2.1.2 Contaminación asociada a la industria de los combustibles fósiles

Por otro lado, el manejo y la utilización de energía fósil tiene otras repercusiones de consideración sobre el entorno. Son conocidos los efectos sobre el ambiente de actividades relacionadas con el sector energético, mismas que incluyen, en general, labores de exploración, explotación, producción, transporte y consumo.

En lo que se refiere al petróleo, su exploración y producción se realizan tanto en la superficie terrestre como en el subsuelo marítimo, por lo que su tratamiento expone inmediatamente al ecosistema.

Las actividades de exploración de hidrocarburos y su infraestructura de apoyo, están asociados a operaciones de gran escala y ambientalmente disruptivas. Éstas incluyen técnicas sísmicas que repercuten en la afectación de grandes áreas de vegetación, en la perforación de pozos profundos y en el uso de equipo pesado para exploración de pozos en tierra y mar. Además, estas actividades se efectúan a menudo en áreas ambientalmente sensibles, como son las más remotas y silvestres. Esta situación se exagera aún más por los riesgos de derrame de petróleo, explosiones e incendios.⁷²

El petróleo también constituye una amenaza potencial al ambiente al ser trasladado de un lugar a otro. Debido a que el medio más común para llevar el petróleo de los países productores hacia los países consumidores es por vía marítima, los océanos han sido objeto de graves desastres de contaminación. Tal fue el caso del buque "Torrey Canyon" que en 1967 derramó 50,000 toneladas de petróleo crudo al Mar de la Mancha, y el "Amoco Cádiz" que en 1978 ocasionó el derrame de 230,000 toneladas de petróleo crudo frente a las costas francesas, y el lamentable suceso del "Ixtoc" en nuestro país hacia 1979. Existen múltiples ejemplos de casos similares, pero el naufragio del buque tanque Exxon Valdez en Prince William Sound, Alaska, el 24 de marzo de 1989, fue el desastre oceánico más trágico de los últimos tiempos.

El derrame provocó un desastre ambiental que subsistirá por décadas, ya que el petróleo no se descompone con la misma rapidez en el frío clima de Alaska que en regiones más cálidas. Además, dado que gran parte del petróleo llegó hasta el fondo de Prince William Sound o se disolvió en el agua, la reproducción animal se verá afectada por

⁷² Gerald Foley, *La cuestión energética*, Barcelona, Ediciones del Cervat, 1981, pág. 53.

enfermedades y otros efectos negativos a medida que los hidrocarburos se rezuman y asciendan en la cadena alimenticia.⁷³

El derrame de Alaska fue el cenit de lo que se consideró un año sumamente problemático para la industria del petróleo. También en 1989 la costa de la Antártida fue el escenario de dos derrames petroleros que afectaron las playas de Bélgica, Holanda, Florida, Hawai y el Estado de Washington.

Son muchos los accidentes trágicos en este sentido, no obstante, si bien los derrames importantes atraen la atención de los medios, existe una gran cantidad de petróleo que ingresa al mar por actividades cotidianas, a través de desagües de barcos que descargan sus tanques y de efluentes de las plantas industriales. Un estudio realizado en 1985 por el Consejo Nacional de Investigaciones de España, denominado *Petróleo en el Mar*, estimó que por año ingresan al mar de esta manera 21 millones de barriles de petróleo, una cantidad muy superior a los 600,000 barriles de petróleo derramados accidentalmente como promedio anual durante la última década.

Es decir, no sólo es contaminante el petróleo *per se* sino todo el proceso que rodea a su industria. Podemos hablar de una "colaboración" integral a la contaminación por parte del petróleo.

De manera muy similar

La extracción, procesamiento y transporte de minerales energéticos como el carbón y el uranio incluyen labores de superficie y subterráneas de tipo industrial, dragado y extracción hidráulica y lixiviación de desecho en las minas. Estas actividades implican alteraciones del uso del suelo, deforestación, destrucción de barreras físicas como caminos de acceso, polvo, ruido y contaminación de aguas superficiales y subterráneas⁷⁴

No es difícil advertir que el impacto del consumo de combustibles fósiles sobre el medio ambiente es vasto. De tal manera, tiene efectos a nivel local al contaminar el entorno inmediato en donde tiene lugar su explotación, a la vez que prácticamente todo el proceso de extracción de los mismos del subsuelo deja secuelas de deterioro ambiental. Posteriormente se comenzó a vislumbrar que la combustión de energéticos fósiles tenía efectos ambientales de dimensiones aún mayores.

⁷³ Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, *Cogeneración y Medio Ambiente*, México, Conae, 1996, pág. 107.

⁷⁴ Gerald Foley, *Op.Cit.*, pág.58.

2.1.3 Lluvia ácida

La combustión de hidrocarburos libera múltiples sustancias tóxicas o venenosas, que son arrojadas a la atmósfera y distribuidas por los vientos en todo el mundo, atravesando fronteras.

Cuando el azufre y los óxidos de nitrógeno entran en contacto con el agua o vapor de agua de las nubes, se producen reacciones que forman ácidos; así como cuando llueve, estos ácidos se depositan en el suelo reaccionando con éste, o bien, contribuyendo a la acidificación de los depósitos de agua.⁷⁵

La lluvia ácida es lluvia mezclada con ácido nítrico, sulfúrico y otros resultantes de la combustión de recursos energéticos fósiles.

Se reconoce que "las fuentes principales de los óxidos de azufre y nitrógeno son las industrias, al quemar combustibles como el carbón y el petróleo, aunque también proceden de las fundidoras de metal"⁷⁶. De nuevo, el uso de la energía resulta ser una causa importante del problema.

Una de las zonas más afectadas es la parte central de Europa y la parte oriental de Norteamérica (Estados Unidos y Canadá), áreas que intercambian emisiones. Este transporte de contaminación tiene graves consecuencias, pues la lluvia ácida ataca desde monumentos⁷⁷ hasta peces, lo que ha ocasionado que especies marinas hayan desaparecido en lagos y corrientes en el Noreste de Norteamérica y en Europa del Norte.

La búsqueda de soluciones internacionales a este problema dio lugar a la negociación el Protocolo de Helsinki de 1985, a través del cual los países del Norte de Europa y los Estados Unidos se comprometieron a reducir el 30% de las emisiones de SO₂ con respecto a los valores de 1980. Este compromiso ha logrado una gran disminución en el contenido de azufre del agua de lluvia.

Un ejemplo más cercano lo tenemos en la contaminación transfronteriza entre México y Estados Unidos. A este respecto, son necesarias negociaciones bilaterales que estipulen directrices para resolver, o al menos disminuir el problema, pues, a fin de cuentas, es un problema común. Fenómenos como la lluvia ácida nos advierten sobre el carácter transfronterizo de los problemas ambientales.

⁷⁵ José Fernández Olano, *Op. Cit.*, pág. 106.

⁷⁶ Meyers Schipper, *Energy efficiency and human activity*, Londres, Cambridge University Press, 1992, pág. 47.

⁷⁷ Las emisiones de dióxido de azufre de una central térmica de carbón y la lluvia ácida han dañado el Taj Mahal a tal punto que el gobierno de la India tuvo que cerrar la planta para instalar equipos de depuración que aseguren menores emisiones.

2.1.4 Efecto invernadero y cambio climático

Lo que hace apenas algunos años era todavía una hipótesis muy controvertida se ha traducido ahora en una realidad tan concreta como devastadora.

- Mtra. Julia Carabias Lillo

Hoy la muerte del planeta flota en la atmósfera, fruto del recalentamiento por el efecto invernadero. De este modo en la esfera vital de la que la humanidad forma parte se ha introducido un nuevo tipo de muerte.

- Edgar Morin

El Sol es la fuente primaria de energía que controla el estado del tiempo y el clima del planeta. Las radiaciones provenientes del Sol son interceptadas por la Tierra y un porcentaje de esta radiación solar es reflejada de regreso al espacio, mientras el resto es absorbido por diferentes partes del sistema climático: atmósfera, océanos, zonas glaciares, suelo y varias formas de vida.

De manera específica, sobre la Tierra incide de forma permanente un flujo de rayos solares de onda corta cuyo contenido energético se estima en 340 kWh (kilowatt hora). La mayor parte de estas ondas luminosas atraviesan la atmósfera y alcanzan la superficie terrestre calentándola. A su vez, la Tierra emite la energía que recibe hacia el espacio exterior en forma de ondas térmicas conocidas como radiación de onda larga. Sin embargo, no toda la energía recibida del sol es devuelta debido a la existencia de gases en la atmósfera que retienen el calor, actuando a modo de un "gigantesco invernadero", por lo que se les conoce como *gases de efecto invernadero* y son: vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, ozono troposférico, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y el hexafluoruro de azufre. Estos gases presentes en la atmósfera absorben gran parte de la radiación infrarroja que emite la Tierra, impidiendo que la energía pase directamente de la superficie terrestre al espacio, y es debido a ellos que la Tierra mantiene una temperatura adecuada para albergar vida.



Figura 1. Efecto invernadero

El dióxido de carbono (CO₂) es el más abundante de los gases invernadero, y sin él se calcula que la temperatura sería de -13⁷⁸. Podemos notar que el llamado "efecto invernadero" es un fenómeno benéfico e imprescindible para la vida, pero lo que hoy alarma a los científicos es su modificación sustancial.

Se sabe que las concentraciones de gases de invernadero han aumentado como consecuencia del modo de vida industrial (ver gráficas 4 y 5, pág. 105). A continuación una tabla en la que se ilustran las concentraciones pre-industriales y actuales de gases de invernadero, y su tiempo de vida en la atmósfera.

Tabla 2. Concentraciones y vida atmosférica de los gases de efecto invernadero.

	CO ₂ (dióxido de carbono)	CH ₄ (Metano)	N ₂ O (Óxido nitroso)	CFC-11 (Clorofluoro carbono- 11)	HFC- 23(Hidroflu orocarbono -23)	CF ₄ (Perflu oro-metano)
Concentraciones pre- industriales	280 ppm aprox.	0.7 ppm aprox.	0.27 ppm aprox	cero	Cero	400 ppt
Concentraciones en 1998	365 ppm	1.745 ppm	0.314 ppm	268 ppt	14 ppt	80 ppt
Tasa de cambio en las concentraciones b	1.5 ppm/año ^a	0,007 ppm/año ^a	0,0008 ppm/año	-1.4 pp/año	0.55 pp/año	1ppt/año
Tiempo de vida en la atmósfera	5 a 200 años ^c	12 años ^d	114 años ^d	45 años	260 años	>50,000 años

^a La tasa ha fluctuado entre 0.9 ppm/año y 2.8 ppm/año para el CO₂ y entre 0 y 0.013 ppm/año para el CH₄ durante el periodo de 1990 a 1999.

^b La tasa es calculada sobre el periodo de 1990 a 1999.

^c No se puede definir un tiempo de vida único para el CO₂ debido a las diferentes tasas de levantamiento por diferentes procesos de remoción.

^d Este tiempo de vida ha sido definido como "tiempo de ajuste" que toma en cuenta el efecto indirecto del gas en su propio periodo de residencia.

Fuente: *Third Assessment Report, Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability, Summary for Policy Makers*, march, 2001.

Desde 1898 el científico sueco *Svante Arrhenius* advirtió que las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono podrían llevar a un cambio en el clima al aumentar la capacidad de la atmósfera para absorber radiación infrarroja y romperse el equilibrio entre la energía que entra y la que sale de la atmósfera. No obstante, es hasta la década de los setenta que se profundiza en la investigación del fenómeno y se advierte que hay un delicado balance entre la radiación que sale y la energía solar que entra, por lo que cualquier cambio en los factores que afectan este balance de energía saliendo y entrando, o de la distribución de la energía por sí misma, puede cambiar el clima en la Tierra.

⁷⁸ José Fernández Olano, *Op.Cit.*, pág. 110.

El cambio climático es un cambio del clima en un período de tiempo que puede variar de décadas hasta siglos. El término se refiere tanto a los cambios inducidos por la naturaleza, como a los inducidos por los seres humanos. Los cambios en el clima son parte de la experiencia de la Tierra; a lo largo de las eras geológicas han ocurrido lentamente tomando miles de años para ganar o perder un solo grado de temperatura. Sin embargo, si bien en períodos interglaciares los cambios se han dado en intervalos de 0.002 grados por década, desde 1990 la temperatura ha incrementado en 0.05 grados y las proyecciones del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), grupo de investigación establecido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en 1988 para realizar estimaciones científicas sobre el cambio en el clima, estiman incrementos en la temperatura que oscilan entre 1.4 y 5.8°C para el próximo siglo.

Resulta evidente que los cambios que registra el clima presentan períodos cada vez más cortos, se estima que en una escala global estos cambios serán de diez a quince veces más rápidos que el promedio natural.

Los estudiosos del clima coinciden en que las perturbaciones climáticas recientes son resultado de alteraciones en la composición de la atmósfera consecuencia de actividades humanas. La *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (UNFCCC por sus siglas en inglés) define este fenómeno como:

(u)n cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.⁷⁹

Ciertas prácticas, entre las que destaca la producción y consumo de energía proveniente de fuentes fósiles, liberan grandes cantidades de CO₂, el principal gas de efecto invernadero.

El CO₂ es el más importante de los gases antropogénicos de efecto invernadero. La producción y el uso de energía de origen fósil representa aproximadamente tres cuartas partes de las emisiones de CO₂ resultado de la actividad humana. Otros gases de efecto invernadero relacionados con la energía incluyen el metano (CH₄) de la producción, transporte y uso de gas natural y carbón, óxido nitroso (N₂O) principalmente por el uso de madera como combustible, y otros precursores del ozono troposférico (O₃). El sector energía ha sido la fuente mayor de la acumulación de CO₂ en la atmósfera, y reducir las emisiones de este sector es un componente necesario de cualquier acción para hacer frente al cambio climático.⁸⁰

Este incremento en los niveles del CO₂ atmosférico se debe a que la combustión de recursos fosilizados libera carbono histórico que perteneció a ciclos del pasado,

⁷⁹ ONU, *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, 1992.

⁸⁰ Agencia Internacional de la Energía, *CO₂ emissions from fuel combustion 1971-1996*, OCDE/IEA, 1998, pág. XV.

(e) En realidad, las reservas de energías fósiles como el petróleo y el carbón no son otra cosa que biomasa histórica, generada en un pasado de millones de años atrás. Al quemarlas, el carbón "histórico" que contienen es regresado al ciclo orgánico de la vida en la atmósfera, desequilibrándola a la vez.⁸¹

De esta manera,

(e) El reincorporar a la atmósfera, con una tasa superior a 5000 millones de toneladas por año, el carbón que la naturaleza —la biosfera— capturó y sepultó durante millones de años, para darle a la atmósfera la composición y estabilidad climática que caracteriza al planeta Tierra, es la causa básica del proceso de calentamiento global e inestabilidad climática que experimentamos en este fin de milenio.⁸²

Los estudios sobre las concentraciones históricas de CO₂ muestran un incremento sostenido de este gas desde la Revolución Industrial (ver gráfica 4, pág. 105), que se ha acentuado en las últimas dos décadas. Como consecuencia de las concentraciones actuales de gases invernadero, el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático opina que probablemente el fenómeno de cambio climático provocado por los seres humanos ya ha iniciado, ya que desde fines del siglo XIX las temperaturas medias mundiales han aumentado 0.5°C (ver gráficas 6 y 7, pág. 106). Además, el IPCC ha declarado que las emisiones actuales y pasadas aseguran que habrá algún grado de cambios climáticos en el siglo XXI.

En el Tercer Reporte del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (Third Assessment Report, TAR), dado a conocer en el mes de febrero de 2001, 123 especialistas advierten que "los cambios climatológicos pronosticados para el siglo XXI tienen el potencial de llevar a transformaciones futuras de gran escala, y probablemente irreversibles en los sistemas de la Tierra."⁸³ Las investigaciones de este Reporte ponen fin a la anterior incertidumbre en torno a la veracidad del fenómeno; actualmente el cambio climático es un hecho científicamente comprobado y cuya existencia no es materia de discusión. Las interrogantes ahora se limitan al grado de aumento en las temperaturas.

El Reporte sitúa un incremento en la temperatura para el año 2100 de entre 1.4 °C y 5.8 °C, lo cual traería consecuencias devastadoras si tomamos en cuenta que una diferencia de temperatura de 5 °C llevó la última era glacial a su fin. Se prevén drásticas perturbaciones climáticas por regiones, entre las que se encuentra el deshielo de los polos glaciares, un subsecuente aumento en el nivel del mar de entre 11 a 88 cm para fines del presente siglo que afectaría a muchas zonas costeras de bajo nivel.

Se señala que algunos ecosistemas pueden sufrir daños significativos e irreversibles y que los sistemas naturales en riesgo incluyen glaciares, arrecifes de coral y atolones, mangles, bosques tropicales y boreales, ecosistemas polares y alpinos,

⁸¹ Remi Rijs Rutten, *Op.Cit.*, pág. 10.

⁸² Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables (COFER), "Políticas y acciones para la promoción del calentamiento de agua con energía solar en el sector residencial", ensayo inédito, 10 de diciembre de 1997.

⁸³ Nuñez, Kyra, (2001), "Alerta por el cambio climático", La Jornada, 20 de febrero, pág.48.

pantanos de pradera, y los restos de las praderas nativas. También se indica que mientras algunas especies pueden aumentar en abundancia y extensión, el cambio climático incrementará los riesgos de extinción de algunas especies vulnerables y la pérdida de la biodiversidad.

De acuerdo con el TAR, los sistemas humanos sensibles al cambio climático incluyen principalmente recursos hidrológicos; agricultura (especialmente la seguridad alimenticia) y bosques; zonas costeras y sistemas marinos (pesqueros); asentamientos humanos, energía e industria; aseguradoras y otros servicios financieros; y salud humana. Se especifica que la vulnerabilidad de estos sistemas varía de acuerdo a la ubicación geográfica, el tiempo, y las condiciones económicas y ambientales.

Los impactos adversos proyectados son:

- Una reducción general en el potencial de rendimiento de los cultivos en la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales, para la mayoría de las proyecciones de aumento en las temperaturas.
- Una reducción general -con ciertas variaciones- en el potencial de rendimiento de los cultivos en la mayoría de las regiones de las latitudes medias por incrementos en la temperatura promedio anual de más de unos cuantos °C.
- Disminución en la disponibilidad de agua para poblaciones en muchas regiones con escasez de agua, particularmente en los subtropicos.
- Incremento en el número de personas expuestas a enfermedades de origen vectorial (e.g. malaria) y relacionadas con el agua (e.g. cólera), y un incremento en la mortalidad como consecuencia del calor.
- Un amplio incremento en el riesgo de inundaciones en muchos asentamientos humanos (decenas de millones de habitantes en los asentamientos estudiados), derivadas tanto del incremento en las precipitaciones severas, como por el aumento en el nivel del mar.
- Incremento en la demanda de energía para enfriamiento de ambientes debido a temperaturas más altas en el verano.

Se proyectan también algunos impactos benéficos, a saber:

- Incremento en el potencial de rendimiento de cultivos en algunas regiones de las latitudes medias por incrementos en la temperatura.
- Incremento en la disponibilidad de agua para poblaciones en algunas regiones de escasez, por ejemplo, en partes del sudeste de Asia.
- Reducción de la mortalidad de invierno en las latitudes medias y altas.
- Reducción de la demanda de energía para calentamiento de ambientes debido a temperaturas más altas en el verano.

Sin embargo, es necesario enfatizar que los posibles efectos colaterales benéficos son de mucho menor magnitud que los perjuicios asociados al fenómeno.

Se estima que la diversidad biológica se verá afectada a medida que las zonas climáticas se vayan desplazando hacia los polos y disminuya la superficie de bosques tropicales y boreales septentrionales. Además, los bosques y desiertos, así como otros ecosistemas se pueden hacer más húmedos, más secos, más calurosos o más fríos, lo que afectará a muchas especies y ocasionará perturbaciones a gran escala en la agricultura, la pesca y las explotaciones forestales.

También se esperan cambios en la regularidad e intensidad de las lluvias como consecuencia de un fenómeno conocido como ciclo hidrológico intensificado, que consiste en el aceleramiento de los patrones de evaporación y precipitación del agua como resultado del exceso de este líquido –proveniente del deshielo de los polos y el aumento en el nivel del mar- y mayores temperaturas; es decir, habrá más agua que se evaporará y condensará más rápido.

A nivel regional, en el Tercer Reporte del IPCC señala lo siguiente:

Tabla 3. Impacto climático por regiones (IPCC).
América Latina: Patrones combinados de inundaciones y sequías frecuentes. Disminución del rendimiento de cultivos. Mayor peligro de malaria y cólera.
Norteamérica: la producción de alimentos se beneficiaría con un calentamiento leve, pero perjudicará a las grandes llanuras de Canadá y EE.UU. Las zonas costeras de América del Norte sucumbirán a la inundación y a las tormentas.
África: Disminución del rendimiento de las cosechas de granos y menos agua disponible. Reducción de las precipitaciones anuales.
Asia: altas temperaturas, sequías, inundaciones y degradación de los suelos.
Europa: La mitad de los glaciares alpinos podría desaparecer para fines del siglo XXI. Inundaciones. Sequías en el sur de Europa.
Polar: Sufrirá los mayores cambios que podrían continuar por siglos, mucho después que se establezcan las concentraciones de gases de invernadero, y causar daños irreversibles a los casquetes de hielo, la circulación en los océanos y la consecuente elevación del nivel del mar.

Las previstas consecuencias del cambio climático comienzan a ser contemplados como verdaderas amenazas por los gobiernos nacionales, e incluso, en los Organismos Internacionales, tal como lo demuestra el hecho de que,

(e)n un discurso enardecido pronunciado ante la Asamblea General de las Naciones Unidas en octubre de 1987, el presidente de Maldivas describió a su país como una nación en peligro. Con la mayoría de sus 1,196 islas que apenas asoman 1.80 metros sobre el nivel del mar, tal vez quede muy poco del archipiélago para el próximo siglo. El

presidente destacó con patetismo que "nosotros no contribuimos a la catástrofe que se cierne sobre nuestra nación y solos no vamos a poder salvarnos"⁸⁴

Según datos del PNUMA, si los gases de efecto invernadero se siguen emitiendo al ritmo actual, en la próxima década la Tierra dejará de emitir 2% de energía hacia el espacio lo que equivale a retener el contenido energético de 3 millones de toneladas de petróleo por minuto.

Por primera vez se advierten las condiciones que impone la segunda ley de la termodinámica al crecimiento económico que se alimenta de la desorganización de los ecosistemas, la pérdida de productividad de las tierras y la transformación tecnológica de los recursos, enfrentándose a la ineluctable degradación entrópica de los procesos productivos. Es esta degradación de la energía útil lo que se manifiesta en el calentamiento global del planeta, como efecto de la creciente producción de gases invernadero y la disminución de la capacidad de absorción de dióxido de carbono debido al avance de la deforestación".⁸⁵

En un futuro, se estima que

la desintegración de la capa del Bloque Occidental de Hielo Antártico o el derretimiento del Bloque de Hielo de Groenlandia puede elevar el nivel global del mar más de 3 m durante los siguientes 1,000 años, sumergir muchas islas, e inundar extensas áreas costeras. En función de la tasa de pérdida de hielo, el grado y magnitud del aumento en el nivel del mar puede exceder la capacidad de los sistemas naturales y humanos para adaptarse sin impactos sustanciales. La liberación del carbono terrestre de las regiones heladas y el metano de los hidratos en los sedimentos costeros, inducida por el calentamiento, puede incrementar aún más las concentraciones de gases invernadero en la atmósfera y exacerbar el cambio climático.⁸⁶

De tal forma, se señala el peligro de desencadenar una serie de reacciones que acentúen el fenómeno, si un aumento en la temperatura llega a derretir los casquetes polares como consecuencia de una mayor emisión de gases de invernadero.

De acuerdo con la AIE, las emisiones globales de CO₂ resultado de la combustión de petróleo, carbón y gas natural, pasaron de 16,222 Mt en 1973 a 22,726 Mt en 1998, cifra esta última a la que los países de la OCDE contribuyen en 52.9%.⁸⁷ En la siguiente gráfica se observan los porcentajes regionales de emisiones de CO₂ para el año 1998.

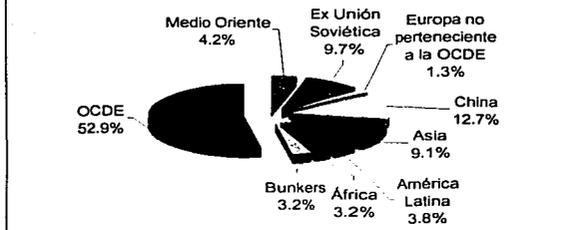
⁸⁴ Alberto Glender y Víctor Lichtinger, *La diplomacia ambiental*, México, SRE-FCE, 1996, pág. 87.

⁸⁵ Enrique Leff, *Op. Cit.*, pág. 12.

⁸⁶ Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Third Assessment Report, Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*, Summary for Policy Makers, march, 2001.

⁸⁷ International Energy Agency, *Key World Energy Statistics from the IEA*, IEA, 2000, págs. 30-31.

Gráfica 3. Porcentajes regionales de emisiones de CO₂, 1998



Fuente: International Energy Agency, Key World Energy Statistics from the IEA, IEA, 2000, págs. 30-31.

Todas las regiones contribuyen en mayor o menor medida al incremento de las concentraciones de CO₂ en la troposfera. Ante el reconocimiento del cambio climático como problema de orígenes y consecuencias globales, la comunidad internacional ha desplegado un conjunto de acciones tendientes a establecer, analizar y ejecutar vías para su solución. La Organización de las Naciones Unidas llama a la precautoriedad y ha convocado a las negociación y ratificación de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*⁸⁸, bajo el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, en función de la mayor contribución de los países industrializados a las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. A continuación una tabla de las emisiones de CO₂ por país para el año 1998.

1. Estados Unidos	5,409.75
2. República Popular de China	2,852.72
3. Rusia	1,415.78
4. Japón	1,128.34
5. India	908.20
6. Alemania	857.05
7. Canadá	477.25
8. Italia	425.29
9. Francia	375.50
10. Corea	370.14
11. Ucrania	358.78
12. México	356.30
13. Sudáfrica	353.67
14. Polonia	320.16
15. Australia	310.68
16. Brasil	295.86

⁸⁸ Este y otros instrumentos relacionados serán a analizados en el capítulo 2.3.

17. Arabia Saudita	270.73
18. República Islámica de Irán	259.77
19. España	253.99
20. Indonesia	208.47
21. República Popular Democrática de Corea	199.66
22. Taipei	196.53
23. Turquía	187.50
24. Tailandia	153.10
25. Países Bajos	171.36
26. Argentina	138.98
27. Venezuela	128.37
28. Kazajistán	126.24
29. Bélgica	122.46
30. República Checa	120.77
31. Uzbekistán	110.86
32. Egipto	105.45
33. Malasia	104.63

Fuente: Agencia Internacional de la Energía, *Key World Energy Statistics from the IEA, Paris, IEA, 2000, pág. 48-57.*

Podemos apreciar que las emisiones de los Estados Unidos son considerablemente superiores a las que registran el resto de los países listados, seguidos por China, Rusia, Japón, la India y Alemania como mayores contribuyentes. Sin embargo, es importante señalar que mientras los niveles de emisiones de los Estados Unidos, Japón y Alemania son resultado de sus altos grados de industrialización y niveles de consumo, en la India y China son producto de su densidad demográfica.⁸⁹ En la lista sólo se incluyeron los países con emisiones superiores a los 100 Mt, el resto se encuentra por debajo de dicho margen.

El Protocolo de Kioto establece compromisos cuantitativos de reducción de emisiones para las naciones industrializadas, en función de sus contribuciones históricas al aumento en las concentraciones atmosféricas de los gases de invernadero, y a sus mayores capacidades para instrumentar medidas de reducción. Debido a que los gases invernadero de origen humano son resultado de prácticas de producción y consumo cuyas emisiones se acentúan por factores entre los que figuran la economía de consumo y las tendencias demográficas, el cambio en el clima plantea a la humanidad la disyuntiva de optar entre la continuidad de dichos patrones o la búsqueda de cambios estructurales porque "el cambio climático es el asunto energético y ambiental de largo plazo más importante que enfrentamos"⁹⁰. Las decisiones que se tomen hoy determinarán el futuro del hombre en la Tierra; por ello, para actuar frente al cambio climático es necesario crear un clima de cambio que permita el tránsito hacia el desarrollo sostenible, concepto que se revisará en el siguiente apartado.

⁸⁹ Para el año 2000 la población de China ascendía a 1,275 millones de habitantes, y la población de la India a 1,008 millones de habitantes.

⁹⁰ International Energy Agency, *Findings of Recent IEA Work 2001*, IEA, Paris, 2001, pág. 2.

2.2 EL DESARROLLO SOSTENIBLE

We must spare no effort to free all of humanity from the threat of living on a planet irredeemably spoilt by human activities. We resolve therefore to adopt a new ethic of conservation and stewardship.

- *Fragmento de la Declaración del Milenio de las Naciones Unidas
Septiembre 2000*

El concepto de desarrollo ha ocupado parte sustancial en los debates teóricos de las últimas décadas; para el filósofo francés Edgar Morin el desarrollo es la palabra clave sobre la que se encuentran todas las vulgatas ideológicas de la segunda mitad del siglo XX. Como producto directo de las dos guerras mundiales, se le atribuye una connotación económica que lo concibe como consecuencia lógica de la prosperidad industrial y asume que ésta traerá invariablemente, de manera lineal, el desarrollo. La década de los sesenta cuestiona la simplicidad de tal concepción. El sentimiento de inconformidad y protesta que en diversas latitudes –incluso en países económicamente prósperos– estalla en rebelión social, pone al descubierto la insuficiencia de un desarrollo asumido a través del aumento del Producto Nacional Bruto (PNB), como indicador que,

no toma en cuenta la distribución de la riqueza, ni su impacto en el consumo y bienestar humanos, ni los efectos colaterales de la producción en el medio ecológico y en la biosfera ni, en consecuencia, la racionalidad de la producción y el bienestar futuros.⁹¹

En los años setenta aumenta el interés por las medidas no monetarias del bienestar, y se plantea la imposibilidad de llamar desarrollo a aquél que se alimenta del contexto natural sobre el cual se desenvuelve, y por tanto, merma la posibilidad de su reproducción a futuro. En los fundamentos de esta idea de desarrollo se encuentra el gran paradigma occidental del progreso, herencia de la Revolución Industrial que rompió con el organicismo como visión del mundo, y puso a la naturaleza al servicio de una ciencia y una técnica esencialmente mecanicistas.

Los límites del crecimiento hacen sonar la alarma ecológica que revela los límites físicos del planeta para proseguir la marcha acumulativa de la contaminación, de la explotación de los recursos naturales y del crecimiento demográfico.⁹²

Una remoción profunda de los valores sobre los que se sustentaba el ideal de progreso dio paso a los primeros esfuerzos internacionales en torno a las consideraciones ambientales del desarrollo. De tal forma, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), como reflejo de la voluntad de sus Estados miembros, fungió como punto de convergencia de la incipiente preocupación ambiental que se hacía

⁹¹ Gough y Doyal

⁹² Enrique Leff, *Op. Cit.*, pág. 12.

sensible en diferentes puntos del orbe, y dio aliento a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, celebrada en Estocolmo, Suecia, en 1972.

No obstante, la protección del ambiente dividía opiniones en algunos círculos y, en otros, sólo figuraba como un tópico sin relevancia. Aunque sus impulsores mostraban gran compromiso y ánimo por adecuar los patrones de producción y consumo con el cuidado del planeta, sus iniciativas eran vistas con recelo y desconfianza. Estocolmo no logró reunir a todo el concierto de naciones, "los países de economía socialista de planificación central, encabezados entonces por la Unión Soviética, ni siquiera se dignaron a participar en la Conferencia".⁹³

La falta de consenso sobre la relevancia de la perspectiva ambiental del desarrollo se hizo patente, incluso, al interior de la propia Cumbre, tal como lo demuestra la postura del delegado de Brasil, quien expresó que "la contaminación sería bienvenida porque significaba industrialización".⁹⁴ De tal forma, Estocolmo no sólo abrigó entusiasmo, sino también escepticismo, duda, desinterés e incompreensión. No obstante, esta Cumbre marcó un hito en la historia de la humanidad al ser la primera en atender cuestiones sobre desarrollo y ambiente, y sentar las bases para una reconceptualización de la idea de desarrollo. Además, como se verá en el apartado 2.3, la Conferencia de Estocolmo obtuvo grandes logros en materia ambiental.

Cabe señalar que la necesidad de discutir los problemas relacionados con el ambiente y el desarrollo fue vislumbrada más por académicos e investigadores que por las élites políticas; las cuales, aunque reconocían dichas cuestiones, aún le otorgaban un estatus secundario. Ciertamente, existían excepciones, como la del político estadounidense Barry Commoner quien hizo expresa su preocupación al manifestar que

(l)a crisis ambiental, evidente ya en la ecósfera, proviene de las tensiones económicas, sociales y políticas que nos han lanzado por este camino autodestructivo (...). (P)ara sobrevivir —prosiguió— las consideraciones ecológicas deberán guiar a las económicas y políticas.⁹⁵

La polarización de opiniones con respecto a las cuestiones ambientales ocasionó que éstas avanzaran contra corriente. En la década siguiente se hizo aún más evidente la crisis de la noción de desarrollo; según el filósofo francés Edgar Morin, sobreviene entonces el "desarrollo de la crisis del desarrollo". La cuestión ecológica hace evidente nuestra incapacidad para aproximarnos a una realidad que se descubre distinta. Nuestro marco teórico y conceptual sufre una pérdida de contenidos que urge la búsqueda de nuevos valores para interpretar y aproximarnos al mundo. De tal forma,

(l)a problemática ambiental surge como síntoma de una crisis de civilización, cuestionando las bases mismas de la racionalidad ecológica, los valores de la modernidad

⁹³ Alberto Glender y Víctor Lichtinger, *La diplomacia ambiental*, México, SRE-FCE, 1994, pág 52.

⁹⁴ *Idem*.

⁹⁵ *Idem*, pág. 51.

y los fundamentos de las ciencias que fueron fraccionando el conocimiento sobre el mundo⁹⁶

En este contexto de crisis, la necesidad de nuevos órdenes comienza a engendrar una percepción diferente del hombre y de las relaciones que entabla consigo mismo, con los demás, y con su entorno. Esta corriente transformadora concibe la noción de *ecodesarrollo*, que propone la necesidad de fundar nuevos modos de producción y estilos de vida en las condiciones y potencialidades ecológicas de cada región, así como en la diversidad étnica y las capacidades propias de las poblaciones para autogestionar sus recursos naturales y sus procesos productivos". La estrategia del *ecodesarrollo* se orienta especialmente a los países en desarrollo, y establece que ya no es posible ni deseable que alcancen dicha meta a través del camino que siguieron los países industrializados.

Este concepto enfrentó grandes obstáculos para llevar a la práctica sus postulados; principalmente por la apatía y el desinterés prevalecientes en torno a cuestiones ambientales, sin embargo, propició un acercamiento a las mismas y es considerado antecedente directo del concepto de desarrollo sostenible.

Posteriormente, en 1984, ante los problemas irresueltos entre desarrollo y ambiente, la ONU designa la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, presidida por la primera ministra de Noruega, la Sra. Gro Harlem Brundtland. Esta Comisión trabajó en los cinco continentes por un transcurso de tres años, al cabo de los cuales se llegó a la conclusión de que "la humanidad debía cambiar las modalidades de vida y de interacción comercial, si no deseaba el advenimiento de una era con niveles de sufrimiento humano y degradación ecológica inaceptables."⁹⁷

El documento producto del trabajo de esta Comisión es conocido como *Informe Brundtland*, y en él se define el concepto de desarrollo sostenible de la siguiente manera:

El desarrollo sostenible es aquél que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades.⁹⁸

En este enunciado la idea de desarrollo

(...) no es ajena a ciertas corrientes de pensamiento económico latinoamericano de la década de los sesenta, pero, la contribución que ha recibido del pensamiento ambientalista la ha reforzado considerablemente. En síntesis, dicho pensamiento ha destacado que las condiciones de la sustentabilidad son múltiples y complejas. Tales condiciones no tienen, sin embargo, un carácter puramente económico. Así por ejemplo,

⁹⁶ Enrique Leff, "Globalización, racionalidad ambiental y desarrollo sustentable", en Regina Barba Pirez (Coord.), *La Guía Ambiental*, Unión de Grupos Ambientalistas, México, 1998, pág. 12.

⁹⁷ Ernesto Enkerlin, *et. al.*, "El desarrollo sostenible ¿el paradigma idóneo de la humanidad?", en Ernesto Enkerlin, *et. al.*, *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*, México, Thomson Editores, 1997, pág. 507.

⁹⁸ Informe de la Comisión Brundtland, *Nuestro Futuro Común*, 1988.

una de las condiciones fundamentales para garantizar dicha sustentabilidad, se encuentra constituida por la base natural a partir de la cual son posibles los procesos productivos.⁹⁹

Se puede considerar que el concepto de desarrollo sostenible es producto de dos corrientes de pensamiento, "la primera, asociada con la revisión desde la economía del concepto de desarrollo económico y las políticas correspondientes; la segunda, con la emergencia de la crítica ambientalista al modo de vida contemporáneo."¹⁰⁰

El desarrollo sostenible surge así como una noción integradora de elementos económicos, sociales y ambientales generalmente concebidos de manera disociada. Sin embargo, si bien dicha característica explica su riqueza, también plantea debilidades estructurales.

El desarrollo sustentable ha sido adoptado, así, por visiones y marcos conceptuales dispares. Esto agrava un problema de origen; las formulaciones iniciales no se basaron en una elaboración conceptual integradora, sino que adoptaron criterios normativos que deberían ser cumplidos por las nuevas estrategias. Por ello el enfoque adolece de deficiencias conceptuales tanto desde la perspectiva económica (dificultades para valorizar económicamente la naturaleza, para determinar precios de los componentes del medio, para establecer sistemas contables económico-ambientales, para reelaborar las políticas fiscales, para controlar las externalidades con instrumentos y mecanismos eficaces, entre muchas otras) como desde la ambiental (la falta de un marco ambiental adecuado para el manejo integrado de recursos naturales, la incomprensión de las bases ecológicas de las tecnologías tradicionales y modernas) o desde sus interacciones (falta de conocimientos precisos entre ecosistemas y población, entre pobreza y deterioro ambiental, por ejemplo).¹⁰¹

La definición del Informe Brundtland, también ha sido señalada por la dificultad de traducir sus recomendaciones en acciones concretas. El mismo concepto de desarrollo sostenible se presenta a primera vista como una noción abstracta y de amplia laxitud. Se le ha criticado con dureza, con afirmaciones tales como:

En general, es un término más retórico que viable y una frase "abarca todo" (a catch-all phrase) que puede ser interpretada de diversas maneras; sin embargo, parece que su popularidad no disminuirá entre el público y la academia en un futuro próximo, probablemente porque engendra esperanza y cierto grado de optimismo sobre el futuro del *Homo sapiens sapiens* y el planeta Tierra, contrastando con actitudes como el neonazismo y el neofascismo que re-emergen durante las recesiones mundiales.¹⁰²

Otra de las críticas que se ha realizado al concepto, se refiere a su búsqueda de la equidad intergeneracional, *-leitmotiv* de la noción de desarrollo sostenible-, con el argumento de que lo que se considera sostenible ahora puede no serlo en un futuro.

⁹⁹ María del Carmen Carmona Lara, comentario a Leopoldo García-Colín Scherer, *Op. Cit.*, pág. 87.

¹⁰⁰ Julia Carabias y Enrique Provencio, "El enfoque del desarrollo sustentable: una nota introductoria", en Julia Carabias, Enrique Provencio *et. al.* (Coordinadores), *Desarrollo sustentable. Hacia una política ambiental*, México, UNAM, 1993, pág. 6.

¹⁰¹ *Ibidem*, pág. 9.

¹⁰² Antoinette M. Mannion, "Sustainable development and biotechnology", en *Environmental Conservation*, Vol. 19, No. 4, verano 1992, Suiza, pág. 297.

Sin embargo, en el aspecto ambiental, esta apreciación no considera que, por más que cambien los tiempos, la condición biológica del ser humano será una constante, y la necesidad de contar con un medio ambiente sano y apto para la vida muestra una tendencia ascendente y no su contrario.¹⁰³

En lo que respecta a la crítica sobre la falta de definición del desarrollo sostenible, el presente trabajo sostiene que no existe un concepto absoluto de desarrollo sostenible porque éste tiene la característica de crearse en función de contextos específicos; por ello, sólo podemos conceptualizar los lineamientos generales a partir de los cuales se construye. Precisamente, ciertos teóricos coinciden en que el gran error del desarrollo hasta nuestros días reside en la tendencia a homogeneizar patrones y transplantar ideas de progreso.¹⁰⁴

El desarrollo sostenible encuentra su origen en los recursos y las capacidades locales; teóricamente, pugna por una correspondencia entre los esfuerzos locales nacionales, regionales y globales. Para el desarrollo sostenible estas esferas de competencia deben interactuar en la consecución de un desarrollo endógeno; por ello, la búsqueda del desarrollo sostenible requiere de la negociación internacional como medio para consensar fórmulas que permitan potenciar a las comunidades y/o regiones mediante el derecho y la cooperación internacional. Sin embargo, los intereses que cobija el actual orden de cosas se oponen a la operación de sus postulados. La sostenibilidad promueve cambios en distintos ámbitos, por lo que la magnitud del impacto de sus reformas sobre los parámetros establecidos ha levantado barreras de proporción similar a su operatividad. No obstante, la advertencia de una crisis de civilización es ya un tópico recurrente.

Al cierre del siglo XX, cuando la civilización occidental se apresta a tomar al mundo entero entre sus manos, de nuevo emerge una realidad que se comprueba a lo largo y ancho del planeta: la incapacidad de este modelo civilizatorio para detener y resolver los tres problemas nodales del ser humano contemporáneo: el incremento de la pobreza (especial pero no exclusivamente de los países en vías de desarrollo), la expansión de la crisis existencial entre los ciudadanos de las sociedades industriales, y el deterioro ecológico del planeta.¹⁰⁵

En este contexto se ubica la aparición de la noción de desarrollo sostenible. Al entender al desarrollo como un reflejo de la cultura que lo alumbró, podemos asumir que un cambio en su contenido es producto de un cambio similar en los valores que orientan al mundo. El concepto de desarrollo es hijo de la cultura y a su vez, la modifica. La gestación del término desarrollo sostenible nos anuncia un ánimo de transformación; hoy conocemos cosas, fenómenos e ideas que antes ignorábamos, por lo que el concepto de desarrollo se ha modificado para dar cabida a estos cambios. Un mundo que se descubre nuevo o diferente, requiere ser visto con otros ojos. Las

¹⁰³ Si bien la teoría de la evolución indica que los seres vivos sufren mutaciones para adaptarse a un medio cambiante, las alteraciones antropogénicas del planeta presentan ritmos muy rápidos para permitir dicho proceso.

¹⁰⁴ Ver Ugo Pipitone, "La salida del atraso", en el periódico *la Jornada*, julio de 1997.

¹⁰⁵ Victor Manuel Toledo, referencia desconocida.

herramientas del pasado ya no se adaptan a una nueva realidad y se hace evidente la necesidad de una revolución del pensamiento.

Si bien no existe consenso en torno a las bondades y viabilidad práctica de la noción de desarrollo sostenible, resulta oportuno considerar la emergencia de este concepto como símbolo de una necesidad de cambio en la que coinciden diversos individuos, grupos e instituciones alrededor del mundo. Al ser el lenguaje la manifestación expresa de un orden de cosas, un nuevo término encierra posibles nuevos rumbos a los que se quiere arribar, dado que la palabra es un vehículo, "las palabras son puentes".¹⁰⁶ En efecto, el desarrollo sostenible parece ser un puente para el tránsito de la humanidad hacia el futuro a la luz de las evidencias de daños al ambiente y las crisis económicas y sociales prevalecientes incluso al interior de los países industrializados.

En palabras del Dr. Jean Marie Martin¹⁰⁷, el debate sobre el desarrollo sostenible, situado en una perspectiva de largo plazo, aparece como una nueva etapa que se inscribe en una evolución social e intelectual del hombre que comprende muchas otras, tales como: la autonomía de la filosofía respecto a la teología en el siglo XVI; los derechos del hombre y del ciudadano en el siglo XVIII, y la legitimidad del desarrollo económico para todos los países después de la segunda guerra mundial. Hoy —afirma la cuestión que nos preocupa es la compatibilidad entre las elecciones de la noósfera y las leyes que rigen la biosfera.

En esta búsqueda la educación juega un papel primordial como agente de sensibilización y conocimiento de los hechos. En el avance hacia el futuro es necesario que los individuos posean una concepción de su ubicación en el planeta.

La Tierra no es la adición de un planeta físico más la biosfera más la humanidad. La Tierra es una totalidad compleja física/biológica/antropológica, donde la vida es una emergencia en la historia de la Tierra, y el hombre una emergencia en la historia de la vida terrestre.¹⁰⁸

Una emergencia en la historia de la vida terrestre, es decir, el destino del planeta puede continuar sin nosotros.

Hoy nos encontramos ante los límites de nuestro planeta. ¿Es posible que coexistan diez mil millones de personas sin que se lo deteriore. Los seres humanos son geniales, y lo han demostrado en numerosas ocasiones quebrando átomos y explorando el sistema solar, pero esta tarea va a ser la más ardua de todas las que han efectuado hasta ahora. Impone, sobre todo, instalarse en el desarrollo sostenible.¹⁰⁹

En dicha tarea, la Organización de las Naciones Unidas ha desempeñado un papel fundamental al propiciar la negociación internacional en materia de ambiente y

¹⁰⁶ Octavio Paz, *Libertad bajo palabra*, poesías.

¹⁰⁷ Director del Instituto de Economía y Política de la Energía, Universidad de Grenoble.

¹⁰⁸ Edgar Morin y Anne Brigitte Kern, *Tierra Patria*, Barcelona, Ed. Kairós, 1993, pág. 72.

¹⁰⁹ Hubert Reeves *et. al.*, *La más bella historia del mundo*, Chile, Andres Bello, 1996, pág. 190.

desarrollo desde la celebración de la Conferencia de Estocolmo en 1972. Posteriormente, a finales de la década de los ochenta, la Organización de las Naciones Unidas convocó a la realización de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), a través de su Resolución 44/228 del 22 de diciembre de 1989. Al igual que la Conferencia de Estocolmo, la Cumbre de Río fue diseñada como una reunión marco de alto nivel internacional para tratar los temas del ambiente y el desarrollo. Sin embargo, la agenda ambiental de Río mostró enormes variantes con respecto a la de su antecesora, debido a que los problemas ambientales de segunda generación (ver apartado 1.4) demandaron de ella el reconocimiento de su existencia y la iniciativa en la búsqueda de soluciones. Con objeto de encontrar líneas de acción para abordar estos efectos no deseados del "desarrollo" dieron inicio las sesiones en Río.

*Las naciones reunidas en la Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro, aprobaron un conjunto de principios destinados a orientar el desarrollo futuro. Mediante estos principios se definen los derechos de los pueblos al desarrollo, junto con sus responsabilidades con respecto a la preservación del entorno común.*¹¹⁰

Como resultado de esta reunión se concertaron dos Declaraciones de Principios, se negociaron dos Convenciones Internacionales, y se formuló un vasto Programa de Acción sobre desarrollo mundial sostenible, a saber:

Declaraciones:

- Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en la que se definen los derechos y responsabilidades de las naciones en la búsqueda del progreso y el bienestar de la humanidad
- Declaración de principios para reorientar la gestión, la conservación y el desarrollo sostenible de todos los tipos de bosques.

Convenciones¹¹¹:

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- Convenio sobre Diversidad Biológica.

Programa de Acción:

- La Agenda 21, prototipo de las normas tendientes al logro de un desarrollo sostenible desde el punto de vista social, económico y ecológico.

¹¹⁰ Ernesto Enkerlin, *Op. Cit.*, pág 509, (cursivas nuestras).

¹¹¹ Ambas Convenciones se negociaron por separado pero en paralelo a la Cumbre de la Tierra. En el caso de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, un grupo *ad hoc* redactó su texto con antelación, y en Río sólo se abrió el documento para su firma. Ver capítulo 2.3.6.

Así pues, la Cumbre de Río creó instrumentos internacionales de valor jurídico que establecen los principios bajo los cuales debe guiarse el desarrollo futuro en orden de abatir las problemáticas ambientales que aquejan al planeta y a la humanidad.

La **Agenda 21** reviste particular importancia al constituir un plan de acción para el desarrollo sostenible en el siglo XXI y después, que establece áreas programáticas específicas, descritas a través de bases para la acción, objetivos a lograrse, actividades para llevarse a cabo y medios de instrumentación.

El Programa 21 es en esencia un programa de acción que abarca 40 sectores y temas diferentes. Presta particular atención a la legislación, las medidas, los planes, los programas y las normas nacionales y al uso de instrumentos jurídicos y económicos para planificar y administrar. Es probablemente el instrumento no vinculante más destacado, significativo e influyente en la esfera del medio ambiente y se ha convertido en el documento orientador en materia de ordenación del medio ambiente en la mayoría de las regiones del mundo.¹¹²

De acuerdo con la **Agenda 21**, las áreas en las que se debe incidir en la consecución del desarrollo sostenible -y en las que se divide su texto- son:

Tabla 5. Agenda 21
Sección I: Dimensiones sociales y económicas
1. Preámbulo
2. Cooperación internacional para acelerar el desarrollo sostenible de los países en desarrollo y políticas internas conexas
3. Lucha contra la pobreza
4. Evolución de las modalidades de consumo
5. Dinámica demográfica y sostenibilidad
6. Protección y fomento de la salud humana
7. Fomento del desarrollo sostenible de los recursos humanos
8. La dimensión ambiental en la toma de decisiones
Sección II: Conservación y gestión de los recursos
9. Protección de la atmósfera ¹¹³
10. Planificación y ordenación de los recursos de tierras
11. Lucha contra la deforestación
12. Lucha contra la desertificación y la sequía
13. Desarrollo sostenible de las zonas de montaña
14. Agricultura y desarrollo rural sostenibles
15. Conservación de la diversidad biológica
16. Gestión ecológicamente racional de la biotecnología
17. Protección de los océanos y de los mares de todo tipo
18. Los recursos de agua dulce
19. Productos químicos tóxicos
20. Desechos peligrosos
21. Desechos sólidos

¹¹² Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. Informe GEO 2000*, España, PNUMA, 2000, pág. 203.

¹¹³ *Negritas nuestras.*

22. Desechos radiactivos

Sección III: Fortalecimiento del papel de los grupos sociales

- 23. Preámbulo
- 24. Mujer y desarrollo sostenible
- 25. La infancia y la juventud en el desarrollo sostenible
- 26. Poblaciones indígenas y sus comunidades
- 27. Organizaciones No Gubernamentales
- 28. Autoridades locales y Agenda 21
- 29. Los trabajadores y sus sindicatos
- 30. Comercio e industria
- 31. Comunidad científica y tecnológica
- 32. Agricultores

Sección IV: Medios para la puesta en práctica

- 33. Recursos y Mecanismos de Financiamiento
- 34. Transferencia de Tecnología
- 35. Ciencia para el desarrollo sostenible
- 36. Educación, la capacitación y la toma de conciencia
- 37. Mecanismos nacionales y cooperación internacional
- 38. Arreglos institucionales internacionales
- 39. Instrumentos y mecanismos jurídicos internacionales
- 40. Instrucción para la adopción de decisiones.¹¹⁴

De manera específica, en el capítulo 9 sobre protección de la atmósfera se indica que en la promoción del desarrollo sostenible es indispensable controlar las emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero mediante una dependencia cada vez mayor en las fuentes de energía nuevas y renovables.¹¹⁵

A continuación un breve análisis sobre la estrecha relación entre energía y desarrollo sostenible.

Energía y desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible es un proceso complejo en el que convergen diversas esferas entre las que figura el sector energía. Al ser la energía la unidad de medida fundamental del mundo físico, el desarrollo estará influenciado por la cantidad y la naturaleza de sus fuentes. Como se ha visto en capítulos anteriores, las prácticas energéticas convencionales tienen un impacto sobre el ambiente contrario a los objetivos de un desarrollo firme y perdurable en el tiempo; por ello, la idea conceptual de desarrollo sostenible sólo podrá encaminarse a la praxis en la medida en que se modifiquen de manera efectiva y gradual procesos de producción y prácticas de consumo en torno a la energía, ya que "la energía tiene profundas y amplias implicaciones con cada uno de los tres pilares del desarrollo sostenible: la economía, el

¹¹⁴ <http://www.rolac.unep.mx/agenda21/esp/AG21INDE.HTM>

¹¹⁵ Para mayor detalle sobre el Capítulo 9 de la Agenda 21 ver apartado 2.2.6.

ambiente y el bienestar social¹¹⁶. Estos cambios, como producto de su tiempo, requieren de la ciencia y la tecnología en la búsqueda de soluciones que compatibilicen desarrollo y cuidado del ambiente, ya que,

El debate sobre el desarrollo sostenible tiene una inmensa necesidad de conocimientos científicos y avances tecnológicos. Ellos son indispensables para separar lo verdadero de lo falso, para salir de lo aproximativo, para jerarquizar los riesgos. Sin estos conocimientos, lo emocional ganaría sobre lo racional.¹¹⁷

En materia de energía, las tecnologías para el aprovechamiento de las ER son opciones capaces de contribuir a abatir los fenómenos de degradación ambiental ocasionados por las prácticas energéticas intensivas en carbono, y son una vía técnica fundamental para el cumplimiento de las disposiciones del Protocolo de Kioto.

Según cálculos del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), un programa para la explotación del potencial eólico económicamente aprovechable en México a 14 años evitaría la emisión a la atmósfera de nueve millones de toneladas (Mt) anuales de gases con efecto invernadero.¹¹⁸ Por otro lado, el uso de la tecnología solar para calentamiento de agua también tiene repercusiones positivas en la reducción de emisiones de dióxido de carbono. Se estima que el gas LP equivalente dejado de consumir en 20 por cada m² de colector solar instalado sería de 12.1 Mt de CO₂.¹¹⁹

Por otro lado, las ER pueden brindar servicios energéticos en zonas rurales carentes de electricidad y combustibles, y a la vez propiciar el desarrollo de proyectos productivos y la creación de empleos mediante el surgimiento de una industria del ramo. Por su naturaleza local son aptas para el desarrollo regional, y con su aprovechamiento se podría disminuir la presión creciente sobre los recursos energéticos no renovables, con los consiguientes beneficios políticos y de conservación que ello implica.

El desarrollo de las energías renovables ofrece beneficios para la seguridad energética, y su comercialización producirá beneficios sociales, industriales y económicos a través de sus diversas fases de desarrollo, manufactura y desenvolvimiento en el mercado.¹²⁰

De tal forma, además de los beneficios que las energías renovables ofrecen para hacer frente al cambio climático, su aprovechamiento también contribuye al desarrollo económico y social.

Muchas comunidades y regiones vulnerables al cambio climático se encuentran también bajo la presión de fuerzas como el crecimiento poblacional, el agotamiento de recursos, y la pobreza. Las políticas que aminoren las presiones sobre los recursos, mejoren el

¹¹⁶ International Energy Agency, *Findings of recent IEA work 2001*, IEA, Paris, 2001, pág. 21.

¹¹⁷ Jean Marie Martin. Director del Instituto de Economía y Política de la Energía, Universidad de Grenoble.

¹¹⁸ Jorge M. Huacuz y Marco A. Borja, "Generación eléctrica con energía del viento", *Boletín IIE*, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Morelos, marzo/abril, 1998, pág. 60.

¹¹⁹ Ricardo Saldaña, "Introducción a las energías renovables", ponencia presentada durante el "Seminario Regional de oportunidades para el desarrollo sostenible con energías renovables", celebrado por la Conae en la Cd. de Querétaro, Qro., el día 12 de octubre de 2001.

¹²⁰ International Energy Agency, *Findings in... Op. Cit.*, IEA, Paris, 2001, pág. 25.

manejo de los riesgos ambientales, e incrementen el bienestar de los miembros más pobres de la sociedad, pueden simultáneamente promover el desarrollo sostenible y la equidad, aumentar la capacidad de adaptación, y reducir la vulnerabilidad ante el clima y otras presiones. La inclusión de los riesgos climáticos en el diseño e instrumentación de iniciativas nacionales e internacionales de desarrollo puede promover la equidad y un desarrollo más sostenible y que reduce la vulnerabilidad al cambio climático.¹²¹

En la anterior apreciación del IPCC es posible observar que actuar frente al cambio climático es congruente con los preceptos de un desarrollo sostenible, por lo que las ER constituyen tecnologías apropiadas en la consecución de ambas metas.

El capítulo de energía y desarrollo sostenible del reporte de la OCDE concluye que, a menos que se tomen nuevas acciones para evitarlo, la demanda global de energía aumentará en 57% en los próximos 20 años, con la mayor parte del incremento en los energéticos convencionales.¹²²

Con base en el conocimiento de los inconvenientes del incremento en el consumo de recursos energéticos de origen fósil, se advierte que el sector energía requiere cambios para erigirse en motor de un desarrollo en armonía con los preceptos de la sostenibilidad. En la arena internacional, la relación entre energía y ambiente ha sido abordada en numerosas conferencias y foros cuyas resoluciones forman parte del derecho internacional ambiental. El siguiente apartado se dedica a la revisión de algunos eventos internacionales representativos y al análisis de sus disposiciones en materia de energía y ambiente.

¹²¹ Intergovernmental Panel on Climate Change, Third Assessment Report, Summary for Policy Makers, *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*, a Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2001, pág.8.

¹²² International Energy Agency, *Op. Cit.*, pág.21.

2.3 DERECHO INTERNACIONAL AMBIENTAL Y ALGUNAS CONFERENCIAS INTERNACIONALES EN MATERIA DE ENERGÍA Y AMBIENTE

"Nació el derecho internacional ambiental, y todavía hoy es el mejor instrumento disponible contra la administración irresponsable de nuestro bello planeta"

- Dr. Louis Rey
Presidente del Instituto Internacional Ambiental.

2.3.1 El derecho internacional ambiental (DIA)

La Cumbre de Estocolmo marca el inicio de una serie de esfuerzos realizados a partir de 1970 con miras a encontrar alternativas a un desarrollo altamente contaminante y socialmente exclusivo.

La conciencia ambiental se expandió a escala mundial en los años setenta con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano, celebrada en Estocolmo en 1972. En ese momento se señalan los límites de la racionalidad económica y los desafíos que genera la degradación ambiental al proyecto civilizatorio de la modernidad.¹²³

Sin embargo, los intentos por redimensionar el desarrollo se enfrentan a los intereses que invariablemente cobija el *status quo*. Incluso el Estado-nación muestra reticencia a contemplar la cuestión ambiental entre sus prioridades. Mientras que para algunos países la alerta ambiental tenía un gran contenido de ficción, para otros tantos, los efectos negativos que generara la industrialización resultaban secundarios y eran concebidos como un mal necesario.

Es por ello que los temas ambientales trascienden las fronteras políticas para encontrar una voz plural y multinacional en los espacios de Naciones Unidas y en diversos foros regionales, Estocolmo, el Informe Brundtland y Río, son piezas de un mismo esfuerzo global por conciliar al desarrollo con su contexto biofísico. Cada una de estas Cumbres es reflejo de un ánimo colectivo de los pueblos por proteger al planeta, que se ha traducido, a través de discusiones y consensos, en la creación de un cuerpo normativo mundial.

El derecho natural ha dado origen a una cohorte de nuevas reglas y reglamentaciones, incorporadas al derecho internacional para construir un marco coherente y asegurar un desarrollo sano y respetuoso de nuestro mundo moderno. Con ello, los líderes políticos han intentado borrar las fronteras nacionales para establecer un sistema legal que incluye

¹²³ Enrique Leff, *Op.Cit.*, pág 11.

tierras, montañas y mares en una unidad fisiográfica que considera al planeta Tierra como un solo gran organismo vivo, colocado bajo la custodia de todas las naciones.¹²⁴

De esta forma nace el derecho internacional ambiental (DIA), que se define como el conjunto de normas jurídicas que regulan las conductas humanas que pueden influir de una manera relevante en los procesos de interacción que tienen lugar entre los sistemas de los organismos vivos y sus sistemas de ambiente, mediante la generación de efectos de los que se espera una modificación significativa de las condiciones de existencia de dichos organismos.¹²⁵

El DIA se concibe como una rama autónoma del derecho internacional debido a que posee sus propias fuentes, su propia técnica, y un contenido muy particular. Su objeto de regulación es el ambiente, y de manera principal atiende los siguientes problemas:

- Deforestación
- Pérdida de la diversidad biológica
- Contaminación de los recursos de agua dulce y la calidad del agua
- Contaminación marina
- **Contaminación atmosférica**
- **Cambio climático**
- Destrucción de la capa de ozono estratosférico
- **Lluvia ácida**¹²⁶
- Situación de la órbita geoestacionaria.

El DIA aborda su objeto bajo los siguientes principios:

- Principio de la igualdad
- Principio de la unidad ecológica
- Principio del derecho a un desarrollo sustentable
- Principio de soberanía estatal sobre los recursos naturales propios
- Principio de no interferencia
- Principio de responsabilidades compartidas pero diferenciadas
- Principio de cooperación
- Principio de precautoriedad¹²⁷

La acción del DIA se dirige a los siguientes sujetos:

- Los Estados

¹²⁴ Andrónico O. Adede, *Op.Cit.*, pág. 23.

¹²⁵ Raúl Brañes, *Manual de Derecho Ambiental Mexicano*, México, Fundación Mexicana para la Educación Ambiental, Fondo de Cultura Económica, 1994, pág.27.

¹²⁶ *Negritas muestras.*

¹²⁷ Andrés Landerretche, "Principios Formativos del Derecho Internacional del Medio Ambiente", en la Revista *Diplomacia*, Santiago, Chile, N° 66, diciembre, 1994, p.

- Y Los organismos internacionales
- Y El individuo¹²⁸

Sus fuentes son:

- Y Los Tratados Internacionales
- Y La Jurisprudencia
- Y La Doctrina
- Y Declaraciones
- Y Cumbres
- Y Resoluciones
- Y Recomendaciones de Organismos Internacionales¹²⁹

El conjunto de instrumentos de derecho internacional sobre el medio ambiente se divide en dos grandes grupos:

- Y Instrumentos jurídicamente vinculantes (Tratados)
- Y Instrumentos no vinculantes (Declaración, Resolución o recomendaciones)

Los primeros son aquellos documentos firmados y ratificados por los Estados a través de los cuales contraen un compromiso internacional de manera formal, por lo que adquieren el rango de tratado. Los llamados no vinculantes son declaraciones, resoluciones o lineamientos que constituyen máximas universales que señalan el "deber hacer" de los pueblos; aunque son creados a través de acuerdos, no implican un compromiso explícito por parte de los Estados.

Así pues, el derecho internacional se compone de toda una gama de manifestaciones legislativas. No obstante, sean vinculantes o no, vale subrayar que el derecho internacional ambiental entero descansa sobre una obligación moral de las naciones por compatibilizar sus estilos de vida con el cuidado de la Tierra. En esencia, el derecho internacional no es coercitivo, más allá de la reponsabilidad moral y ética que las naciones mantengan con sus postulados.

Los Tratados y demás documentos resolutivos producto de encuentros internacionales y regionales son la fuente primaria del derecho internacional. En este sentido, las cumbres sobre medio ambiente y desarrollo han contribuido de manera particular a la configuración de lo que hoy conocemos por DÍA. Por tal motivo, el presente estudio se centrará en el análisis de los principios enunciados en encuentros internacionales representativos sobre medio ambiente y desarrollo en relación con la cuestión energética.

¹²⁸ Los organismos no gubernamentales (ONG's) y los movimientos de protesta luchan por ser reconocidos como sujetos de derecho.

¹²⁹ Raúl Brañas, *Op. Cit.*, págs. 58-60.

Es conveniente señalar que las reuniones internacionales guardan diferentes características. Existen las reuniones "marco" o "sombrija", llamadas así por actuar como un marco general para tratar un asunto complejo. Generalmente estas reuniones anteceden encuentros que tratan el mismo asunto pero de manera más específica. Por ejemplo, el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono es un Convenio Marco que creó una obligación general para prevenir el agotamiento del ozono estratosférico. Ahora bien, para conseguir el control y reducción de los niveles de sustancias específicas que se sabe agotan el ozono, el convenio fue complementado con otros instrumentos, tal como el Protocolo relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono de 1987 (Protocolo de Montreal), referido particularmente a los clorofluorocarbonos (CFC's).

El tipo de reunión determina el carácter de sus resoluciones. Un encuentro marco enuncia principalmente disposiciones generales, mientras que los que atienden un tema específico se dirigen a puntos más concretos.

De manera general,

El derecho ambiental tiene que ver con la continuidad de la vida sobre la Tierra. La idea de continuidad de la vida sobre la Tierra tiene que ver a su vez, con el mantenimiento de las condiciones que la hicieron posible.¹³⁰

En el mantenimiento de dichas condiciones la energía juega un papel fundamental (Ver 2.1 y 2.2). Como se ha mencionado, el presente estudio pretende esbozar un panorama general de lo que se ha generado en materia de energía y ambiente en diferentes reuniones internacionales y que hoy forma parte de los anales del derecho internacional ambiental. El objeto de este análisis es comprobar que la comunidad mundial ha identificado la relación entre energía y ambiente como una condición básica para un desarrollo perdurable. De manera central se revisará lo que en este sentido se produjo en la Conferencia de Estocolmo, en el Informe Brundtland, en la Cumbre de Río, en algunos encuentros regionales en la materia, en las conferencias sobre Cambio Climático que dieron origen al Protocolo de Kioto, y en el propio Protocolo.

2.3.2 Conferencia de Estocolmo

Esta Conferencia es pionera en su tipo y "produjo los cuatro famosos pilares del primer marco internacional para tratar los problemas ambientales":

- Y La Declaración de Estocolmo (26 principios)
- Y Plan de Acción para el Medio Humano, que se subdivide en tres partes: programa de evaluación ambiental (earthwatch), actividades de administración ambiental y medidas de apoyo.

¹³⁰ Raúl Brañes, *Op. Cit.*, pág. 19.

- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), establecido en diciembre de 1972.
- Fondo Ambiental Voluntario, establecido en enero de 1973.

La creación del PNUMA como órgano orientado a la protección del ambiente dentro del sistema de Naciones Unidas fue un logro trascendental de la Conferencia de Estocolmo. Desde su fundación, el PNUMA ha instrumentado importantes acciones de protección y resguardo ambiental, y actualmente se reconoce como un importante antecedente en la evolución y desarrollo del Derecho Internacional Ambiental en los últimos veinte años.¹³¹

Por otro lado, la Declaración de Estocolmo es otro resultado relevante de esta Cumbre, al ser el primer documento específico en materia ambiental, y reunir en su texto los principios generales del derecho internacional del medio ambiente, razones por las cuales se le ha considerado la "Carta Magna" del DIA. La totalidad de principios de esta Declaración se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Tabla 6. Principios de la Declaración de Estocolmo	
Aspectos de que deben ocuparse las legislaciones nacionales	Principios
Derecho a un medio ambiente adecuado y no discriminación	Principio 1
Responsabilidad intergeneracional	Principio 2
Desarrollo y ambiente	Principios 3, 4, 5, 8 y 13
Prevención del daño ambiental	Principios 6 y 7
Deber de cooperar	Principios 9, 10, 11 y 2
Planificación del desarrollo	Principios 14, 15 y 17
Planificación del crecimiento demográfico	Principios 15, 16 y 24
Deber de poner la ciencia al servicio de la sociedad	Principio 18
Deber de usar la educación e investigación como instrumentos de política ambiental	Principios 19 y 20
Derecho a la información	Principio 19 segunda parte
Derecho soberano de los Estados a explotar sus propios recursos	Principios 21 y 23
Reparación del daño	Principio 22
Deber de evitar la proliferación de armas nucleares	Principio 26
Deber de conservar el ambiente	Principio 25

Fuente: José Juan González e Ivett Montelongo, *Introducción al derecho ambiental mexicano*, UAM-Azcapotzalco, 1999, pág. 29.

Estos principio no son de naturaleza vinculante, debido a que

¹³¹ Andrónico O. Adede, *Op. Cit.*, pág. 26.

(l)a Declaración de Estocolmo forma parte de lo que la doctrina iusnaturalista ha denominado "soft law" en la medida en que se trata de un acuerdo para un programa de acción conjunto. Como dice Jorge Palacios, el término "declaración" es normalmente usado en dos sentidos por el derecho internacional, como sinónimo de tratado tal y como sucede en la Declaración de París de 1856 sobre derecho marítimo; y simplemente como conducta que se piensa seguir por uno o varios Estados, siendo este último el caso de la Declaración de Estocolmo. Por tanto, los principios consagrados en la declaración citada, aunque no obligatorios, vendrían a establecer una serie de orientaciones hacia donde, en muchos casos, avanzaron las legislaciones de varios países. (De hecho, e) derecho ambiental mexicano como disposición formal comienza a delinearse en los años setenta de cara a la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo.¹³²

Podemos observar que los logros de la Conferencia de Estocolmo son vastos, sin embargo, para efectos de la presente tesis, sólo se analizarán aquellos principios de la Declaración de esta Conferencia que guardan cierta relación con el uso de la energía.

En la Declaración de esta Cumbre no se hace mención expresa de los daños causados por los combustibles fósiles ni se ponen restricciones a su consumo. Si entendemos que la concertación internacional está determinada por su tiempo, entonces podemos advertir que esta omisión se debe a varios motivos, entre los que se encuentran:

- En 1972, año en que se celebra la Conferencia, el mundo aún no había sentido el impacto de las crisis petroleras que atestiguó la misma década, por lo que la era de los hidrocarburos se encontraba en pleno auge y el desarrollo de otras fuentes de energía era muy limitado;
- Fenómenos tales como el cambio climático y la contaminación transfronteriza, asociados al consumo de energía convencional no existían, por lo que sólo atendió los llamados "problemas de primera generación" (vid. supra cap. 1.3, pág. 27), que se refieren a la contaminación de agua, aire y suelo por actividades industriales o por actividades relacionadas con el subdesarrollo;
- Estocolmo fue una Conferencia Marco que en los 26 principios de su Declaración enunció los valores generales de la sostenibilidad (vid supra 2.2.), y que por su propia naturaleza no se enfocó de manera puntual hacia áreas específicas.

Sin embargo podemos encontrar enunciados generales en donde se hace referencia a la necesidad de controlar nuestras emisiones contaminantes, con lo cual, de manera indirecta se alude al consumo de energía fósil.

En el párrafo 6 de su preámbulo, la Declaración de Estocolmo reconoce que,

¹³² Fuente: José Juan González e Ivett Montelongo, *Introducción al derecho ambiental mexicano*, UAM-Azcapotzalco, 1999, pág. 27.

Hemos llegado a un momento de la historia en que debemos orientar nuestros actos en todo el mundo atendiendo con mayor cuidado a las consecuencias que pueden tener para el medio.¹³³

Aunque no especifica los "actos" de manera puntual, sí indica la necesidad de reorientar nuestras actividades cotidianas con un sentido de protección del contexto natural que nos rodea. La energía es el insumo básico de toda acción(vid 1.1.) por lo que la naturaleza de ésta determinará que las múltiples acciones que potencia sean ambientalmente inocuas o disruptivas.

En su principio 1 señala que,

(e) el hombre tiene el derecho fundamental a la libertad, la igualdad y el disfrute de condiciones de vida adecuadas en un medio de calidad tal que le permita llevar una vida digna y gozar de bienestar.¹³⁴

El deterioro del ambiente provocado por los gases tóxicos que se emiten durante la combustión de hidrocarburos impide el goce de la calidad de vida que establece esta Declaración, al contaminar la atmósfera y causar diversos efectos dañinos sobre la salud humana.

El principio dos de esta Declaración establece que,

(l) los recursos naturales de la Tierra, incluidos el aire, el agua, la tierra, la flora y la fauna (...), deben preservarse en beneficio de las generaciones presentes y futuras (...).¹³⁵

Como se mencionó en el apartado 1.3.4, el proceso de generación, distribución y consumo de energéticos de origen fósil tiene impactos negativos sobre el entorno, por lo que afectan diversos recursos tales como el agua, el aire y la tierra que el principio 2 de esta Declaración llama a proteger. También en el principio 5 de este documento encontramos una alusión a los hidrocarburos que conviene revisar:

Los recursos no renovables de la Tierra deben emplearse de forma que se evite el peligro de su futuro agotamiento y se asegure que toda la humanidad comparta los beneficios de tal empleo.¹³⁶

El petróleo, el carbón y el gas natural, son todos recursos no renovables de nuestro planeta, su empleo como fuente de energía es altamente contaminante, sin embargo, es bien sabido que el rey de esta tríada tiene otras aplicaciones menos dañinas para el ambiente, y cuyo aprovechamiento puede ser económicamente más redituable, tal es el caso de la petroquímica.

En una reunión de especialistas en energía celebrada el día 5 de octubre de 1999, en las instalaciones de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae), el Dr.

¹³³ ONU, *Declaración de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano*, 1972.

¹³⁴ *Idem*.

¹³⁵ ONU, *Declaración de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano*, 1972.

¹³⁶ *Idem*.

Juan José Ambriz señalaba que "se está exagerando en la solución para obtener energía, malgastando un recurso que puede ser más útil en otras áreas y sustituido en ésta (la generación de energía) por mejores opciones"

El principio 6 resultado de la Cumbre de Estocolmo advierte que,

Debe ponerse fin a la descarga de sustancias tóxicas o de otras materias y a la liberación de calor, en cantidades o concentraciones tales que el medio no pueda neutralizarlas, para que no se causen daños graves e irreparables a los ecosistemas.¹³⁷

Aunque no se menciona el término energía, se ha señalado con antelación que el calor (Q) es energía desordenada (ver 1.1.2, pág. 15) por lo que podemos asumir que éste es un llamado a limitar las emisiones de las prácticas convencionales de consumo energético. Además, al indicar "sustancias tóxicas" es clara la alusión a los gases que liberan la combustión de hidrocarburos.

Finamente, otro principio relacionado con la limitación de contaminantes es el número 7 que declara que,

Los Estados deberán tomar todas las medidas posibles para impedir la contaminación de los mares por sustancias que puedan poner en peligro la salud del hombre, dañar los recursos vivos y la vida marina (...) ¹³⁸,

Se sabe que el petróleo representa un peligro potencial para el medio ambiente al ser trasladado de un lugar a otro, y que el medio más común para transportarlo de los países productores a los consumidores es vía marítima, por lo que los océanos se ven constantemente amenazados y dañados por derrames y demás accidentes de esta sustancia (ver 1.3.2). Estas tragedias han cifrado múltiples pérdidas humanas y han afectado gravemente a las especies marinas y su reproducción.

De esta forma, podemos observar que la Declaración, producto de la Conferencia de Estocolmo, formula principios generales en torno a la necesidad de que el desarrollo se geste sin perjuicio del ambiente. Aunque no señala de manera concreta los cambios que se requieren y cómo llegar a ellos, sí abre el camino para cuestionar la conveniencia de prolongar todas aquellas prácticas humanas que degradan el ecosistema.

2.3.3 Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables

De manera específica, en lo que se refiere a la energía, las crisis energéticas dejaron una secuela de preocupaciones en torno al abastecimiento y naturaleza de sus fuentes, situación que llevó a la celebración de la Conferencia de las Naciones Unidas

¹³⁷ *Idem.*

¹³⁸ *Idem.*

sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables, en Nairobi, Kenia hacia el año de 1981. En el Informe de esta Conferencia, se plantea que

A fin de crear condiciones más favorables para el desarrollo de los países en desarrollo y el crecimiento de la economía mundial en general, habría de intensificar los esfuerzos para aprovechar y ampliar todos los recursos energéticos del mundo en la búsqueda de una solución a largo plazo al problema de la energía. *La comunidad internacional tendrá que hacer progresos sustanciales y rápidos en la transformación de la presente economía internacional que se basa fundamentalmente en los hidrocarburos*¹³⁹. Deberá recurrir cada vez más a fuentes de energía nuevas y renovables, tratando las reservas de hidrocarburos para usos distintos de la producción de energía o en aquellos en que sean insustituibles.¹⁴⁰

Asimismo, se insta a la eficiencia energética al enunciar que

En vista del carácter limitado de las reservas de combustibles fósiles en la economía mundial, y de la utilización a menudo antieconómica e ineficiente de tales recursos, habrá que adoptar con urgencia medidas eficaces para su conversión o mejorar las ya adoptadas, especialmente en los países industrializados que consumen la proporción mayor de la producción mundial de hidrocarburos.¹⁴¹

2.3.4 El Informe Bruntland

Los problemas relacionados con la energía están íntimamente unidos a los asuntos más amplios de desarrollo económico y social y a la igualdad internacional

- Informe Bruntland

La Organización de las Naciones Unidas vuelve a tomar cartas con respecto a la protección de la tierra en 1983, al establecer la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, a través de la resolución 38/161 de la Asamblea General del 19 de diciembre de 1983. Conocida también como Comisión Bruntland, por estar bajo el cargo de la Sra. Gro Harlem Bruntland, primer ministro de Noruega, se integró por especialistas de diversas partes del mundo.

El avance que se logró en Estocolmo fue revitalizado por la Comisión Bruntland.¹⁴² Este grupo de trabajo inició diversos estudios, debates y audiencias públicas en los cinco continentes durante casi tres años. La Comisión presentó su informe de labores a

¹³⁹ *Cursivas mías.*

¹⁴⁰ ONU, *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables*, Nairobi, Kenia, 1981, pág.3.

¹⁴¹ *Idem.*

¹⁴² Andrónico O., *Op. Cit.*, pág. 28.

la Asamblea General en 1987, a través del Consejo de Administración del PNUMA, mismo que fue publicado posteriormente con el título *Nuestro Futuro Común*.¹⁴³

Este Informe es un compendio del cúmulo de indagaciones producto de la búsqueda de concilio entre desarrollo y ambiente; en su texto, se define por primera vez el concepto de desarrollo sostenible como:

El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades.¹⁴⁴

Hasta la fecha, ésta es la definición más difundida y mayormente aceptada sobre desarrollo sostenible.

En este reporte se reconoce que,

(e)n lo que se refiere a la contaminación, el gas es, sin duda alguna, el combustible más limpio, seguido por el petróleo y mucho después por el carbón. Pero todos ellos plantean tres problemas de contaminación atmosférica relacionados entre sí: el calentamiento a escala mundial, la contaminación del aire en las zonas urbanas industriales y la acidificación del medio.¹⁴⁵

Con lo anterior, se señala la relación existente entre consumo de energía fósil y dos de los problemas ambientales de segunda generación: el calentamiento global y la lluvia ácida.

Su texto también expresa que se deben adoptar políticas

(p)ara aumentar y extender los recientes y constantes progresos en relación con la eficiencia en el uso de la energía y encauzar en mayor medida la combinación energética hacia las energías renovables.¹⁴⁶

En lo que se refiere a los perjuicios sobre la salud que causa nuestro consumo energético actual se menciona que,

(l)as emisiones de combustibles fósiles (...) pueden perjudicar la salud humana y el medio, provocando un aumento de afecciones de las vías respiratorias que a veces resultan mortales. Sin embargo, estos contaminantes pueden eliminarse, y todos los gobiernos han de adoptar, por consiguiente, disposiciones encaminadas a lograr un grado suficiente de calidad del aire.¹⁴⁷

¹⁴³ Ernesto C. Enkerlin et. al., *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*, México, International Thomson Editores, 1997, pág. 506.

¹⁴⁴ ONU, Informe de la Comisión Brundtland, *Nuestro futuro Común*, México, FCE, 1988.

¹⁴⁵ *Idem.*, pág. 213.

¹⁴⁶ *Idem.*, pág. 216.

¹⁴⁷ *Idem.*, pág. 218.

Con estas líneas se admite la existencia de una vinculación estrecha entre el consumo de energía fósil y la disminución de la calidad de vida de los individuos.

Enuncia a la energía renovable como un "potencial sin aprovechar", y se refiere a su situación de la siguiente manera:

Los sistemas de energía renovable están aún en una fase relativamente primitiva de su desarrollo, pero ofrecen al mundo unas fuentes primarias de energía potencialmente enormes, de duración ilimitada y disponibles de una u otra forma en cualquier nación.¹⁴⁸

Así, la Comisión Bruntland ubica a las energías renovables como portadoras de un futuro energético promisorio, aunque su tecnología de aprovechamiento aún no estaba comercialmente desarrollada por esas fechas.

Más adelante se reafirma el valor de las energías renovables al considerar que,

(e)mpez a aceptarse la necesidad de una transición continua hacia una combinación más amplia y duradera de energías. A ello pueden contribuir de manera apreciable las fuentes de energía renovables, sobre todo gracias a técnicas nuevas y mejoradas, pero su financiamiento dependerá a corto plazo de la supresión o por lo menos atenuación de ciertas barreras económicas e institucionales que entorpecen su uso y que en algunos países son enormes... (existen) abundantes subvenciones invisibles a los combustibles clásicos que están incorporadas a programas legislativos y energéticos.¹⁴⁹

La necesidad de una transición se admite con todas sus letras y las renovables se reconocen como probables protagonistas de la misma. Es importante señalar que se hace hincapié en los obstáculos económicos e institucionales que enfrentan las renovables, así como en la situación de desventaja en que se encuentran con respecto a la subsidiada energía convencional.

Para mayor regocijo de quienes pugnan por la energía limpia, se declara que,

(l)a Comisión entiende que debe hacerse todo lo posible por explotar el potencial de energía renovable, que deberá ser el fundamento de la estructura mundial de energía en el siglo XXI. La energía es indispensable para la supervivencia. El desarrollo futuro dependerá esencialmente de la disponibilidad a largo plazo de cantidades cada vez mayores de energía procedente de fuentes seguras, inocuas y apropiadas para el medio ambiente.¹⁵⁰

La lectura del Informe deja sentir la convicción y esperanza de la Comisión Bruntland por lograr que *nuestro futuro común* sea un futuro mejor.

En comparación con la Declaración de Estocolmo, es sensible el detalle con que este Informe descubre los malestares que aquejan al medio natural. Si bien Estocolmo crea las máximas universales de la protección al ambiente, Bruntland señala la

¹⁴⁸ *Idem.*, pág. 235.

¹⁴⁹ *Idem.*, pág. 239.

¹⁵⁰ *Idem.*

atención hacia áreas específicas. La misma estructura del Informe da cuenta de ello, al dedicar un capítulo a aquellas áreas que considera centrales para propiciar el desarrollo sostenible, que son: población, energía, industria, alimentos, combustibles, preservación de especies, ecosistemas y urbanización.

Sin embargo, a pesar de que el Informe Bruntland es muy puntual al enunciar las áreas concretas sobre las que se debe incidir para propiciar la sostenibilidad, fue muy criticado y tachado de idealista y ambicioso.

Ante la propuesta de la Comisión, el jefe de economía del Banco Mundial respondió oponiéndose a la implantación de cambios masivos en el sistema de política económica mundial, argumentando requeriría de cambios dramáticos.¹⁵¹

En realidad, las consecuencias de la prolongación en el tiempo de nuestras actuales prácticas contaminantes convierten en deseables los cambios radicales. No obstante, aunque el Informe no haya tenido los efectos esperados en el plano práctico, puede considerarse que su propia existencia es en si un éxito en la marcha de los asuntos ambientales.

2.3.5 Algunas otras Conferencias en la materia

La energía es, dicho de manera sencilla, la unidad de medida fundamental del mundo físico. Por tanto, no podemos concebir el desarrollo sin modificaciones en la cantidad o la naturaleza de sus fuentes.

- David Brooks
Audencia Pública de la CMMAD
Ottawa, 26 y 27 de mayo de 1986

Si bien la Conferencia de Estocolmo, el Informe Bruntland y la Cumbre de Río, son eventos que marcan de manera particular la historia de la negociación política internacional en materia de ambiente y desarrollo, los intervalos comprendidos entre su celebración no han sido estériles, por el contrario, han sido ricos en conferencias convocadas por iniciativa de ciertos gobiernos u organizaciones internacionales de distinto tipo, incluso, fuera del sistema de las Naciones Unidas.

Como se mencionó en el capítulo 1.3, a finales de los años ochenta, la investigación en el campo del ambiente comenzó a advertir la existencia de ciertos tipos de contaminación que se encontraban ocultos hasta entonces¹⁵². Ante tales

¹⁵¹ Ernesto C. Enkerlin, *Op. Cit.*, pág. 507.

¹⁵² *Vid.* cap. 2.1, segunda generación de problemas ambientales.

agravantes, en la etapa posterior al Informe Bruntland y anterior a la Cumbre de Río – es decir el período comprendido entre 1987 y 1992- se celebraron diversas reuniones ambientales convocadas para analizar dichas problemáticas otrora desconocidas. Cabe señalar que, aunque estas reuniones fueron realizadas antes de que se convocara a la Conferencia de Río, sus trabajos nutrieron en gran medida el contenido de esta Magna Cumbre,

Ellas proveyeron la oportunidad de explorar ideas y conceptos que influyeron subsecuentemente la causa y resultado de las negociaciones de la CNUMAD en los temas relevantes.¹⁵³

Entre el conjunto de problemas ambientales de segunda generación encontramos que dos de ellos son causados de manera directa por la emisión de sustancias tóxicas, relacionadas con el uso de petróleo, carbón y gas natural como insumos energéticos, estos son: el calentamiento global (global warming) y la lluvia ácida¹⁵⁴. Así, la alerta en torno a la necesidad de reformular nuestra estructura energética comenzó a encender conciencias alrededor del mundo y a ser contemplada como un requisito *sine qua non* para la sustentabilidad. Ya desde 1985 científicos de varios países hicieron la siguiente observación durante una reunión que sostuvieron en la ciudad de Villach, Austria:

El día de hoy se están tomando muchas importantes decisiones económicas y sociales sobre proyectos a largo plazo tales como planeación energética, basados en la presunción de que la información climática pasada es una guía confiable para el futuro. Ésta no es una buena presunción, ya que la creciente concentración de gases de efecto invernadero causará un aumento significativo del clima global en el presente siglo.¹⁵⁵

Una de las reuniones que trató de manera específica esta problemática fue la Conferencia de Toronto sobre la Atmósfera Cambiante, convocada a iniciativa del Gobierno de Canadá en junio de 1988.

En Toronto se manifestó que,

(e) incremento acelerado en las concentraciones de los gases de efecto invernadero, si continua, resultará probablemente en un aumento de la temperatura principal de la superficie de la Tierra, de 1.5 a 4.5 grados centígrados antes de la mitad del siguiente siglo.¹⁵⁶

Se señalaron también los efectos trágicos que esta proyección traería consigo (vid. 1.3). En lo que se refiere a la acidificación del ambiente, la Conferencia de Toronto expresa que,

¹⁵³ Andrónico O. Adede, *Op. Cit.*, pág. 318.

¹⁵⁴ Esta última introduce una nueva variante de daño ambiental que es la contaminación transfronteriza (para mayor detalle sobre estos problemas ambientales ver apartado 1.3.3).

¹⁵⁵ Leopoldo García-Colín, *Energía, ambiente y desarrollo sustentable*, México, El Colegio Nacional- Programa Universitario de Energía, UNAM, 1996, pág. 88.

¹⁵⁶ Andrónico O. Adede, *Op. Cit.*, pág. 230.

(l) la conservación de los combustibles fósiles contribuiría a hacer frente tanto a la lluvia ácida como a los problemas de cambio climático.

De esta manera se reconoce la repercusión del uso de energía fósil en estos dos grandes problemas ambientales.

Otro esfuerzo internacional que enfatiza la importancia de proteger el clima de la Tierra lo encontramos en la Resolución 44/53 de las Naciones Unidas del 7 de diciembre de 1988, enunciada a instancias del gobierno de Malta y que manifiesta que "el clima es una preocupación común de la humanidad, ya que el clima es una condición esencial que sostiene la vida en la Tierra."¹⁵⁷

Posteriormente, como una continuación de la Conferencia de Toronto, se celebró la *Reunión de Expertos Legales en Políticas sobre la Protección de la Atmósfera* en 1989. De forma paralela, el gobierno de la India a través del Instituto Tata de Investigación en Energía, convocó a la Conferencia de Nueva Delhi que tuvo lugar del 21 al 23 de febrero del mismo año. Esta Conferencia también trató el tema del calentamiento global, pero desde la perspectiva de los países en desarrollo; en su texto manifiesta que la primera y mayor respuesta a la amenaza del calentamiento global debe provenir de las naciones industrializadas que son las principales emisoras de gases de invernadero.

Esta Cumbre reconoce en su Declaración que los combustibles fósiles son responsables en gran medida de esta crisis ambiental, y alienta a las sociedades a

(a)umentar (...) la eficiencia con la que utilizan los combustibles fósiles (...). introducir tecnologías dependientes de energía no fósil, con carácter de prioridad.¹⁵⁸

Asimismo, La Declaración de esta Conferencia hace mención especial de la relación entre la mujer y la energía para un desarrollo sustentable, al indicar que

(s)e debería tomar nota particularmente del papel de las mujeres en el proceso del desarrollo (...). Las organizaciones de mujeres son activas en la planeación de la familia, la conservación y eficiencia de la energía, los programas de reforestación y el uso de la energía renovable.

En 1988, con el objeto de evaluar la información disponible sobre el cambio climático, valorar los impactos ambientales y socioeconómicos de este fenómeno, y formular estrategias de respuesta, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (WMO) establecieron el *Panel Intergubernamental para el Cambio Climático* (IPCC por sus siglas en inglés) en 1988, con el mandato de analizar el estado del conocimiento en torno al sistema climático del planeta, sus cambios y posibles consecuencias.

¹⁵⁷ UN, doc. 44/53: e1002/15.

¹⁵⁸ Andrónico O. Adede, *Op. Cit.*, pág. 323.

El IPCC fue establecido de cara a la Segunda Conferencia Mundial del Clima celebrada en Ginebra, Suiza en 1990, y publicó su primer Reporte en dicho año, en el que encontró evidencias de trastornos en el clima (para mayor detalle ver cap. 1.3.4, pág. 34). El Tercer Reporte del IPCC fue publicado en marzo de 2001 y constituye una fuente de información científica y autorizada.

2.3.6 La Cumbre de Río

El espíritu de Río debe crear un nuevo comportamiento entre los ciudadanos. Además de amar al prójimo, como se lo pide el Evangelio, después de Río el hombre debe amar también al mundo (...). Más allá del contrato moral con Dios, más allá del contrato social con los hombres, es preciso ahora concertar un contrato ético y político con la naturaleza.

*- Boutros Ghali
Secretario General de la ONU.
Discurso de clausura de la Cumbre de Río, 1992.*

La Cumbre de Río fue celebrada en 1992 como una reunión marco de alto nivel internacional para tratar los temas del ambiente y el desarrollo. En su agenda se contemplaron los problemas ambientales de segunda generación (vid. supra) entre los que figura el cambio climático.

En el presente apartado se analizará la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, por sus contribuciones al derecho internacional ambiental y a los principios del desarrollo sostenible; la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, por ser objeto específico de este estudio el análisis de la acción internacional frente a las consecuencias del uso de energéticos fósiles, y algunos lineamientos del Programa 21 en el mismo sentido.

Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo

La *Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo* establece en su principio 1 que los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.¹⁵⁹

Desde la perspectiva de esta Resolución, podemos apreciar que al desarrollo sustentable se le confiere un marcado perfil antropocéntrico, en donde el ser humano funge como origen, medio y fin último de este desarrollo que muchos han dado en

¹⁵⁹ ONU, *Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo*, 1992.

llamar "desarrollo a escala humana" o "desarrollo con rostro humano"¹⁶⁰. Este principio muestra gran similitud con su antecesor de Estocolmo, ya que, de igual manera, le consagran al hombre el derecho a la calidad de vida.

En su principio 2, se regula la contaminación transfronteriza y se expresa que

De conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y los principios del derecho internacional, los Estados tienen el derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus propias políticas ambientales y de desarrollo, y la responsabilidad de velar por que las actividades realizadas dentro de su jurisdicción o bajo su control no causen daños al medio ambiente de otros Estados o de zonas que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional.¹⁶¹

En este principio se reconoce la soberanía de los Estados para dar el uso que ellos convengan a sus recursos, sin embargo, se restringe su derecho a hacerlo cuando tales actividades causen daños ambientales fuera de su jurisdicción. Aunque enunciado de manera genérica, este principio va dirigido hacia todas aquellas prácticas de explotación de recursos naturales que han mostrado generar efectos ambientales negativos que trascienden las fronteras políticas. Hoy es bien sabido que los gases tóxicos liberados por la combustión de hidrocarburos viajan largas distancias y provocan la llamada lluvia ácida y la consiguiente acidificación de suelos en terceros países.

En su principio 4 la Declaración de Río indica que

Con el fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del procesos de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.¹⁶²

Este principio marco —al igual que la Convención que lo crea— habla de manera general sobre "el proceso de desarrollo". De manera práctica es evidente que este proceso hace alusión a los sectores productivos involucrados en la promoción del progreso. Uno de ellos es el sector energía.

En su principio 8 enuncia:

Para alcanzar el desarrollo sostenible y una mejor calidad de vida para todas las personas, los Estados deberán reducir y eliminar las modalidades de producción y consumo insostenibles (...).¹⁶³

Si atendemos a la naturaleza insostenible de la producción de energía fósil, podemos deducir que este principio llama a la reducción de esta práctica productiva.

¹⁶⁰ Para mayor información sobre este tema ver Manfred A. Max-Neef, *Desarrollo a escala humana*, Barcelona, Icaria editorial, 1994.

¹⁶¹ *Idem.*

¹⁶² *Idem.*

¹⁶³ *Idem.*

Dentro de la Declaración también encontramos un aliento a los factores que generan el cambio, tal como lo observamos en su Principio 9, que recomienda a los Estados

(...) cooperar en el fortalecimiento de su propia capacidad para lograr el desarrollo sostenible, aumentando el saber científico mediante el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos e intensificando el desarrollo, la adaptación, la difusión y la transferencia de tecnologías, entre éstas, tecnologías nuevas e innovadoras.¹⁶⁴

El impulso formal que se da a las "tecnologías nuevas e innovadoras" es favorable al desarrollo de las energías renovables, debido a que —como se señaló en el apartado anterior— el aprovechamiento de las mismas sólo es posible a través de tecnologías adecuadas.

De manera general el contenido del Principio 9 enuncia la compatibilidad existente entre el desarrollo sostenible y el desarrollo tecnológico.

(En el) discurso, desarrollo sostenible a menudo quiere decir recusación de la ciencia, de la tecnología y de la economía. Al contrario, yo pienso que vamos a necesitar más progreso en esas tres dimensiones.¹⁶⁵

El Principio 15 de esta Declaración reviste especial interés por referirse a los problemas de segunda generación que acapararon la atención en Río, su texto dice:

Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.¹⁶⁶

Con este exhorto a aplicar el criterio de precaución se hace una clara alusión al fenómeno del cambio climático, sobre el cual, por lo demás, ya existe certeza científica de acuerdo con el Tercer Reporte del IPCC.

El siguiente principio, el número 16, también toca un tema importante y de reciente consideración en las cuestiones ambientales. Textualmente señala

Las autoridades nacionales procurarán fomentar la asunción de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos, teniendo en cuenta el criterio de que el que contamina debe, en principio, cargar con los costos de la contaminación, teniendo debidamente en cuenta el interés público y sin distorsionar el comercio ni las inversiones internacionales.¹⁶⁷

¹⁶⁴ *Idem.*

¹⁶⁵ Jean Marie Martin, "La dimensión social, económica, energética y ambiental del desarrollo sostenible", en Leopoldo García-Colín Scherer, *Op. Cit.*, pág. 49.

¹⁶⁶ ONU, *Declaración de Río sobre...*, *Op. Cit.*

¹⁶⁷ *Idem.*

Con esta líneas Río contempla la "internalización de costos ambientales", medida que se refiere a integrar dentro de los costos económicos de un producto o servicio el precio del perjuicio que se infringe a la naturaleza durante su proceso de generación, lo cual implica asignar a los recursos naturales un valor comercial. Esta conceptualización es producto de un intento teórico por romper el antagonismo entre economía y medio ambiente.

Finalmente, el Principio 22 de la Declaración de esta Cumbre favorece el desarrollo de las energías renovables al enunciar que

Las poblaciones indígenas y sus comunidades, así como otras comunidades locales, desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo, debido a sus conocimientos y prácticas tradicionales. Los estados deberán reconocer y apoyar debidamente su identidad, cultura e intereses y hacer posible su participación efectiva en el logro del desarrollo sostenible.¹⁶⁸

Al hacer un llamado hacia la promoción del desarrollo local de los pueblos, las naciones unidas en Río están apoyando de manera implícita todas aquellas prácticas que favorezcan el progreso autóctono de las comunidades. La generación de energía a partir de fuentes renovables es de naturaleza local, debido a que se aprovecha en función de los recursos específicos de cada región.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

La Segunda Conferencia Mundial sobre Clima, celebrada en Ginebra, Suiza, en 1990 consideró necesario crear una Convención sobre Cambio Climático. Para tal efecto, decidió trasladar las discusiones sobre esta cuestión a la Asamblea General de las Naciones Unidas.

Así, mediante la Resolución 45/212 del 21 de diciembre de 1990, la Asamblea General de las Naciones Unidas en su XLV sesión, establece un Comité Intergubernamental de Negociación para una Convención Marco sobre Cambio Climático (INC/FCCC). En este Comité sesionaron negociadores de 150 países entre febrero de 1991 y mayo de 1992, periodo en el que negociaron y concluyeron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992, justo a tiempo para que el documento fuera a abierto para su firma en la Cumbre de Río.

En el último párrafo del preámbulo de su Declaración se reconoce que

(...) todos los países, especialmente los países en desarrollo, necesitan tener acceso a los recursos necesarios para lograr un desarrollo económico y social sostenible, y que los países en desarrollo, para avanzar hacia esa meta, necesitarán aumentar su consumo de energía, tomando en cuenta las posibilidades de aumentar su eficiencia energética y de

¹⁶⁸ *Idem.*

controlar las emisiones de gases de efecto invernadero en general, entre otras cosas, mediante la aplicación de nuevas tecnologías en condiciones que hagan que esa aplicación sea económica y socialmente beneficiosa.¹⁶⁹

Las Partes de la Convención "decididas a proteger el sistema climático para las generaciones presente y futuras" han convenido en su artículo 1 párrafo 2 que por

..."cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables.¹⁷⁰

En el párrafo 9 se indica que por *fuerza* del cambio climático se entiende cualquier proceso o actividad que libera un gas de invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de invernadero en la atmósfera.

En su artículo 2 la Convención indica que el objetivo de la misma, así como de todo instrumento jurídico conexo es:

Lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera en un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente como para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

En el artículo 3 se establecen los Principios que deben guiar las medidas que adopten las Partes de la Convención en el cumplimiento de sus disposiciones. En su primer párrafo dispone que:

(Las Partes d)ebían proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades, comunes pero diferenciadas, y sus respectivas capacidades. En consecuencia, las Partes que son países desarrollados deberían tomar la iniciativa en lo que respecta a combatir el cambio climático y sus efectos adversos.

Si bien la atmósfera es un patrimonio común a todas las naciones, no todas han contribuido por igual a su deterioro; por ello se marcan diferencias en torno a la responsabilidad y capacidad de los pueblos para hacer frente al cambio climático. Por regla general, los países que históricamente han registrado un mayor nivel de emisiones a la atmósfera son los más capaces afrontar las problemáticas ambientales, y se señala que son quienes deben tomar la iniciativa en torno al fenómeno del calentamiento global.

Asimismo, en el siguiente párrafo se expresa que,

¹⁶⁹ ONU, *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 1992.*

¹⁷⁰ *Idem.*

(d)eberían tomarse plenamente en cuenta las necesidades específicas y las circunstancias especiales de las parte que son países en desarrollo, especialmente aquellas que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático.

En el párrafo tercero del mismo artículo se especifica que,

(d)eberían tomar medidas de precaución para prevenir, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos. Cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, no debería utilizarse la falta de total certidumbre científica como razón para posponer tales medidas, tomando en cuenta que las políticas y medidas para hacer frente al cambio climático deberían ser eficaces en función de los costos con el fin de asegurar beneficios mundiales al menor costo posible. Para tal fin, esas políticas y medidas deberían tener en cuenta los distintos contextos socioeconómicos, ser integrales, incluir todas las fuentes, sumideros y depósitos pertinentes de gases de efecto invernadero y abarcar todos los sectores económicos.¹⁷¹

Este párrafo nos descubre tres aspectos relevantes. En primer lugar, al igual que la Declaración de Río, asume que la incertidumbre en torno al fenómeno no debe inhibir la acción para mitigarlo, por lo que debe primar el principio de Precautoriedad. En segundo término, afirma que estas medidas deben ser económicamente viables, con lo cual se admite que el desarrollo sustentable no implica sólo la protección del ambiente. Por último, manifiesta que se deben tomar en cuenta todas las *fuentes* en la formulación de las políticas dirigidas a hacer frente al cambio climático, con lo que se hace referencia al sector energía, que se reafirma al enunciar que estos esfuerzos deben "abarcar todos los sectores económicos".

En los dos últimos párrafos de dicho artículo se menciona que el desarrollo sostenible es un derecho de todos los pueblos, por lo que deben promoverlo e integrarlo dentro de sus políticas nacionales de desarrollo, y las Partes deberían cooperar en la promoción de un sistema económico internacional abierto y propicio que condujera al crecimiento económico y al desarrollo sostenible.

En el artículo 4, se enuncian los compromisos comunes a todas las Partes de la Convención. En su inciso a marca que todas las partes deberán:

(e)laborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes..

Asimismo, en su inciso b señala que deberán:

(f)ormular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda, regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, tomando en cuenta las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los

¹⁷¹ *Idem.*

sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal.

De esta manera se promueve la instauración de programas nacionales orientados a evitar o capturar emisiones. De ahí la importancia de contar con instituciones dedicadas a la gestión y aplicación de políticas de eficiencia energética y de aprovechamiento de energías renovables, así como de protección y restauración de bosques y áreas verdes.

En el inciso c) se manifiesta la necesidad de,

(p)romover y apoyar con su cooperación el desarrollo, la aplicación y la difusión, incluida la transferencia de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en todos los sectores pertinentes, entre ellos la energía, el transporte, la industria, la agricultura, la silvicultura y la manipulación de desechos.¹⁷²

Este inciso es un aliciente al desarrollo y transferencia de nuevas tecnologías acordes con las prioridades de producción y protección ambiental. Como se ha visto en el apartado 2.2 la energía natural que encontramos en el sol, el viento, ríos y materia orgánica sólo puede ser aprovechada a través de tecnologías pertinentes que la transformen en energía útil para cubrir las necesidades humanas (energía eléctrica, térmica o combustibles). Con este impulso a la tecnología y su difusión se abre una puerta para el desarrollo de las tecnologías de energía renovable. Es de gran trascendencia el hecho de que se señale de manera específica a la energía dentro de este inciso, debido a que implica un reconocimiento de alto nivel en torno a la necesidad de cambio en este sector.

Entre otros aspectos, también se señala que es compromiso de todas las Partes de la Convención promover y apoyar la investigación científica, tecnológica, socioeconómica, y la observación sistemática relativa al sistema climático, así como impulsar la educación, la capacitación y la sensibilización del público respecto del cambio climático.

En el punto 2. del artículo 4 se especifican los compromisos de las Partes Anexo 1¹⁷³. En su inciso a) establece que:

Cada una de esas Partes adoptará políticas nacionales y tomará las medidas correspondientes de mitigación del cambio climático, limitando sus emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero y protegiendo y mejorando sus sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero. Esas políticas y medidas demostrarán que los países desarrollados están tomando la iniciativa en lo que respecta a modificar las tendencias a más largo plazo de las emisiones antropógenas, de manera acorde con el objetivo de la presente Convención, reconociendo que el regreso, antes de fines del decenio actual a los niveles anteriores de emisiones antropógenas de dióxido de carbono

¹⁷² *Idem*.

¹⁷³ Países industrializados (incluye países que están en proceso de transición hacia una economía de mercado).

y otros gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal contribuiría a tal modificación.

En el siguiente inciso se determina que,

Con el fin de promover el avance hacia ese fin, cada una de esas partes presentará, con arreglo al artículo 12, dentro de los seis meses siguientes a la entrada en vigor de la convención para esa Parte, y periódicamente de ahí en adelante, información detallada acerca de las políticas y medidas a que se hace referencia en el inciso a), así como acerca de las proyecciones resultantes con respecto a las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal para el periodo al que se hace referencia en el inciso a), con el fin de regresar, individual o conjuntamente, a los niveles de 1990. La Conferencia de las Partes examinará esa información en su primer periodo de sesiones y de ahí en adelante de forma periódica, de conformidad con el artículo 7.

En lo que respecta a la Conferencia de las Partes, en el inciso c) del mismo artículo se determina que dicha instancia:

Examinará, en su primer periodo de sesiones, los incisos a) y b) para determinar si son adecuados. Ese examen se llevará a cabo a la luz de las informaciones y evaluaciones científicas más exactas de que se disponga sobre el cambio climático y sus repercusiones, así como de la información técnica, social y económica pertinente. Sobre la base de ese examen, la Conferencia de las Partes adoptará medidas apropiadas, que podrán consistir en la aprobación de enmiendas a los compromisos estipulados en los incisos a) y b).

Ahora bien, la adopción y ejecución de medidas para alcanzar los objetivos de la presente Convención requiere de una fuente financiera que permita adquirir y canalizar recursos. Para tal efecto, se conformó un grupo de países desarrollados capaces de proveer fondos financieros para contribuir al cumplimiento de compromisos; tales países se denominaron Anexo II y son los mismos que figuran en el Anexo 1 menos los países que están en proceso de transición hacia una economía de mercado. En el punto 3 del artículo 4 se determina que:

Las partes que son países desarrollados, y las demás Partes desarrolladas que figuran en el Anexo II, proporcionarán recursos financieros nuevos y adicionales para cubrir la totalidad de los gastos convenidos que efectúan las partes que son países en desarrollo, para cumplir sus obligaciones en virtud del párrafo 1 del artículo 12.

También se estipula que las partes que figuran en el Anexo II:

Ayudarán a las partes que son países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático a hacer frente a los costos que entrañe su adaptación a esos efectos adversos.

Asimismo, dichas partes tienen la encomienda de "promover, facilitar y financiar la transferencia de tecnologías y conocimientos prácticos ambientalmente sanos, a otras

partes, especialmente a las que son países en desarrollo, con el fin de que puedan aplicar las disposiciones de la Convención".

Al finalizar el artículo 4, se advierte que al llevar a efecto los compromisos enunciados las Partes deberán prestar particular atención a las circunstancias y preocupaciones de aquellos países proclives a padecer los efectos adversos del cambio climático y vulnerables a la aplicación de medidas de respuesta, entre los que se encuentran:

- Países insulares pequeños
- Países con zonas costeras bajas
- Países con zonas áridas y semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro forestal
- Países con zonas propensas a los desastres naturales
- Países con zonas expuestas a la sequía y a la desertificación
- Países con zonas de alta contaminación atmosférica urbana
- Países con zonas de ecosistemas frágiles, incluidos los ecosistemas montañosos
- Países cuyas economías dependen en gran medida de los ingresos generados por la producción, el procesamiento y la exportación de combustibles fósiles y productos asociados a la energía intensiva, o de su consumo.
- Los países sin litoral, y los países de tránsito.

Como podemos apreciar, todas las naciones se encuentran en peligro frente al cambio climático, y algunos países como México se sitúan en varias de las anteriores categorías, hecho que aumenta su grado de vulnerabilidad frente al fenómeno.

Artículo 5.- Se puntualizan los deberes de las Partes en torno a la promoción y fomento de la investigación y observación sistemática del fenómeno, y se pone énfasis en la necesidad de impulsar tales actividades en los países en desarrollo.

Artículo 6.- Se delinearán los requerimientos de educación, formación y sensibilización del público en torno al fenómeno del cambio climático.

Artículo 7.- Se establece a la Conferencia de las Partes como órgano supremo de la Convención y de todo instrumento jurídico conexo que se adopte con posterioridad, y se listan sus funciones y deberes.

Artículo 8.- Se establece una Secretaría y se enuncian sus funciones procedimentales.

Artículo 9.- Se instituye el Órgano subsidiario de asesoramiento científico y tecnológico.

Artículo 10.- Se crea el Órgano subsidiario de ejecución.

Artículo 11.- Se define un mecanismo para el suministro de recursos financieros que será encomendado a una o más entidades internacionales existentes, y se listan las modalidades aptas para recibir fondos.

Artículo 12.- Se estipula el proceso por medio del cual las Partes transmitirán información a la Conferencia de la Partes.

Artículo 13.- Se refiere a la resolución de cuestiones relacionadas con la aplicación de la Convención.

Artículo 14.- Se dedica al arreglo de controversias.

Artículo 15.- Sobre enmiendas a la Convención.

Artículo 16.- Versa sobre la aprobación y enmienda de los anexos de la Convención.

Artículo 17.- Establece que la Conferencia de las Partes podrá aprobar Protocolos de la Convención.

Artículo 18.- Sobre el derecho de voto.

Artículo 19.- Se designa al Secretario General de la ONU como depositario de la Convención y de sus Protocolos.

Artículo 20.- Sobre la firma de la Convención.

Artículo 21.- Se enuncian disposiciones provisionales.

Artículo 22.- Sobre la ratificación, aceptación, aprobación o adhesión a la Convención.

Artículo 23.- Sobre su entrada en vigor.

Artículo 24.- Reservas a la Convención.

Artículo 25.- Denuncia de la Convención.

Artículo 26.- Sobre los textos auténticos.

Anexos I y II

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático fue ratificada en 1993; sin embargo, sobre la base de los reportes nacionales entregados por las Partes Anexo I, se vislumbró que casi ningún país cumpliría el compromiso de reducir sus emisiones al año 2000 a los niveles de 1990. Lo anterior hizo evidente la necesidad de un instrumento más fuerte y jurídicamente vinculante (vid infra *Hacia el Protocolo de Kioto*).

Agenda 21

La Agenda 21 es el plan de acción para el desarrollo sostenible en el siglo XXI y después, que establece áreas programáticas específicas, descritas a través de bases para la acción, objetivos a lograrse, actividades para llevarse a cabo y medios de instrumentación,

En su capítulo 9 dedicado a la protección de la atmósfera establece que:

La energía es esencial para el desarrollo económico, social y en el mejoramiento de la calidad de vida. La energía mundial, sin embargo es producida y consumida por vías que no pueden ser sostenidas si la tecnología fuera permaneciendo constante y si las cantidades fueran incrementándose sustancialmente.

La necesidad de controlar las emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero y otros gases y substancias requerirá basarse en la eficiencia energética en la producción, transformación, distribución y consumo, y el crecimiento de la dependencia en sistemas energéticos en armonía con el ambiente, particularmente fuentes nuevas y renovables de energía.

Las barreras existentes para incrementar el suministro de energía compatible con el ambiente requerida para avanzar hacia el desarrollo sostenible, particularmente en los países en desarrollo, necesitan removerse

174

Asimismo, se indica que el crecimiento en el consumo mundial de energía es esencial para alcanzar el desarrollo sostenible. No obstante, en el programa de Acción para un Desarrollo Sostenible de la Agenda 21 se señala que los modelos actuales de producción y de consumo basados en un 87 % en el uso de recursos energéticos fósiles no son sostenibles.

Entre otros aspectos, en el capítulo 9 de la Agenda 21 se indica que los gobiernos deberán:

- Modernizar los sistemas de generación de energía haciéndolos más eficaces y, *fomentar el recurso a fuentes de energía nuevas y renovables*

¹⁷⁴ Arshad M. Khan, "Energy in the context of sustainable development", International Atomic Energy Agency, ponencia presentada en las instalaciones de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía en 1999.

tales como las energías solar, eólica, hidrológica, geotérmica, oceanográfica, animal, humana y de biomasa;

- ✓ Instruir a la población en el aprovechamiento y la utilización de formas de energía más eficaces y menos contaminantes;
- ✓ Coordinar los planes energéticos regionales de manera que se potencie la producción y la distribución eficientes de formas de energía ecológicamente racionales;
- ✓ Fomentar la evaluación de impacto ambiental y otras fórmulas para la adopción de decisiones en las que se incorpore de modo sostenible la consideración de políticas económicas, energéticas y ambientales;
- ✓ Promover el etiquetado de productos para proporcionar información al consumidor sobre el uso eficiente de la energía.¹⁷⁵

En 1993 la Conferencia General de la UNESCO estableció el "World Solar Process" (Proceso Mundial Solar) con el propósito de proveer líneas concretas de acción para dar cauce a los planteamientos de la Agenda 21 en la materia. Para dar un nivel más alto de liderazgo al proceso se estableció la "World Solar Commission" (Comisión Solar Mundial) en 1994, y ésta adoptó el "World Solar Programme 1996-2005" en la XIX Sesión especial de la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1997.

El anterior análisis de ciertos instrumentos creados por las naciones reunidas en la Cumbre de la Tierra muestra un conjunto de principios destinados a orientar el desarrollo futuro. Mediante tales principios, se definen los derechos de los pueblos al desarrollo, junto con sus responsabilidades con respecto a la preservación del entorno común. En ellos se reafirman ideas proclamadas en la Conferencia de Estocolmo de 1972, lo que demuestra que los esfuerzos por compatibilizar el desarrollo con la protección del ambiente mantienen un hilo de continuidad.

Las Naciones Unidas crearon en diciembre de 1992 una Comisión Especial sobre Desarrollo Sostenible (CSD por sus siglas en inglés) para asegurar el seguimiento adecuado de las disposiciones Río. En 1996 la CSD definió 134 indicadores de sostenibilidad¹⁷⁶, sin embargo carecen de un tratamiento integral del sector energía. Las cuestiones relacionadas con la producción, distribución y consumo de energía fueron temas sustantivos de la Novena Sesión de la CSD celebrada en el mes de abril del año

¹⁷⁵ www.ine.gob.mx/dgra/uccci/coop_inter/9.htm, (cursivas nuestras).

¹⁷⁶ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Perspectivas del Medio Ambiente..., Op. Cit., pág. 16. Para más información sobre este asunto ver United Nations Earth Summit+5-Work Programme on Indicators of Sustainable Development of the Commission on Sustainable Development, http://srch0.un.org:80/plwebcgi/fastweb?state_id=1000739377&view=esa&docrank=24&numhitsfound=368&query=sustainable%20development%20indicators&&docid=16430&docdb=esa&dbname=allesa&sorting=BYRELEVANCE&operator=adj&TemplateName=predoc.tmpl&setCookie=1

2001 en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York, dedicada a los temas de atmósfera, energía, transporte y toma de decisiones.¹²³

Hacia el Protocolo de Kioto

Después de Río, el INC¹²⁴ se reunió en seis ocasiones hasta febrero de 1995, fecha en que fue disuelto y la Conferencia de las Partes (COP) se convirtió en la autoridad máxima de la Convención. En su primera sesión, celebrada en Berlín del 28 de marzo al 7 de abril de 1995, la COP determinó la necesidad de adoptar nuevos compromisos más allá del año 2000¹²⁵, debido a que casi ningún país Anexo I parecía estar en vías de cumplir con el compromiso de reducción de emisiones contraído para tal año. Como resultado de la COP-1 se instauró el Mandato de Berlín, que buscaba el establecimiento de objetivos cuantitativos de reducción de emisiones de todos los gases de efecto invernadero en periodos específicos de tiempo, tales como 2005, 2010 y 2020. De tal forma, se estableció un Grupo Ad hoc en el Mandato de Berlín (AGBM por sus siglas en inglés), con la encomienda de redactar un protocolo o algún otro instrumento legal para su adopción durante la COP-3, a celebrarse en 1997 en la ciudad de Kioto, Japón.

Al poco tiempo de haber finalizado la COP-1, se publicó el Segundo Reporte del IPCC que mostraba nuevas evidencias sobre el fenómeno del cambio climático avaladas por más de 2000 científicos alrededor del mundo.

Las evidencias de que la actividad del hombre está modificando el clima del planeta indican que lo que no se realice ahora para disminuir las emisiones de gases invernadero tendrá una inercia en el aumento de las temperaturas mundiales, por ello la Convención establece el Principio de Precautoriedad como una base para la acción.

En la COP-2 - celebrada del 8 al 19 de julio de 1996- se enfatizó la importancia del Segundo Reporte del IPCC, y se declaró que debía servir como una base para reforzar acciones a nivel global, regional y nacional, particularmente por parte de los países Anexo I, para limitar y reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. "La ciencia nos llama a tomar acciones urgentes; el Reporte del IPCC es la mejor ciencia que tenemos y debemos usarla".

¹²³ Para profundizar en este asunto ver Commission on Sustainable Development, 9th Session New York, 16-27 April 2001, http://www.un.org/esa/sustdev/csd9/csd9_2001.htm. Para información sobre la participación de México en la novena sesión de la CDS ver <http://www.conae.gob.mx/eventos/tcronicas2001.htm>.

¹²⁴ Comité Intergubernamental de Negociación que redactó el texto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, *Vid supra*.

¹²⁵ En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático los países desarrollados adoptaron el compromiso de disminuir sus emisiones para el año 2000 a los niveles de 1990.

2.3.7 El Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP-3)

La Conferencia de Kioto representa una extraordinaria oportunidad para acordar en forma multilateral un Protocolo que determinará algunos aspectos decisivos para la convivencia internacional, el marco del desarrollo, y la perspectiva ambiental del planeta en el nuevo milenio.

- Mtra. Julia Carabias Lillo
COP-3

La COP-3 se realizó en Kioto, Japón, del 1 al 12 de diciembre de 1997. Esta sesión de la Conferencia de las Partes reviste particular importancia porque en ella se adoptó el *Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, instrumento legal producto del Mandato de Berlín que complementa la Convención firmada en Río.

El Protocolo de Kioto es un instrumento jurídico vinculante que estableció compromisos cuantitativos de reducción de emisiones y definió mecanismos para hacer frente al fenómeno del cambio climático. En el presente apartado se señalan algunas de sus disposiciones. En su parte introductoria, el Protocolo de Kioto indica que su objetivo es el enunciado en el artículo 2 de la Convención (*vid supra*).

Su artículo 1 se consagra a exponer las definiciones que se manejan en su texto. En el artículo 2 se señalan las medidas que deberán seguir las Partes Anexo 1 en el cumplimiento de los compromisos que contraigan a través del Protocolo; las líneas de política referentes al sector energía que se enuncian son:

- Fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional.
- investigación, promoción, desarrollo y *aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía*, de tecnologías de secuestro de dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas de que sean ecológicamente racionales;
- Reducción progresiva o eliminación gradual de las deficiencias del mercado, los incentivos fiscales, las exenciones tributarias y arancelarias y las subvenciones que sean contrarios al objetivo de la Convención en todos los sectores emisores de gases de efecto invernadero, y aplicación de instrumentos de mercado;
- Fomento de reformas apropiadas en los sectores pertinentes con el fin de promover unas políticas y medidas que limiten o reduzcan las emisiones de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal.

En el artículo 3 se enuncian los compromisos de las Partes Anexo I,

- Las Partes incluidas en el Anexo I se asegurarán, individual o conjuntamente, de que sus emisiones antropógenas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases enumerados en el Anexo A no excedan de las cantidades atribuidas a ellas, calculadas en función de los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones consignados para ellas en el anexo B y de conformidad con lo dispuesto en el presente artículo, con miras a reducir el total de las emisiones de esos gases a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012.
- Cada una de las Partes incluidas en el Anexo I deberá poder demostrar para el año 2005 un avance concreto en el cumplimiento de sus compromisos contraídos en virtud del presente Protocolo.

El artículo 6 dispone en su primer párrafo:

- A los efectos de cumplir los compromisos contraídos en virtud del artículo 3, toda Parte incluida en el Anexo I podrá transferir a cualquiera otra de esas Partes, o adquirir de ella, las unidades de reducción de emisiones resultantes de proyectos encaminados a reducir emisiones antropógenas por las fuentes o incrementar la absorción antropógena por los sumideros¹⁸⁰ de los gases de efecto invernadero en cualquier sector de la economía, con sujeción a lo siguiente.

El artículo 10 se refiere a los compromisos de todas las Partes de la Convención, entre los que figuran los siguientes:

- Formularán donde corresponda y en la medida de lo posible, unos programas nacionales y, en su caso, regionales para mejorar la calidad de los factores de emisión, datos de actividad y/o modelos locales que sean eficaces en relación con el costo y que reflejen las condiciones socioeconómicas de cada Parte para la realización y la actualización periódica de los inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando las metodologías comparables en que convenga la Conferencia de las Partes y de conformidad con las directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales adoptadas por la Conferencia de las Partes;

¹⁸⁰ Se considera sumidero a todo reservorio de carbono. Todas las plantas para su crecimiento necesitan dióxido de carbono que convierten en clorofila y con la acción de los fotones en materia orgánica. Dicha materia orgánica secuestra el dióxido de carbono. De ahí la importancia de los bosques y la reforestación para hacer frente al fenómeno del cambio climático.

- Formularán, aplicarán, publicarán y actualizarán periódicamente programas nacionales y, en su caso, regionales que contengan medidas para mitigar el cambio climático y medidas para facilitar una adaptación adecuada al cambio climático; tales programas guardarán relación, entre otras cosas, con los sectores de la energía, el transporte y la industria así como la agricultura, la silvicultura y la gestión de los desechos.

Podemos observar que es un compromiso de todas las Partes en la Convención aplicar programas nacionales con medidas para mitigar el cambio climático en diversos sectores. En lo que respecta al sector energía, las medidas a aplicar se refieren a la reducción de emisiones por las fuentes, para lo que deben instrumentarse programas de eficiencia energética que permitan disminuir el nivel de emisiones generadas por una misma actividad, así como programas de fomento al aprovechamiento de las energías renovables como fuentes de energía que no emiten gases de efecto invernadero.

También se establece que todas las Partes:

- Cooperarán en la promoción de modalidades eficaces para el desarrollo, la aplicación y la difusión de tecnologías, conocimientos especializados, prácticas y procesos ecológicamente racionales en lo relativo al cambio climático, y adoptarán todas las medidas viables para promover, facilitar y financiar, según corresponda, la transferencia de esos recursos o el acceso a ellos, en particular en beneficio de los países en desarrollo, incluidas la formulación de políticas y programas para la transferencia efectiva de tecnologías ecológicamente racionales que sean de propiedad pública o de dominio público y la creación en el sector privado de un clima propicio que permita promover la transferencia de tecnologías ecológicamente racionales y el acceso a éstas.
- Cooperarán en el plano internacional, recurriendo, según proceda, a órganos existentes en la elaboración y la ejecución de programas de educación y capacitación que, prevean el fomento de la creación de capacidad nacional, en particular capacidad humana e institucional, y el intercambio o la adscripción de personal encargado de formar especialistas en esta esfera, en particular para los países en desarrollo, y promoverán tales actividades, y facilitarán en el plano nacional el conocimiento público de la información sobre el cambio climático y el acceso del público a ésta.

Artículo 11 párrafo 2. Señala que las Partes desarrolladas incluidas en el anexo II deberán proporcionar recursos financieros nuevos y adicionales para cubrir la totalidad de los gastos convenidos en que incurran las Partes que son países en desarrollo al llevar adelante el cumplimiento de los compromisos ya enunciados en el párrafo 1 del artículo 4 de la Convención y previstos en el inciso a) del artículo 10.

Artículo 12. El artículo 12 es uno de los más importantes para los países no Anexo I como México. A través de este artículo se define un mecanismo para el desarrollo limpio que tiene el propósito de ayudar a las partes no incluidas en el Anexo I a lograr un desarrollo sostenible 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 emisiones contraídos en virtud del artículo 3.

En el marco del mecanismo para un desarrollo limpio:

- Las Partes no incluidas en el Anexo I se beneficiarán de las actividades de proyectos que tengan por resultado reducciones certificadas de las emisiones; y
- Las Partes incluidas en el Anexo I podrán utilizar las reducciones certificadas de emisiones resultantes de esas actividades de proyectos para contribuir al cumplimiento de una parte de sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3, conforme lo determine la Conferencia de las Partes en el presente Protocolo.

De esta manera, se sientan las bases para la construcción de un mercado internacional de certificados de carbono. El mecanismo de desarrollo limpio permite a los países en vías de desarrollo como México vender servicios de reducción de carbono, a través de los cuales las Partes Anexo I podrán cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones contraídos en virtud del artículo 3 del Protocolo; es decir, abre la puerta para realizar proyectos de aprovechamiento de energías renovables entre un parte Anexo I y una Parte no Anexo I, en donde la primera podrá justificar dicha reducción en el cumplimiento de sus compromisos, y la segunda podrá vender un servicio ambiental global.

A los países Anexo I les conviene invertir en países como México porque, al no tener tecnología de punta en muchos sectores, existen potenciales de ahorro económicamente viables de gran importancia.¹⁸¹

Según datos de la *Ecoenergy International Corporation (EIC)*, se estima que el costo de eliminar la emisión de una tonelada de carbono puede oscilar entre uno y diez dólares, por lo que cuando en los países industrializados se agotan las oportunidades de abatir emisiones a bajo costo conviene trasladar el esfuerzo de mitigación a naciones en vías de desarrollo, como es el caso de México.

Este mecanismo es de particular relevancia por los beneficios nacionales y globales que puede traer su ejecución.

Al igual que todos los lineamientos de esta Convención, así como los del Protocolo de Kioto, este mecanismo está sujeto a la dirección y autoridad máxima de la

¹⁸¹ Julia Martínez, Directora de Cambio Climático del Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.

Conferencia de las Partes, órgano que designará a las entidades operacionales encargadas de certificar la reducción de emisiones en cada proyecto que se ejecute bajo este esquema, y de acuerdo al párrafo 5 del artículo 12, sobre la base de:

- La participación voluntaria acordada por cada Parte participante
- Unos beneficios reales, mesurables y a largo plazo en relación con la mitigación del cambio climático; y
- Reducciones de las emisiones que sean adicionales a las que se producirían en ausencia de actividad de proyecto certificada.

En este artículo también se estipula que la Conferencia de las Partes asegurará que una parte de los fondos procedentes de proyectos de reducción de emisiones certificadas se utilicen para cubrir gastos administrativos propios del funcionamiento del mecanismo, y para ayudar a las Partes que son países en desarrollo a hacer frente a los costos de la adaptación al fenómeno del cambio climático.

Asimismo, se establece que en el mecanismo podrán participar entidades públicas o privadas, y se aclara que las reducciones certificadas que obtengan los países Anexo I entre el año 2000 y el inicio del primer período de compromiso (2008), podrán justificarse en el cumplimiento de sus compromisos en tal período (2008-2012).

En los artículos 13 y 14 se especifican las funciones de la Conferencia de las Partes y de la Secretaría respectivamente. En el 15 se indica que el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico y el Órgano Subsidiario de Ejecución, establecidos mediante los artículos 9 y 10 de la Convención, actuarán como tales en el Protocolo.

Aunque ciertos países contribuyen en mayor medida al fenómeno del cambio climático, al ser éste un problema global, la reducción de gases de efecto invernadero es igual de benéfica sea cual sea el sitio en donde se realice. Por lo anterior, el Protocolo de Kioto establece el comercio y la transferencia de emisiones a través de sus artículos 6, 12 y 17 (artículo 6. Transferencia de emisiones, artículo 12. Mecanismo para un desarrollo limpio, artículo 17. Comercio de emisiones). Con los denominados mecanismos flexibles se pretende contribuir a que las soluciones técnicas para cumplir con los objetivos de Kioto sean costo-efectivas mediante esquemas de mercado.

En el Anexo A del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, que es un documento de 28 artículos que complementa su Declaración, se señala que existen 4 sectores considerados fuentes y son:

- Energía
- Procesos industriales

- > Agricultura
- > Desechos

En lo que se refiere al sector energía, se observa que es una fuente en los siguientes aspectos:

- > Quema de combustible
 - Industrias de energía
 - Industria de manufactura y construcción
 - Transporte
 - Otros sectores
 - Otros
- > Emisiones fugitivas de combustibles
 - Combustibles sólidos
 - Petróleo y gas natural
 - Otros

En esta Convención ya se reconoce de manera explícita que el sector energía, basado en combustibles fósiles, constituye una amenaza para la estabilidad climática del planeta, al ser una de las principales fuentes de gases de invernadero. Cabe hacer mención de que el Protocolo de Kioto cubre seis gases de efecto invernadero, no sólo el CO₂ -que representa la mayoría de las emisiones-, sino también el metano, el óxido nitroso, los perfluorocarbonos, hidrofluorocarbonos y el hexafluoruro de azufre.

El Protocolo de Kioto entrará en vigor y será legalmente obligatorio cuando haya sido ratificado al menos por 55 países Parte de la Convención, incluyendo a países Anexo 1 cuyas emisiones representen al menos 55% de las emisiones totales de dióxido de carbono para 1990 de dicho grupo. Para noviembre de 2001 40 países habían ratificado el Protocolo, incluyendo a un país desarrollado (Rumania), y durante la COP-7 varios países manifestaron su voluntad de ratificar el Protocolo para la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible a celebrarse en Johannesburgo, Sudáfrica en septiembre de 2002.

Los Estados Unidos no están de acuerdo con los términos del Protocolo al no establecer compromisos cuantitativos de reducción de emisiones para ciertos países en desarrollo como India y China. En el periodo de tiempo entre la COP-6 (nov. 2000) y la COP-6.2 (julio de 2001) se dio a conocer el Tercer Reporte del IPCC, con las evidencias científicas más recientes sobre el fenómeno del cambio climático (ver 1.4). No obstante, el Presidente de los Estados Unidos George W. Bush declaró no considerar la instrumentación del Protocolo de Kioto para reducir el cambio climático por considerarlo "fatalmente defectuoso", e inclinarse por buscar otras opciones en el

futuro. Ante esta postura Margot Wallstroem, Comisionada del Ambiente de la Unión Europea, advirtió que la decisión del Presidente Bush puede afectar el comercio y las relaciones económicas de los EE.UU. con los países europeos, especialmente con aquellos que apoyan la entrada en vigor del Protocolo. El Canciller Alemán Gerhard Schroeder, favorece la ratificación del Protocolo y recomendó al Presidente Bush reconsiderar su política.

En consonancia con las declaraciones del Presidente George W. Bush, la Consejera de Seguridad estadounidense Condoleezza Rice, manifestó que su gobierno considera necesaria una solución "verdaderamente global" a la cuestión sobre la protección del clima y calificó al acuerdo de Kioto como "parcial" porque olvida a los países en desarrollo que también emiten grandes cantidades de gases que contaminan la atmósfera. Por ello, adelantó, Estados Unidos continuará trabajando en un plan alternativo y buscará la forma de cooperar con otros países.

Pese a las dificultades y reveses que han caracterizado a las negociaciones sobre cambio climático,

Puede decirse que la Cumbre de Kioto marcó un nuevo punto de inflexión en el proceso de manejo de uno de los *commons* globales de mayor importancia. Ciertamente ha sido algo complejo, en la medida en que ha tenido que sumirse la estrecha interdependencia que hay entre temas ambientales y económicos a través de un trabajo de negociación e información muy arduo y costoso.¹⁶²

Existen muchos obstáculos para la operación del Protocolo de Kioto, no obstante, los esfuerzos internacionales para hacer frente al problema muestran continuidad. Después de la COP-3 se han celebrado reuniones de la Conferencia de las Partes en forma anual; la COP-4 tuvo lugar en Buenos Aires, Argentina, la COP-5 en Bonn, Alemania, la COP-6 en la Haya, Holanda, y la COP 6.2 -que resumió los trabajos de su predecesora- en Bonn Alemania en el mes de julio de 2001. A continuación una breve reseña de lo acontecido en las últimas dos reuniones.

2.3.8 Sexta sesión de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP-6)

La sexta sesión de la Conferencia de las Partes se celebró en la Haya, Holanda, del 13 al 24 de noviembre de 2000, con el propósito de definir fórmulas consensadas para la operación del Protocolo de Kioto.

Durante 11 días de negociaciones, representantes de 177 Estados Partes y funcionarios de las Naciones Unidas expusieron argumentos y opiniones en torno al fenómeno del cambio climático y la instrumentación del Protocolo de Kioto.

¹⁶² Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sostenible (CESPEDES), *Después de Kioto.... Op. Cit.*, pág. 27.

De manera particular, la delegación estadounidense propuso tomar en consideración la captura de carbono de las áreas forestales y agrícolas existentes para la acreditación de compromisos. La Unión Europea se opuso a este planteamiento a través del cual EE.UU. intenta acreditar emisiones "por prácticamente hacer nada". Además, las Partes en contra de esta iniciativa consideran que daría pie a la aparición de formas extrañas de créditos de carbono. El asunto es controversial, en tanto el Ministerio de Agricultura de los EE.UU. presiona al Congreso porque se acepte esta medida, y las Partes en contra afirman que no es una medida que aporte beneficios en la lucha contra el cambio climático.

En los últimos días de la Convención se delineó un paquete de apoyo financiero y transferencia tecnológica para ayudar a los países en desarrollo a contribuir a la acción global frente al cambio climático, y se acordó reanudar la COP-6 con posterioridad. Sin embargo, las negociaciones en la Haya no alcanzaron acuerdos en los asuntos políticos considerados clave, a saber: un sistema internacional de comercio de emisiones, el "Mecanismo de Desarrollo Limpio", las reglas para contabilizar la reducción de emisiones por los reservorios de carbono y un régimen de cumplimiento.

De acuerdo con la Bióloga Julia Carabias, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca de México a la fecha de la Conferencia,

Los países jugaron a no mostrar sus cartas y a la presión de último momento, perdiendo la gran oportunidad que representó la VI Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, que estuvo a unas cuantas horas de haberse salvado. Tras el susto global que se apoderó de los participantes en la Cumbre, lo que queda es que para mayo de 2001 todos los países compartan la misma voluntad política para proseguir los esfuerzos comunes a fin de reducir las emisiones de gases que provocan el cambio en el clima de la tierra.¹⁸³

De lo acontecido en dicha reunión da cuenta el siguiente apartado.

2.3.9 Reunión 6.2 de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (COP-6.2)

La COP 6.2 se celebró en la Cd. de Bonn, Alemania del 16 al 27 de julio de 2001, como una reanudación de los trabajos de la COP 6. Después de una semana de arduas negociaciones, el 23 de julio de 2001 negociadores de 178 países alcanzaron un acuerdo político en materia de cambio climático en el que se establecieron ciertas reglas detalladas para la operación del Protocolo de Kioto.

¹⁸³ Pilar Franco, "El susto global pasa la factura a la tierra", Entrevista con la Secretaria de Medio Ambiente de México, en <http://www.tierramerica.net/2000/1126/dialogo.html>



Momento en que se alcanzó el acuerdo de Bonn

El acuerdo fue concertado entre todas las partes, exceptuando a los Estados Unidos, país que asistió a la conferencia pero no participó, tras el anuncio de su retiro del Protocolo realizado en el mes de marzo de 2001 por el Presidente George W. Bush (*Vid supra*). Aunque se suavizaron exigencias en el cumplimiento de compromisos, el acuerdo ha sido calificado como un gran logro en materia ambiental, al respecto, el Secretario de Energía de Bélgica, Olivier Deleuze, manifestó que "es preferible un acuerdo imperfecto pero vivo, a un acuerdo perfecto que no existe".

En el acuerdo de Bonn, se alcanzaron compromisos en asuntos tan polémicos como las reglas de operación de los "mecanismos flexibles" de Kioto, el papel de los "sumideros" en la absorción de dióxido de carbono, la asistencia financiera de los países desarrollados a países en vías de desarrollo para hacer frente al cambio climático, y las sanciones al no cumplimiento de compromisos.

En lo que se refiere a los mecanismos flexibles del Protocolo, en la reunión de Bonn se lograron sustantivos avances al convenirse que:

- Las compras internacionales de créditos de emisiones deben ser suplementarias a las acciones domésticas, pero no se fijaron techos o límites a dichas compras.
- El acuerdo de Bonn limita la participación en cualquiera de los mecanismos flexibles a aquellos países que no hayan cumplido con los requerimientos detallados de seguimiento y reportes.
- El Protocolo establece que los proyectos desarrollados dentro de los mecanismos flexibles deben contribuir al desarrollo sostenible. El acuerdo de Bonn establece que el país anfitrión del proyecto debe ser quien decida si se cumple con dicho criterio. Por otro lado, pide a las partes no utilizar las reducciones de emisiones obtenidas mediante la instalación o expansión de las plantas nucleares en el cumplimiento de compromisos, y prohíbe tomar en cuenta las reducciones de emisiones alcanzadas a través de programas regulares de apoyo internacional.
- Las partes acordaron gravar los proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM) con un impuesto de 2%, y también asignar un impuesto a los proyectos de los otros dos mecanismos flexibles. Los ingresos que se obtengan de dichos

* Foto cortesía de IISD/ENB-Leila Mead

impuestos serán utilizados por el nuevo "fondo de adaptación" del Protocolo de Kioto.

- Los sumideros, -áreas forestales u otros usos de tierra que absorban emisiones de CO₂ de la atmósfera-, pueden ser contabilizados en proyectos del MDL, pero bajo límites estrictos. Los proyectos de aforestación y reforestación cuentan, pero los de conservación no. Además, los créditos de emisiones provenientes de proyectos de sumideros no pueden representar más del 1% de las emisiones del año base del país comprador, que en la mayoría de los casos es 1990.
- La mayoría de las actividades clasificadas como sumideros serán elegibles para créditos, incluyendo el manejo forestal, el manejo de tierras de cultivo y pastoreo, y la re-vegetación, siempre que se muestre que han tenido lugar a partir de 1990.
- El único límite aplica al manejo forestal: en el Anexo "Z" del acuerdo de Bonn se establecen límites para todos los países con compromisos de emisiones, que van desde 0 a 17 millones de toneladas. Estos límites también aplican para los créditos de sumideros que los países pueden comprar de proyectos de Implementación Conjunta.
- Las instituciones que supervisarán el desempeño de los mecanismos están por establecerse. Las nominaciones para el Comité Ejecutivo del MDL deberán hacerse en octubre del año 2001, y las elecciones se realizarán dos semanas después. Dicho Comité tendrá una mayoría de representantes de países desarrollados. Los países Parte acordaron desarrollar procedimientos simplificados para iniciar el desarrollo de proyectos MDL de pequeña escala para energía renovable y eficiencia energética.
- Una regla, conocida como "la reserva" fue adoptada para evitar la sobre-venta de créditos de emisiones, por ejemplo, la venta de créditos por Partes que los necesitan para cubrir sus emisiones. Los países con emisiones por debajo de su objetivo pueden vender, pero no más que su superávit proyectado. En orden de incrementar la liquidez y la competencia en el mercado, los países con emisiones más altas que sus objetivos, conocidos como compradores netos, tienen el permiso de comerciar el 10% de sus emisiones.

Por otro lado, el acuerdo de Bonn creó tres nuevos fondos climáticos, todos los cuales serán manejados por el GEF:

- Un Fondo Especial para el Cambio Climático (Special Climate Change Fund), para proveer ayuda adicional para la adaptación, y la transferencia de tecnología en los campos de energía, transporte, industria, agricultura, bosques y manejo de residuos.
- Un Fondo para los Países Menos Desarrollados (Least Development Country Fund), para apoyar a los países más pobres, principalmente en adaptarse al cambio climático.
- Un Fondo de Adaptación del Protocolo de Kioto (Kioto Protocol Adaptation Fund), que será formado con el impuesto al MDL y con contribuciones voluntarias.

Durante la Conferencia de Bonn la Unión Europea junto con otros países desarrollados se comprometieron a brindar \$410 millones de dólares. Es importante señalar que las contribuciones a los nuevos fondos no son obligatorias.

En lo que se refiere al cumplimiento de acuerdos, en Bonn se formularon tres previsiones principales al respecto :

- Si un país falla en cumplir su compromiso de reducción de emisiones, debe "pagar" el déficit más un aumento equivalente al 30% del mismo, durante el siguiente período de compromiso.
- Todo país que haya cumplido completamente con sus compromisos será elegible para vender reducciones de emisiones.
- Los países que hayan fracasado en el logro de sus compromisos deben desarrollar un plan de acción para el cumplimiento.

A través del acuerdo de Bonn se estableció un "brazo facilitador" (facilitative branch) del Comité de Cumplimiento, que estará encargado de ayudar a los países que enfrenten problemas en el cumplimiento de compromisos. También se estableció un "brazo de ejecución" (enforcement branch), encargado de hacer cumplir los compromisos adquiridos por las Partes, y cuyas decisiones sólo podrán ser revertidas por el voto de tres cuartas partes de los países del Protocolo. La mayoría de miembros de estos órganos deberán ser de países en desarrollo.

Como se ha podido observar en esta breve reseña, en Bonn se sentaron algunas bases para poder alcanzar un acuerdo en torno a la operación del Protocolo de Kioto; aún quedan muchos detalles por negociar en casi todas sus áreas: mecanismos flexibles, sumideros, financiamiento, transferencia tecnológica y cumplimiento de compromisos, etc., pero el sorprendente grado de acuerdo alcanzado genera buenas expectativas en lo que ha sido un complejo proceso de negociaciones .

La eventual operación práctica del Protocolo tendría importantes repercusiones en el uso de energías renovables (ER). En el propio reporte del IPCC se señala que se espera que el uso de fuentes renovables de energía tenga un impacto significativo en la reducción de las tendencias actuales de gases de efecto invernadero.

En la COP-7, que se celebrará en la Cd. De Marrakech, Morocco, del 29 de octubre al 9 de noviembre de 2001 los delegados tendrán que "amarrar los cabos sueltos dejados en Bonn, y asegurar que los elementos principales del Protocolo de Kioto comiencen a funcionar". En Marrakech también se espera escuchar la sugerencias de la administración de los Estados Unidos sobre un enfoque alternativo para combatir el cambio climático.

Las negociaciones sobre cambio climático también han motivado reacciones de diversos grupos sociales, de las cuales se hace referencia el siguiente parágrafo.

2.3.7.3 Séptima reunión de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (COP-7).

La COP 7 se celebró en la Cd. de Marrakech, Morocco, del 29 de octubre al 10 de noviembre de 2001, y contó con la participación de 171 gobiernos y un total de 4, 500 participantes.

En la Conferencia se transformaron los amplios principios del Acuerdo de Bonn en detallados instrumentos legales, en los que se definieron las reglas operacionales y las instituciones para la entrada en operación del Protocolo de Kioto.

Los logros más importantes alcanzados en la COP 7 son:

- Los preceptos del Acuerdo de Bonn se trasladaron a textos legales.
- Se estableció un sistema de cumplimiento que entrará en vigor después de la entrada en operación del Protocolo.
- Se definieron las reglas y modalidades de los mecanismos flexibles, las cuales permiten la inmediata entrada en operación del Mecanismo de Desarrollo Limpio, y el inicio de los proyectos de implementación conjunta a partir del año 2008.
- El comercio internacional de emisiones podrá iniciar en el año 2008.
- Se establecieron los procedimientos de monitoreo y entrega de reportes, con lo que se brinda transparencia y certidumbre para la entrada en operación de los mecanismos flexibles.
- Se fijaron reglas para el uso de créditos de sumideros en actividades agrícolas y forestales.
- Se adoptó un paquete especial para los países en desarrollo que son más vulnerables a los efectos adversos del cambio climático.
- Turquía ingresará pronto a los países Anexo I de la Convención y Kasajstán reconfirmó su intención de unirse al Anexo B del Protocolo de Kioto.

El sistema de cumplimiento del Acuerdo de Marrakech es más fuerte en comparación con cualquier otro acuerdo ambiental multilateral, en él se definen criterios para la elegibilidad de las Partes para participar en los mecanismos flexibles y se establecen los mandatos del brazo de facilitación y el brazo de ejecución, entre otros asuntos.

Es importante mencionar que, aunque el Protocolo de Kioto no es legalmente vinculante, el no cumplimiento de compromisos tendrá consecuencias que sí lo serán, entre las que se incluye la inelegibilidad para participar en los mecanismos flexibles.

Con respecto a los mencionados mecanismos, se acordó que el comercio de emisiones y los proyectos de Implementación Conjunta pueden iniciar a partir del año 2008, se dio paso para el inicio inmediato de los proyectos MDL y se eligió a su Comité Ejecutivo. Por otro lado, se estableció que las Partes deberán reportar periódicamente información sobre cómo su uso de los mecanismos es suplementario de sus acciones domésticas.

Durante el último día de negociaciones en Marrakech la Unión Europea tuvo que hacer concesiones en asuntos sobre cumplimiento de acuerdos y formulación de inventarios de sumideros para adquirir elegibilidad para participar en los mecanismos flexibles, así como en la cuota asignada a Rusia de utilización de sumideros en el cumplimiento de acuerdos, la cual pasó de 17Mt -asignados en Bonn- a 33 Mt. La extraordinaria capacidad de negociación de Rusia en la COP 7 se inscribe en la lógica de la importancia del denominado Grupo Sombrilla -conformado por Japón, Australia, Canadá y Rusia- para la operación del Protocolo, frente a la no participación de los Estados Unidos.

En la COP-7 también se tomaron importantes decisiones para contribuir a que los países en desarrollo puedan hacer frente a los efectos del cambio climático. Entre otros asuntos, se concretaron los lineamientos para la preparación de Programas Nacionales de Acción para la Adaptación (NAPA por sus siglas en inglés); se acordó el establecimiento de un Grupo de Expertos de Países Menos Desarrollados, con participación de Partes Anexo I, el cual deberá facilitar la preparación de los NAPA's; se instruyó al Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) iniciar la operación del Fondo para los Países Menos Desarrollados en los próximos meses; y se integró el Grupo Intergubernamental para la Transferencia de Tecnología.

Otro nota de importancia durante la COP-7 fue el anuncio de varios países sobre su intención de ratificar el Protocolo antes de la celebración de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, a celebrarse en Johannesburgo Sudáfrica en septiembre de 2002.

Mientras las negociaciones en Marrakech confirmaron el liderazgo internacional de la Unión Europea en materia de cambio climático, la delegación norteamericana mantuvo una línea de silencio y no obstrucción. No obstante, pese al retiro de los Estados Unidos del Protocolo de Kioto, la operación práctica de este instrumento internacional tiene ahora expectativas favorables frente al anuncio de varios países sobre su intención de ratificar el Protocolo antes de la celebración de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (2002), y la existencia de un Protocolo ratificable tras Marrakech.

Percepciones sociales

El fenómeno del cambio climático ha despertado el interés de la opinión pública y de diversas organizaciones no gubernamentales que lo identifican como una expresión de los efectos nocivos de los modelos actuales de producción y de consumo. Por otro lado, también se ha enfrentado a la oposición de grupos que lo ven con escepticismo y/o perciben amenazas en sus medidas de respuesta.

Mientras los segundos opinan que "los modelos matemáticos utilizados para las predicciones climatológicas son simplistas y poco completos"¹⁸⁴, organizaciones no gubernamentales como Green Peace consideran que "los escépticos del clima son un puñado de científicos, muchos directamente subsidiados por el lobby de los combustibles fósiles". Ante las reacciones encontradas frente al cambio climático, el científico ambiental Wallace Broecker advirtió que,

Jugamos ruleta rusa con el clima, esperando que el futuro no nos depare sorpresas desagradables. Nadie sabe lo que existe en la cámara activa del arma, pero yo soy menos optimista sobre su contenido que algunos otros.¹⁸⁵

Christopher Flavin, Vicepresidente del Instituto World Watch considera que,

los modelos de circulación global son útiles para pronosticar promedios (tal como el promedio que calcula el IPCC), pero en el juego del cambio climático no son los promedios los que matan sino los extremos que siempre pueden ser posibles.¹⁸⁶

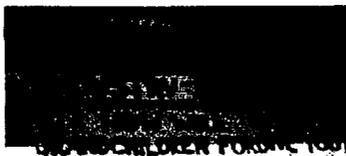
La polarización de actitudes frente al cambio climático es consecuencia del alto contenido político y las considerables repercusiones económicas de sus posibles soluciones. Por lo anterior, las negociaciones internacionales en la materia han sido objeto para la expresión de los intereses de grupos de diverso tipo.

Ciertos grupos industriales en los Estados Unidos consideran que el Protocolo de Kioto puede afectar sus niveles de competitividad internacional, por lo que en julio de 1996 el Jefe Ejecutivo de una asociación de 119 compañías estadounidenses líderes envió una carta al Presidente Clinton en la que le expresó que "los acuerdos no pueden eximir a los países en desarrollo que se espera sean los principales contribuyentes a la emisión de gases de invernadero en el siglo XXI". En el mismo sentido, el Presidente de los Mineros Unidos de América (United Mine Workers of America) expresó que "los Estados Unidos cometieron un error fundamental de negociación cuando aceptaron en Berlín negociar compromisos vinculantes para los países desarrollados, mientras dejaban a los países en desarrollo de rápido crecimiento fuera del gancho".

¹⁸⁴ "Countering the sceptics", www.greenpeace.org/climatechange/industry/reports/sceptics.html.

¹⁸⁵ Richard B. Howarth y Patricia A. Monahan, *Economics, ethics, and climate policy*, Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley Laboratory, Report sponsored by the Stockholm Environment Institute through the DOE, USA, Nov. 1992.

¹⁸⁶ Christopher Flavin, "los límites de la naturaleza", en *La situación 1995 del mundo*, World Watch Institute, 1996, pág. 142.



Algunos activistas permanecieron con sus pancartas en el recinto de la COP 6 durante la noche

Por otro lado, las reservas de los Estados Unidos en torno a la operación del Protocolo de Kioto han chocado con las demandas de organizaciones ecologistas no gubernamentales, tal como sucedió en la COP-6, celebrada en la Haya, Holanda, en la que un activista irrumpió durante una de las sesiones políticas para arrojar un pastel a Frank Loy, el diplomático norteamericano de mayor nivel en la Conferencia. Fuera, en las calles aledañas al recinto de la Convención, representantes de grupos ambientalistas clamaban por hacer frente al cambio climático, al tiempo que miembros del World Wild Life Fund (WWF) disfrazados de osos polares repartían panfletos con la leyenda "don't sink the Protocol", en referencia a la propuesta de los Estados Unidos de contabilizar los reservorios de carbono (carbon sinks) existentes en el cumplimiento de compromisos. Por otro lado, al interior de los Estados Unidos también existe presión para ratificar este instrumento por parte de ciertas industrias y agrupaciones políticas y civiles (ver carta pág. 104).

Durante la COP-6.2 diversas agrupaciones civiles realizaron manifestaciones a favor de la protección del clima.



Manifestantes en traje de pingüino en las calles de Bonn durante la COP 6.2

El reciente acuerdo alcanzado durante la COP-6.2 en Bonn, Alemania, también suscitó reacciones de diversas ONG's que asistieron a la Cumbre y calificaron el acuerdo como poco ambicioso. Para el Fondo Mundial para la Naturaleza el pacto "es más débil de lo que se esperaba", mientras que Green Peace enfatizó que "Japón adoptó el acuerdo de Bonn, pero no ha declarado que lo ratificará sin Estados Unidos".

A LETTER TO PRESIDENT BUSH

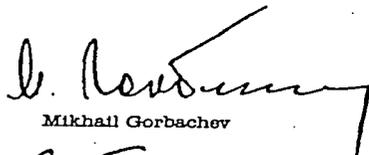
Dear Mr. President,

No challenge we face is more momentous than the threat of global climate change. The current provisions of the Kyoto Protocol are a matter of legitimate debate. But the situation is becoming urgent, and it is time for consensus and action. There are many strategies for curbing greenhouse-gas emissions without slowing economic growth. In fact, the spread of advanced, cleaner technology is more of an economic opportunity than a peril. We urge you to develop a plan to reduce U.S. production of greenhouse gases. The future of our children—and their children—depends on the resolve that you and other world leaders show.

Respectfully,



Jimmy Carter



Mikhail Gorbachev



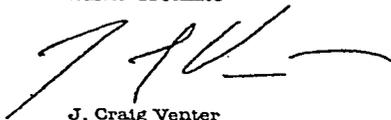
John Glenn



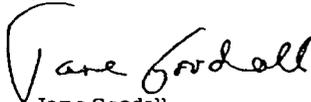
Walter Cronkite



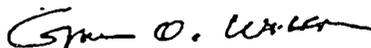
George Soros



J. Craig Venter



Jane Goodall



Edward O. Wilson

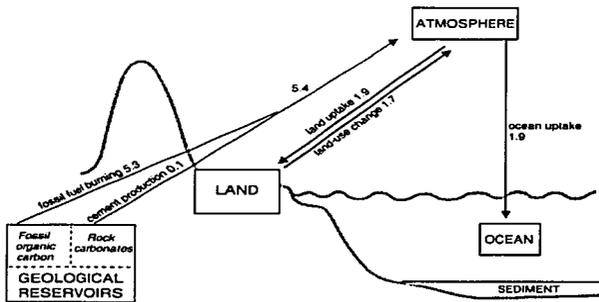


Harrison Ford



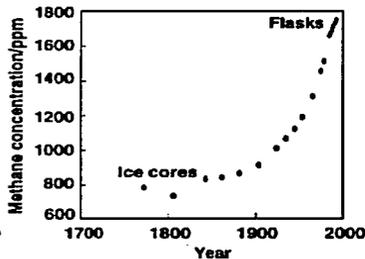
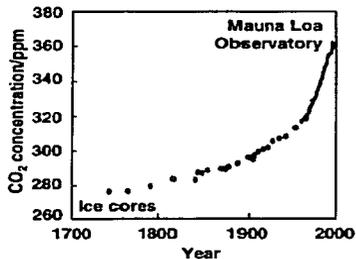
Stephen Hawking

Figura 2. Perturbación humana del ciclo del carbono



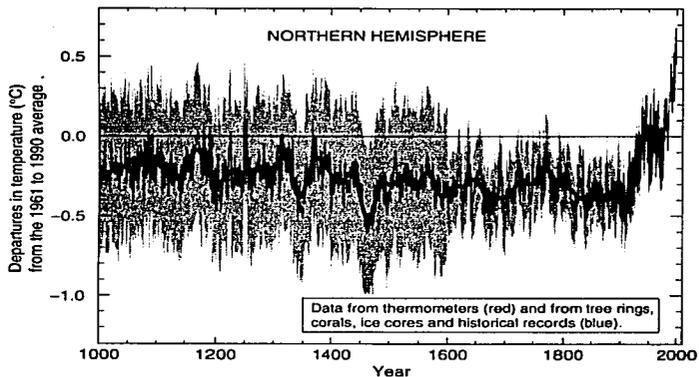
Fuente: Tercer Reporte del IPCC

Gráficas 4 y 5. Aumento en las concentraciones de dióxido de carbono y metano, 1700-2000



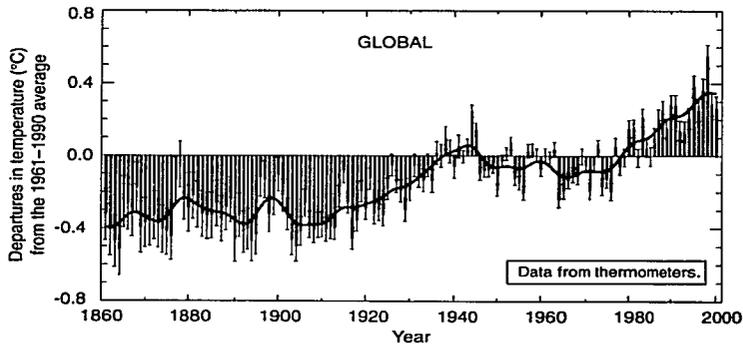
Fuente: Tercer Reporte del IPCC

Gráfica 6. Variaciones en la temperatura de la superficie de la Tierra durante los últimos 1,000 años



Fuente: Tercer Reporte del IPCC

Gráfica 7. Variaciones en la temperatura de la superficie de la Tierra durante los últimos 140 años



Fuente: Tercer Reporte del IPCC

CAPÍTULO 3. LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL Y SU SITUACIÓN EN MÉXICO

3.1 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

- *Nihil novum sub sole*
(Nada nuevo bajo el sol)

Como hemos visto en capítulos anteriores, el aprovechamiento de fuentes renovables de energía no es un asunto novedoso, desde la antigüedad los persas utilizaban la fuerza de los vientos como potencia motriz, y los griegos eran hábiles en el manejo hidráulico. Sin embargo, la era moderna de las energías renovables inicia en la década de los setenta como producto de un petróleo conflictivo y escaso en los mercados internacionales. Así, su desarrollo comienza a registrar una tendencia similar en diferentes países. De manera general, el amplio impulso que se da al uso de estas tecnologías en los setenta disminuye hasta casi desaparecer a mediados de la década siguiente. Sobrevienen años de olvido que serán superados por la advertencia de problemas ambientales causados por el carbono. Por ello, en los años noventa inicia un nuevo periodo de acercamiento hacia las energías renovables como opciones más limpias de generación de energía, que se ve fortalecido por eventos como la Cumbre de Río de 1992, y las acciones internacionales frente al cambio climático. Esta larga travesía presenta particularidades en distintos puntos del orbe. En este apartado, se revisarán los casos de Estados Unidos, Dinamarca, Alemania, España y la India, y se expondrán ciertos ejemplos en torno al aprovechamiento de la energía eólica y solar con objeto esbozar la situación que las ER guardan en el mundo. En la Tabla 7 (pág. 172) se proporcionan datos sobre la capacidad instalada de ER en los países a analizar, y las tecnologías de aprovechamiento a las que se hace alusión en el presente capítulo aparecen en tono sombreado.

3.1.1 Las energías renovables en los Estados Unidos

Nuestro apetito de energía amenaza nuestro bienestar económico en el largo plazo, así como también, nuestra seguridad nacional. Estos asuntos, acompañados por los crecientes problemas ambientales, demandan una estrategia energética nacional con el mismo nivel de planeación y compromiso que se evidenció en nuestra exitosa misión de aterrizaje lunar.

- *The American Solar Energy Society.*

Al igual que en otros países, en Estados Unidos (EE.UU.), el desarrollo de las energías renovables (ER) ha estado sujeto al acontecer político de los combustibles

fósiles, es por ello que, en ciertos momentos críticos, su política de promoción de las energías renovables ha llegado a ser una de las más vigorosas a escala mundial.

El reconocimiento de las energías renovables por parte del gobierno estadounidense se puede clasificar en cuatro etapas. De 1971 a 1974, tanto el Congreso como la Administración veían a las energías renovables como simples opciones energéticas futuristas, estrechamente ligadas a su programa espacial. Por sus características, las celdas solares comenzaron a ser utilizadas en satélites y dispositivos espaciales que necesitaban de una fuente de energía constante, segura y autorecargable; sin embargo, no se consideró su uso para satisfacer otras aplicaciones energéticas.

A partir de 1975 y hasta 1980, las tecnologías de transformación de fuentes alternas¹⁸⁷ de energía en energía útil fueron tomadas en seria consideración en respuesta a los embargos petroleros de 1973 y 1979. Durante tal período se generó gran parte de la legislación e iniciativas administrativas de fomento al uso de estas fuentes de energía. En 1978 se crea la llamada Ley PURPA (*Public Utility Regulatory Policy Act*), que obligaba a las empresas eléctricas a comprar la electricidad generada a partir de fuentes renovables de energía por productores independientes. En el mismo año, la *Energy Tax Act* (Ley de impuesto a la energía), condona de gravamen a la energía producida por fuentes alternas. Posteriormente, se formulan diversas leyes para apoyar la generación renovable, tal como la Ley de Sistemas de Energía Eólica (*Wind Energy Systems Act*) de 1980, e incluso se crea un banco solar.

Como complemento de una iniciativa integral de apoyo a la diversificación energética, en algunos estados como California se ofrecieron incentivos fiscales y contratos de largo plazo y de precios fijos por parte de las empresas de servicios públicos a los productores independientes.

Sin embargo, el deslumbrante despegue de las energías renovables en los Estados Unidos se vio severamente accidentado al iniciar la siguiente administración en 1981.

Los años 1981-1988 representaron un período inactivo e incluso regresivo cuando el presidente Reagan y el público estadounidense tenían poco interés en los asuntos de la energía, y cuando la administración de Reagan tenía una clara oposición ideológica hacia la energía solar y renovable e instituyó políticas para cerrar definitivamente los programas federales de apoyo a estas tecnologías. Los ideólogos de Reagan vinculaban a la energía solar con el movimiento ambiental anticrecimiento.¹⁸⁸

Por ello, en 1985 se retiran todos los apoyos e incentivos creados con anterioridad, y el desarrollo de las ER se frenó a tal grado que,

¹⁸⁷ En esta etapa su denominación más común era la de fuentes alternas por representar una alternativa al entonces problemático petróleo; más tarde se les comenzó a nombrar fuentes renovables en atención a su propia naturaleza.

¹⁸⁸ Jack M. Hollander, Robert H. Socolow, David Sternlight (editors), *Annual Review of Energy*, Annual Reviews Inc., Vol. 15, California, USA, 1990, pág. 123.

(n)o es sorprendente que muchas personas hayan dejado de creer en las seductoras promesas realizadas en la década de 1970 y ahora piensen que es improbable que estas "nuevas" fuentes de energía encuentren un lugar en el mundo energético moderno.¹⁸⁹

Así, la industria de las ER se anquilosó hasta que, con el paso del tiempo, nuevas circunstancias la hicieron atractiva. Este periodo se ubica temporalmente a partir de 1989 y hasta nuestros días. A principios de 1990,

la guerra en la región del Golfo Pérsico volvió a sacar a la luz, ante los estadounidenses, el hecho de que su país depende demasiado de fuentes ajenas a su control para cubrir sus necesidades vitales de energía.¹⁹⁰

Además, los problemas ambientales de segunda generación, entre los que figuran la lluvia ácida y el cambio climático, evidenciaron la necesidad de modificar las prácticas energéticas contaminantes de los EE.UU., se vislumbró que "la actual situación del suministro de la energía deja a Estados Unidos política, económica y ambientalmente inseguro"¹⁹¹

Debido a lo anterior, el Presidente

(...) Bill Clinton propuso impuestos que estimulen la comercialización y venta de tecnologías renovables y la eficiencia energética, como parte de la Iniciativa Tecnológica para el Cambio Climático.¹⁹²

A nivel internacional, Estados Unidos firmó el Protocolo de Kioto y dejó abierta la posibilidad para su ratificación en un futuro. Sin embargo, en marzo del año 2001 la recientemente electa Administración norteamericana de George W. Bush anunció su retiro del Protocolo por considerarlo defectuoso, y manifestó su inclinación por buscar otros medios para hacer frente al fenómeno.

El año 2001 también es testigo de la mayor escasez energética que han enfrentado los Estados Unidos desde los embargos petroleros de los años setenta, principalmente como resultado de un déficit entre la producción y el consumo de energía. Se estima que,

Para satisfacer la demanda esperada en las siguientes dos décadas, los Estados Unidos deben tener entre 1,300 y 1,900 nuevas plantas eléctricas. Gran parte de esta generación se hará a base de gas natural.¹⁹³

Lo anterior debido a que,

¹⁸⁹ Cynthia Pollock Shea, "La cosecha del viento", en Lester R. Brown, *Un mundo sustentable*, Editorial Planeta, Argentina, 1994, pág. 218.

¹⁹⁰ Jennifer Carless, *Energía Renovable*, México, Edamex, 1995, pág. 1.

¹⁹¹ *Idem*, pág. 2.

¹⁹² Gabriela Amador Carmona (editor), *México's Energy Outlook*, México, 18 - 31 de octubre de 1999, pág.8.

¹⁹³ National Energy Policy Development Group, *National Energy Policy. Reliable, affordable and environmentally sound energy for America's future*, Washington DC, US Government printing office, pág. XI.

Los combustibles renovables y alternativos ofrecen esperanza para el futuro energético de América, pero ellos sólo abastecen una pequeña fracción de las necesidades presentes de energía. El día en que satisfagan el grueso de nuestras necesidades aún está a años de distancia. Hasta que ese día llegue, debemos continuar satisfaciendo los requerimientos energéticos de la nación por los medios que tengamos disponibles.¹⁹⁴

Esta línea de política ha motivado la búsqueda de nuevos sitios para la explotación de petróleo y gas natural y ha reducido el interés hacia las fuentes renovables de energía como opciones de generación. No obstante, en la misma política energética nacional se reconoce que

Para alcanzar el nivel de vida del siglo XXI, acentuado por energía confiable y un ambiente limpio, debemos modernizar la conservación, modernizar nuestra infraestructura, incrementar nuestros suministros de energía, incluyendo renovables, acelerar la protección y el mejoramiento de nuestro ambiente, e incrementar nuestra seguridad energética. La energía renovable puede ayudar a satisfacer nuestros requerimientos futuros de energía mediante el aprovechamiento de fuentes de energía abundantes y naturales, tales como el sol, el viento, el calor geotérmico y la biomasa. El aprovechamiento efectivo de estas fuentes de energía requiere de una planeación cuidadosa y de tecnología avanzada.¹⁹⁵

Actualmente diversos estados norteamericanos cuentan con leyes y programas que favorecen el aprovechamiento de las ER, entre las que se encuentran: el *Portafolio Renovable Estándar*, que es un requerimiento para que cierto porcentaje de la capacidad de generación de las compañías eléctricas provenga de energías renovables; el *Sistema de cargos por beneficio de los sistemas (Systems benefit charge)*, que consiste en "cobrar un sobrecargo generalizado a los consumidores por los servicios de distribución y transmisión eléctrica"¹⁹⁶, cuyos fondos se destinan para programas y metas que estarían al margen en una industria eléctrica reestructurada, tal como los programas de energías renovables; los *Incentivos fiscales (Fiscal incentives)*, a través de los cuales se reducen los costos de capital para proyectos de ER, con objeto de atraer a la inversión privada; la *Medición neta (Net metering)*, mediante la cual se permite la instalación de un medidor único que monitorea los flujos de energía del consumidor-generador hacia la compañía eléctrica y viceversa; los *Mecanismos de crédito (Credit mechanisms)* de diverso tipo para el desarrollo de proyectos con ER, y programas de *cotización verde (green pricing)*, que favorecen el pago de un sobre precio por electricidad generada con fuentes ambientalmente más limpias.

Mediante estas políticas se ha creado de forma paulatina una importante industria de la energía renovable en los EE.UU. Así lo demuestra el desarrollo eólico que se reseña a continuación.

¹⁹⁴ *Ibidem*.

¹⁹⁵ *Ibidem*, pág. 6-1.

¹⁹⁶ A. Polansky, J. Hamrin, *et.al.*, "Promoting solar energy (PV) through public policy: lessons and experiences from the United States of America", pág. 4.

La energía eólica en los EE.UU.

En los años setenta (por los motivos que se enuncian con anterioridad), los Estados Unidos impulsan el desarrollo de plantas eoloelectricas a través de múltiples acciones, entre las que se cuentan:

- La emisión de leyes que contemplan este tipo de generación
- Apoyo a la inversión en el área
- Incentivos económicos a la generación eoloelectrica

(Así como), (C)ontratos de largo plazo y de precios fijos (...) que ayudaron a impulsar el crecimiento de la industria. Estos contratos ayudaron a crear la situación financiera necesaria para ayudar a esta industria incipiente.¹⁹⁷

(De tal forma), (E)n los Estados Unidos, los beneficios fiscales para la inversión y la energía, junto con los programas de depreciación acelerada, convirtieron a las granjas eolicas en una actividad lucrativa.¹⁹⁸

En 1973 el gobierno federal de EE.UU. aportó 300,000.00 dólares a este sector, presupuesto que se incrementó a 350,000 dólares en años subsecuentes.

Además, las condiciones climáticas y meteorológicas de California, así como sus amplias extensiones de tierra, coronaron la atmósfera propicia para este desarrollo. En tal contexto comenzaron a surgir las granjas eolicas de California.

Sin embargo, no todo fue positivo para estos intentos pioneros de aprovechamiento eólico a gran escala. El costo de la generación por kW/h resultó ser mucho mayor al costo de la generación convencional. Así, cuando las presiones políticas de un petróleo escaso disminuyeron, los subsidios fueron retirados. "En 1985 los créditos fiscales terminaron, y de igual forma, la mayor parte de las construcciones de plantas eolicas"¹⁹⁹

Prácticamente, el interés en la tecnología eólica fue parte de los que "el viento se llevó" en los EE.UU. al disminuir la alarma en el Oriente Medio. No obstante, tras un período de paralización casi absoluta de la industria eólica, la progresiva toma de conciencia de los norteamericanos en torno a los problemas ambientales causados por los combustibles fósiles, motivó a reconsiderar esta opción.

Así, en 1992, a través de la Energy Policy Act (vid. supra), se otorgó un incentivo financiero de \$0.015/kWh a la generación de electricidad a partir del viento.

¹⁹⁷ Jennifer Carless, *Op. Cit.*, pág. 66.

¹⁹⁸ Cynthia Pollock Shea, *Op. Cit.*, pág. 215.

¹⁹⁹ P.R. Goldman, "Wind Energy in the United States: progress and lessons learned", ponencia presentada por Robert W. Thresher, Director del Centro Nacional de Tecnología Eólica de los Estados Unidos, durante el "Seminario Internacional sobre la Implantación de la Generación Eoloelectrica", convocado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y la Agencia Internacional de la Energía (AIE), Cd. de México, 9 de noviembre de 1999, pág. 2.

De acuerdo con Paul Gipe, analista norteamericano de la energía eólica, la creación de una infraestructura legal que contemplara a la energía del viento como una fuente potencial de energía eléctrica, fue el detonante para el posterior crecimiento de este sector. Así, se propició el repunte de los complejos eólicos, y para 1994

California tenía una concentración de 15, 000 turbinas eólicas que generaban una cantidad de energía equivalente a la consumida por los habitantes de San Francisco en un año.²⁰⁰

(Adicionalmente), las progresivas mejoras económicas en cuanto a la producción de turbinas eólicas han desencadenado una nueva ola de desarrollo que llevará a la energía del viento hacia varios estados más allá de su hogar original en California. Al tiempo de escribir, varios proyectos se encuentran bajo construcción en los estados de Colorado, Iowa, Minnesota, Nebraska, Kansas, New Mexico, Oregon, Texas, Wisconsin y Wyoming. Algunas de estas nuevas plantas son de tamaño substancial (...). Todo indica que estos desarrollos elevarán la capacidad eólica de los EE.UU. en un 50%, lo suficiente para potenciar más de medio millón de hogares americanos.²⁰¹

El 21 de junio de 1999, el Secretario de Energía de los EE.UU., Bill Richardson, anunció una nueva iniciativa para incentivar el adelanto eólico, llamada "Wind Powering America", la cual

buss incrementar dramáticamente el uso de la energía eólica en los Estados Unidos (...) Wind Powering America ayudará a satisfacer la creciente demanda de energía limpia, y ayudará a establecer nuevas fuentes de ingreso para los granjeros americanos, los indios nativos americanos y otros propietarios de tierra rural. La iniciativa proveerá el apoyo tecnológico e institucional necesario para asegurar la competitividad de la energía del viento y reducir la diferencia en costos entre la generación eólica y la fósil.²⁰²

Pese a la disminución del apoyo a las ER de la presente Administración, la generación eólica moderna se encuentra entre las opciones viables para afrontar los retos energéticos y ambientales de este país en la actualidad.

La energía solar en los EE.UU.

Las crisis energéticas en Medio Oriente fueron también el detonante para el aprovechamiento de la energía solar (vid. 2.2.1) en los EE.UU. Durante este periodo, se crearon diversos programas para promover su tecnología, los cuales, recibieron una importante infusión de recursos federales bajo la Administración de Carter (1976-1980). Al disolverse el apoyo a las renovables a mediados de 1980, los esfuerzos por impulsar el desarrollo de la energía solar menguaron casi al grado de desaparecer. Sin embargo

²⁰⁰ Christopher Flavin, "La cosecha del sol y el viento", en *La Situación 1995 del mundo*, Instituto Worldwatch, 1995, pág. 111.

²⁰¹ Tom Gray, "Country Survey: United States" en la revista, *Wind Directions*, Magazine of the European Wind Energy Association, Enero 1999, pág. 16.

²⁰² P.R. Goldman, *Op. Cit.*, pág. 7.

al finales de los ochenta y principios de los noventa se otorgó apoyo a la investigación en el área y al desarrollo de la tecnología.

En la actualidad, la energía solar abre para los norteamericanos la oportunidad de satisfacer un porcentaje de sus demandas de energía sin dañar el ambiente. Bajo este criterio, el Presidente William Clinton anunció durante la Sesión de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada el 26 de junio de 1997, una iniciativa llamada "Million Solar Roofs", que pretende instalar sistemas solares fototérmicos para calentamiento de agua y ambiente y fotovoltaicos para generación de electricidad en un millón de edificios de los EE.UU. para el año 2010.

Las metas a alcanzar con la instrumentación de este programa son:

- *Reducir gases invernadero y otras emisiones contaminantes.* Para el año 2010 con un millón de techos solares se pueden reducir las emisiones de carbono en un monto equivalente a las emisiones anuales de 850, 000 carros.
- *Crear empleos de alta tecnología.* Para el 2010, aproximadamente 70, 000 nuevos empleos pueden ser creados como resultado del incremento en la demanda de energía fotovoltaica y energía solar térmica mediante la instalación de un millón de techos solares.
- *Mantener a la industria solar de los EE.UU. en condiciones de competitividad.* A través del incremento del mercado doméstico de la energía solar y la reducción del costo por unidad de los sistemas solares, la iniciativa puede permitir a las compañías de los EE.UU. mantener su margen de competitividad en el mercado mundial.²⁰³

Esta iniciativa es fruto de la inquietud por crear una estrategia de promoción integral con la participación de diversos actores,

El Departamento de Energía de los EE.UU. trabajará con socios de la industria de la construcción, otras agencias Federales, instituciones financieras, gobiernos estatales y locales, y organizaciones no gubernamentales para remover las barreras de mercado para el uso de la energía solar, así como para desarrollar y fortalecer la demanda por productos y aplicaciones de energía solar (...) con el objeto de enfrentar el reto del cambio climático.²⁰⁴

En los albores del siglo XXI las connotaciones de lo que se entiende por "seguridad" han cambiado. Hoy, sin los temores de antaño, una de las amenazas potenciales para los Estados Unidos es producto de su propio modelo de crecimiento, y se materializa en la figura del deterioro ambiental. A pesar de la disminución del fomento a las ER, es importante considerar que,

²⁰³ U.S. Department of Energy, *Million Solar Roofs*, Action Plan, U.S. Department of Energy, April 27, 1998, pág. 1.

²⁰⁴ www.MillionSolarRoofs.org.

Mientras la contribución actual de los recursos renovables y alternativos al suministro eléctrico y total de América es relativamente pequeña –sólo 9 por ciento- los sectores de energía renovable y alternativa se encuentran entre los de más rápido crecimiento en los Estados Unidos. La energía no hidroeléctrica sólo representa dos por ciento de nuestras necesidades energéticas. Sin embargo, la generación de electricidad a partir de energía renovable no hidráulica creció aproximadamente 30% durante los años noventa.²⁰⁵

A continuación una breve semblanza de la situación de las ER en la Unión Europea.

3.1.2 Las energías renovables en la Unión Europea

La Unión Europea se caracteriza por ser el ejemplo de integración regional más acabado y comprehensivo al considerar cuestiones sociales y ambientales dentro de su estructura supranacional. La voluntad de examinar el desarrollo de la Unión bajo parámetros ecológicos, obliga a poner acentos en la búsqueda de vías alternas al crecimiento contaminante. Es así que la generación de energía más limpia cobra relevancia dentro de las políticas de la UE.

Con miras a consolidar una estrategia comunitaria en materia de ER, la Comisión Europea adoptó el *Libro Verde para una estrategia comunitaria. Energía para el futuro: fuentes de energía renovables*, en noviembre de 1996. En su texto señala que las razones de la UE para fomentar a las ER son:

- Su desarrollo corre parejo con el objetivo de proteger el medio ambiente y reducir las emisiones de CO₂ del sector energético.
- Las fuentes renovables son fuentes de energía autóctonas y pueden contribuir así a reducir la dependencia de las importaciones energéticas.
- El desarrollo de las fuentes de energía renovables puede contribuir activamente a la creación de empleo y su despliegue constituye un importante aspecto del desarrollo regional con la mira puesta en una mayor cohesión económica y social entre las regiones de la Comunidad.
- El crecimiento previsto del consumo de energía en muchos países terceros, en particular de Asia y África, que puede ser en buena medida satisfecho mediante energía renovable, ofrece a las industrias de la UE enormes posibilidades comerciales habida cuenta de su liderazgo mundial en el sector de las tecnologías energéticas renovables.
- El público en general es partidario del desarrollo de las fuentes renovables frente a las demás fuentes de energía, principalmente por razones de índole ambiental.²⁰⁶

²⁰⁵ National Energy Policy Development Group, *Op. Cit.*, pág. 6-1.

²⁰⁶ Comisión Europea, *Libro Verde para una estrategia comunitaria. Energía para el futuro: fuentes de energía renovables*, Bruselas, 20.11.1996. ISSN 0257-9545. COM (96) 576 final.

La estrategia que la UE define en el Libro Verde para la promoción de las ER consta de cuatro elementos:

- Se establece el objetivo de duplicar la contribución de las fuentes renovables de energía al balance energético europeo en el horizonte del año 2010, lo que supondría alcanzar un aporte de la ER próximo al 12% del consumo energético interior bruto en dicha fecha.
- El fortalecimiento de la cooperación entre Estados miembros en materia de ER, para lo que es necesario un mecanismo de coordinación a nivel comunitario.
- La comunidad ha de reforzar las políticas que afectan al desarrollo de las fuentes de energía renovables. Dado que el coste representa en la actualidad el mayor obstáculo al uso más extendido de éstas, los instrumentos políticos deben atajar este problema en particular. En este sentido, la internalización del coste externo es un concepto clave con respecto al cual la Comisión mantiene firme su compromiso. Puesto que las políticas en otros ámbitos diferentes a la energía, en particular asuntos exteriores, agricultura, política regional y política fiscal, también tienen una gran incidencia en las condiciones de desarrollo de las fuentes renovables, es fundamental para la estrategia que estas políticas faciliten el desarrollo de las fuentes de energía renovables. Es asimismo importante mejorar la coordinación entre los responsables de la toma de decisiones en los diversos ámbitos.
- El cuarto elemento de la estrategia es una propuesta de fortalecimiento de la evaluación y de seguimiento de los progresos realizados en la consecución de nuestros objetivos de penetración de las energías renovables.

Posteriormente, en 1997 la Comisión Europea adoptó el *Libro Blanco para una estrategia y un plan de acción comunitarios. Energía para el futuro: fuentes de energía renovables*, en el que indica que la contribución total de las ER al consumo de energía interior bruto de la Unión es inferior al 6%, pese a la alta disponibilidad del recurso en diversa regiones.

En el Libro Blanco se advierte la necesidad de fomentar a las ER en orden de abatir las emisiones de CO₂ del sector energía, y cumplir con el objetivo de reducir en 15% las emisiones de gases causantes del efecto invernadero para el año 2010. Por otro lado, se indica que las ER como fuentes de energía autóctonas tienen el potencial de reducir la dependencia europea de las importaciones de petróleo y gas del exterior, misma que asciende a 50% con posibilidades de aumentar a 70% hacia el año 2020. En este sentido, el fomento de las energías renovables coincide con los objetivos que postula la Carta Europea de la Energía (*European Energy Charter*), que busca aminorar la dependencia de los países comunitarios del petróleo del Golfo a través de un acuerdo

con los países del este de Europa para desarrollar sus recursos energéticos, y a la vez, lograr descender sus niveles de contaminación. También se enfatizan las repercusiones económicas positivas que el aprovechamiento de las ER representa para Europa.

A escala mundial, Europa está a la vanguardia en diversas tecnologías de energía renovable. El número de puestos de trabajo asociado a las empresas vinculadas con ellas es considerable al incluir cientos de empresas, principalmente pequeñas y medianas, tan sólo en el montaje y la fabricación primarios, sin contar otras necesidades como el servicio y el suministro. Para las nuevas tecnologías de energía renovable (es decir las que no incluyen las grandes centrales hidroeléctricas y el uso tradicional de la biomasa), se calcula que la cifra de negocios actual a nivel internacional supera los 5,000 millones de ecus, de los que a Europa le corresponde más de una tercera parte.²⁰⁷

En función de las anteriores consideraciones, el Libro Blanco convalida el compromiso de alcanzar una contribución de las ER de 12% al consumo interno bruto de energía de la UE para el año 2010. Para cumplir dicha meta, se han instrumentado dos grandes mecanismos de apoyo: el programa *Energy* y el programa *ALTENER II*. El programa *Energy* tiene una duración de cinco años (1998-2002), y está orientado a la investigación y el desarrollo de tecnologías más limpias; de su presupuesto total de 1,042 millones de Euros el 60% está destinado a las ER. El Programa *ALTENER II* tiene como meta incrementar la participación de las ER en el mercado mediante el impulso de la inversión privada y pública, y por su propia naturaleza se enfoca a tecnologías actualmente viables o cercanas a una fase de comercialización. Tiene una duración de cinco años (1998-2002) y un presupuesto de 74 millones de Euros.

Asimismo, se tiene contemplada la puesta en marcha de un programa denominado "Campaña para el despegue" (*Campaign for take-off*), que manejará incentivos financieros y tratará de estandarizar la manera en que las renovables se interconectan a la red, entre los países miembros de la UE.²⁰⁸ La Campaña para el despegue marca metas cuantitativas de generación con ER para el año 2010.

- 1,000,000 de sistemas fotovoltaicos
- 10,000 MW eólicos
- 1,000,000 vecindarios con calefacción por biomasa
- 1,000 MW en instalaciones de biogas
- 100 comunidades abastecidas al 100% con ER
- 15 millones de m² de colectores solares
- 10,000 MWth de biomasa
- 5 millones de toneladas de combustibles líquidos.

²⁰⁷ Comisión Europea, *Libro Blanco para una estrategia y un plan de acción comunitarios. Energía para el futuro: fuente de energía renovables*, CE, pág. 6.

²⁰⁸ "Experiencia de las energías renovables en la Unión Europea", ponencia presentada por la Dra. Lisa Frantzis, durante el "6to. Seminario de Cogeneración y Energía Renovable", celebrado durante el evento Power Mex World Expo 2000, Ciudad de México, del 4 al 7 de abril de 2000.

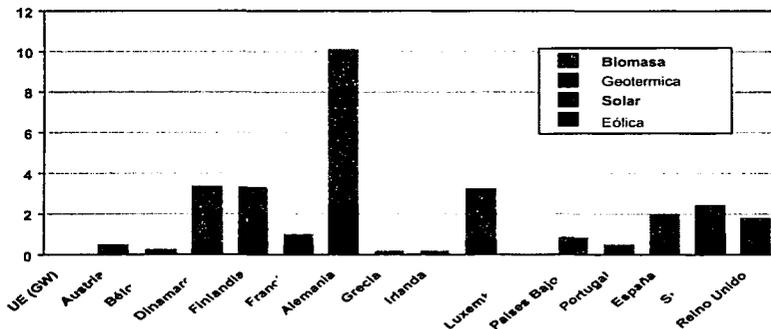
En el marco de la estrategia comunitaria algunos Estados miembros han introducido medidas nacionales de apoyo y comercialización de las ER (ver tabla 7).

Tabla 7. Políticas de fomento a las ER en países de la UE²⁰⁹	
País	Políticas
Dinamarca	Nueva política para las ER desde 1999, Portafolio Renovable Estándar (RPS) (certificados de ER), Precio verde, Techo a las emisiones de CO ₂ , créditos verdes, medición neta.
Alemania	Ley de Suministro de Electricidad Programa fotovoltaico de 100,000 techos solares Precio verde
Italia	Programa fotovoltaico de 10,000 techos solares
Países Bajos	Etiquetas y precio verde, fondos, créditos fiscales, medición neta. Las compañías de distribución están obligadas a comprar electricidad generada con energías renovables.
España	Régimen especial para las energías renovables (Real Decreto 2818/1998-23). El Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010. Agresivos programas eólicos regionales (8000 MW para el 2012)
Suecia	Impuesto ecológico
Reino Unido	Obligación de energía renovable (renewable obligation order) Climate Change Levy Non fossil fuel obligation

Fuente: Conae

Las políticas de fomento a las ER varían en los países de la UE y su grado de participación en el consumo interno bruto oscila entre 1 y 25%. A continuación una gráfica con la capacidad de generación eléctrica con ER por país y tipo de tecnología.

Gráfica 8. Capacidad de generación eléctrica con ER en Europa

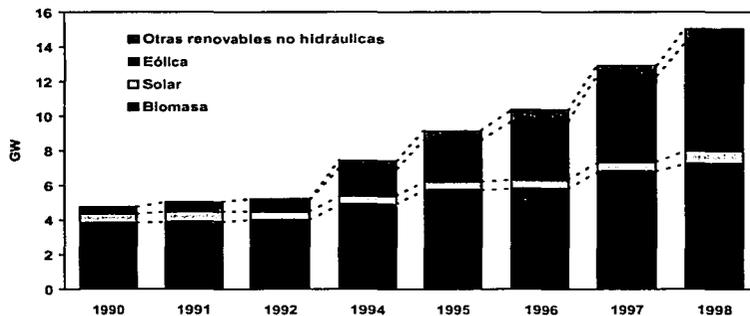


Fuente: Grid Connected Renewable Energy Policies in the European Union, NREL, May 1999.

²⁰⁹ Queda fuera del alcance de la presente tesis la descripción y análisis de los instrumentos enunciados. En el caso de Alemania, Dinamarca y España se hace alusión a los mismos en sus capítulos respectivos.

Entre el conjunto de tecnologías de ER destaca la eólica por el acelerado crecimiento que ha registrado en ciertos países de la UE en años recientes, tal como se puede observar en la siguiente gráfica.

Gráfica 9. Capacidad de generación eléctrica con ER en la Unión Europea (GW)



Fuente: *Grid Connected Renewable Energy Policies in the European Union, NREL, May 1999.*

Se puede apreciar que la capacidad de generación eléctrica con ER ha crecido vertiginosamente desde 1993, principalmente en lo que respecta a la energía eólica, la cual ha registrado tasas de crecimiento mayores a 25% en países como Alemania. El aumento de la generación eólica ha tenido repercusiones positivas en la reducción de las emisiones de CO₂, considerando la no instalación de plantas convencionales para producir dicha energía (ver cuadro).

	1990	1995	2000	2005	2010	2020
Contribución de la energía eólica a las reducciones totales de CO ₂	0.023%	0.12%	0.74%	1.9%	3.2%	7.8%

Fuente: *European Wind Energy Association*

No obstante, pese a los altos índices de crecimiento de las energías eólica y de la biomasa en la UE, se reconoce que,

(s)i la Comunidad no logra aumentar considerablemente la cuota de la energía renovable en su balance energético, será cada vez más difícil cumplir los compromisos

internacionales en materia de protección del ambiente. En segundo lugar, la incapacidad de incrementar la cuota de las fuentes de energía renovables tendrá efectos adversos sobre otros objetivos estratégicos de importancia, en particular la seguridad de suministro, la cohesión económica y social y, al menos a medio y largo plazo, la competitividad económica.²¹⁰

También, en atención a la problemática entre energía y ambiente,

(l)a Comisión de la Comunidad Europea ha propuesto la imposición de una tasa (que grava por un lado el uso energético, y por otro la emisión de CO₂), con el fin de penalizar el consumo estimulando el ahorro de energía. Dicho impuesto tendría en principio una valoración de tres Ecus por barril de petróleo equivalente. Sin embargo, teniendo en cuenta su repercusión negativa en la competitividad de las industrias europeas, su aplicación se ha condicionado a la toma de medidas similares por parte de otros países de la OCDE, especialmente Estados Unidos y Japón, que son responsables respectivamente del 25 y 5 % del total de la emisión mundial de CO₂.²¹¹

Si bien el gravamen a la energía convencional no ha prosperado como una política de la Unión, el fomento a la energía renovable es cada vez más contundente. El 10 de mayo de 2000 la Comisión Europea aprobó una propuesta de directiva para el fomento de fuentes de energía renovable, que le permita para el año 2010 que el 22% de la electricidad consumida en los países comunitarios sea "verde", comparado con el 13.9% de la media actual. Aunque el proyecto no es de naturaleza vinculante, es una meta ambiciosa. La Vicepresidenta y Comisaria de Energía y Transportes de la UE declaró que:

las energías renovables contribuirán igualmente a la seguridad de la producción energética y a la cohesión económica y social, además (estas medidas) encajan en el compromiso contraído por los Quince en la Cumbre de Kioto sobre emisión de gases contaminantes.²¹²

3.1.3 Las energías renovables en Dinamarca

Dinamarca creó su primera estrategia energética en 1976 (*Danish Energy Policy*) como resultado de la primera crisis petrolera de 1973-1974. Más tarde, en 1981, se gestó el plan "*Energy 81*", el cual, aunque también era resultado del embargo de 1979, en su texto ya enfatiza consideraciones socioeconómicas y ambientales.

No obstante, no fue sino hasta 1990, con el Plan "*Energy 2000*" que se introdujo de manera explícita la meta de alcanzar un desarrollo sostenible dentro del sector energético. Posteriormente, en 1996 el gobierno danés publica su plan de acción titulado "*Energy 21*", en el que se fija un compromiso nacional de reducción de las emisiones de dióxido de carbono. En 1999 el Gobierno danés alcanzó un amplio acuerdo político para reformar el mercado eléctrico. Conforme a la nueva Ley del sector

²¹⁰ *Libro verde para una estrategia comunitaria, Op. Cit.*

²¹¹ Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, *Cogeneración y Medio Ambiente*, México, Conac, 1996, pág. 14.

²¹² El País, "Bruselas aprueba la Directiva para que en diez años la...", www.systems.es/idea/peno/ipeno02.asp?id=2221

eléctrico, para el año 2003 los consumidores daneses estarán obligados a comprar un 20% de su electricidad de fuentes renovables. En orden de cumplir dicho mandato y promover la participación en el mercado de las ER, se crearon los mecanismos que se enuncian a continuación.

Portafolio Estándar de Energías Renovables (Renewable Portafolio Standard). Establecido en marzo de 1999. Con la introducción del RPS Dinamarca espera alcanzar una reducción constante en el costo de la energía renovable, mediante la introducción de la competencia entre los productores de electricidad "verde".

Techo a las emisiones de CO₂ del sector eléctrico y cuotas a los productores de electricidad. Para el período 2000-2003 se estableció un techo anual para las emisiones totales de CO₂ del sector energía de 23 millones de toneladas para el año 2000, 22 millones de toneladas para el año 2001, 21 millones de toneladas en el año 2002 y 20 millones de toneladas en el 2003 (Artículo 2 del *Bill on CO₂ Quotas for Electricity Production*). El techo se expresa en cuotas de CO₂ que son divididas entre las compañías productoras, y pueden ser comerciadas o acumuladas para uso posterior, con lo que se instaure el comercio de carbono en el sector eléctrico. Si la cuota anual se excede, las compañías productoras deberán pagar al estado la suma de 40 DKK/ton de CO₂. El Ministerio de Energía y Ambiente de Dinamarca señala que con la instauración de los techos se pretende incorporar los compromisos ambientales en los planes de inversión futuros y disposiciones operacionales de las compañías eléctricas.

Certificados verdes. Actualmente la electricidad generada con energías renovables aún necesita subsidio, por lo que el gobierno de Dinamarca considera prioritario introducir métodos costo-efectivos para su fomento mediante la introducción de mecanismos de competencia. Con objeto de crear las bases para el desarrollo gradual de un mercado para la electricidad renovable, se instaurará un sistema de certificación que entrará plenamente en operaciones para el año 2003. Con este sistema, se entregarán certificados verdes a los productores de electricidad renovable que los consumidores estarán obligados a comprar. Se establecerá un mercado especial para estos certificados, y a los propietarios de las turbinas se les garantizará un precio por los mismos de entre 0.10 y 0.27 DKK/kWh (cotización de los subsidios a la producción para 1999). Se espera que la venta de los certificados permita a los productores compensar la diferencia en costos entre la electricidad convencional y la producida con fuentes renovables, y así, el pago total a los propietarios de las turbinas eólicas provenga de los consumidores. Después de un período de transición, el precio que las compañías distribuidoras pagarán corresponderá el precio de mercado de la electricidad convencional.

Textualmente, el Reglamento para enmendar la Ley sobre la utilización de las energías renovables señala:

El acuerdo para la reforma eléctrica implica que los subsidios para la electricidad generada con fuentes renovables sean cambiados a un esquema basado en el mercado. Los subsidios a la producción de electricidad serán cambiados por certificados de energía renovable.²¹³

En el Prefacio del documento *Organización del mercado de energías renovables y comercio de certificados verdes*, se señala que en base al Acuerdo Danés de la

²¹³ Ministerio de Ambiente y Energía, *Bill to Amend the Act on the utilization of Renewable Energy Sources*, Ministerio de Ambiente y Energía, Dinamarca, 28 de mayo de 1999.

Reforma Eléctrica del 3 de marzo de 1999 una creciente parte del consumo de electricidad debe ser cubierto en el futuro por electricidad generada a partir de energías renovables, por lo que es esencial que el mercado futuro de la electricidad sea capaz de utilizar mecanismos basados en la competencia para asegurar la expansión costo efectiva de la producción de energía renovable. De esta manera, Dinamarca pretende cambiar su anterior esquema de subsidios a las ER por un esquema de mercado que permita un mayor uso de la tecnologías en la generación de electricidad.

En la actualidad, el ánimo por no perturbar las condiciones de la biosfera es lo que empuja en la actualidad al desarrollo danés de las ER, los viejos problemas en torno al difícil aprovisionamiento de recursos energéticos en épocas de crisis han desaparecido.

Hoy, Dinamarca es un exportador neto de petróleo y gas del Mar del Norte (...). Además, Dinamarca tiene uno de los costos más bajos de generación eléctrica basada en combustibles fósiles de la Unión Europea. Como consecuencia de lo anterior, la seguridad de abastecimiento y el costo de la energía no son problemas políticos urgentes. Sin embargo, Dinamarca tiene una de las emisiones per cápita de CO₂ más altas en el mundo, y la prospección de cambios climáticos es la razón principal de la importancia que se le ha dado en el presente a la utilización de energía eólica.²¹⁴

Entre otros motivos que respaldan el desarrollo de las energías renovables –en especial de la energía eólica– en Dinamarca se encuentran los siguientes:

- El objetivo nacional de reducir en 20% las emisiones de CO₂ con relación a los niveles de 1988 para el año 2005, enunciado en el plan de acción del gobierno danés “*Energy 21*”.
- Reducir su vulnerabilidad ante un aumento en los precios mundiales de la energía.
- Atender las investigaciones y declaraciones del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) en relación al fenómeno del cambio climático.
- Mantener a mínimo las necesidades futuras de energía importada.
- Conservar su posición líder en el desarrollo y comercio de tecnología energética y ambiental.

De acuerdo al *Energy Policy Report* publicado por el ministerio de Ambiente y Energía de Dinamarca en abril de 2000, uno de los objetivos de la política energética danesa es tener la capacidad de cubrir las necesidades futuras de energía a través de una reducción constante en el uso de los recursos y las subsecuentes reducciones en los impactos ambientales. Debido a que la energía eólica es la mayormente desarrollada y uno de los medios más económicos para evitar emisiones de CO₂, la mayor parte de la energía renovable en Dinamarca será eólica.

²¹⁴ J. Lemming, P.D. Andersen and P.H. Madsen “Wind Power in Denmark”, ponencia presentada por Joergen Bjelskou titulada “El caso danés: alta penetración de la generación eololéctrica, metas y experiencias”, presentada durante el “Seminario Internacional sobre la Implantación de la Generación Eololéctrica”, convocado por el IIE y la AIE, Ciudad de México, 9 de noviembre de 1999.

La energía eólica en Dinamarca



...a los largo de las lisas llanuras del Norte de Europa, una nueva fuente de energía fresca brota espectacularmente del paisaje. En grupos grandes y pequeños miles de relucientes turbinas blancas de 20 a 30 m de diámetro se alzan como grandes hélices de avión.

*- Christopher Flavin
Vicepresidente del World Watch Institute*

Si bien los molinos de viento del medioevo son asociados casi de manera inmediata con Holanda, los aerogeneradores encuentran su correspondencia en Dinamarca, país cuna de la tecnología eoloelectrónica, y con la más amplia tradición en su desarrollo.

En 1891 el científico danés Poul La Cour construyó el primer aerogenerador junto con un equipo de científicos. Debido a que Dinamarca carecía de recursos petroleros y carboníferos conocidos el invento de La Cour tuvo un éxito inmediato.

Varios cientos de pequeñas unidades se construyeron en aquel país antes de 1910, y muy pronto la industria danesa comenzó a obtener una cuarta parte de su energía (...) de capacidad eólica.¹²⁵

De igual manera, hacia 1918, una cuarta parte de todas las estaciones rurales de energía danesas ya usaban turbinas de viento para generar electricidad. Sin embargo, después de la Primera Guerra Mundial, el abasto de energía fósil era abundante, razón por la cual, las máquinas eólicas se hicieron obsoletas con rapidez, al punto que, para 1920, sólo quedaban 75 turbinas en funcionamiento. Se detuvo el desarrollo eólico danés hasta que sobrevino la Segunda Guerra Mundial. Esta guerra dejó a su paso una escasez enorme de hidrocarburos, por lo que Dinamarca, como país importador de los mismos, volvió a interesarse por la generación eólica.

¹²⁵ Cynthia Pollock Shea, *Op.Cit.*, pág. 215.

De forma paulatina fue creciendo la atención hacia la energía eólica, hasta que la variable ambiental suscitó el interés pleno hacia esta tecnología. La historia de sus leyes así lo muestra:

En 1979 el gobierno introdujo un subsidio por el cual se reembolsaba a los propietarios de las casas un 30 por ciento del precio de compra de sus turbinas eólicas más una parte del costo de instalación.²¹⁶

Para 1994 existían en aquel país unas 3600 turbinas (aerogeneradoras) en funcionamiento, que producían el 3% de su electricidad.

En 1996 el gobierno danés publica su plan de acción titulado "Energy 21", en el que se fija un compromiso nacional de reducción de las emisiones de dióxido de carbono.

Para el 2005 Dinamarca cumplirá con sus obligaciones internacionales al reducir sus emisiones totales de CO₂ en un 20% a partir de los niveles de 1988. Además, como un resultado de la Conferencia de Kioto, la Unión Europea ha aceptado una reducción de 8% en las emisiones de CO₂ del 2008 al 2012 comparado con 1990. En el logro de estas reducciones la energía renovable juega un importante papel.²¹⁷

Dentro del conjunto de fuentes renovables de energía, a la eólica se le ha otorgado un impulso destacado dentro de los lineamientos del plan "Energía 21", lo cual es comprensible si tomamos en cuenta las condiciones climatológicas y atmosféricas de Dinamarca, así como su vinculación histórica con la energía del viento. El impacto de este apoyo ha sido tan positivo que las políticas de fomento a la energía eólica han tenido resultados mayores a los estimados en los planes de acción. En "Energía 21" se estimaba que para el año 2005 estarían instalados 1500 MW de turbinas eólicas, con lo que se cubriría el 10% del consumo de electricidad. Debido al vertiginoso desarrollo de las instalaciones eólicas en los últimos años, esta meta se alcanzó durante la primera mitad de 1999, es decir, seis años antes.

Como se ha podido observar, la energía eólica en Dinamarca ha sido un elemento importante de la política energética danesa por más de 20 años. El mercado doméstico fue estimulado en un principio a través de subsidios y apoyo al desarrollo tecnológico. Como resultado, la energía eólica actualmente provee 12% de la electricidad consumida en Dinamarca, y la producción de aerogeneradores se sextuplicó de 1996 a 2001, con una tasa anual de crecimiento de 44%.

De manera general, se pueden identificar algunos factores que dieron posibilidad a este desarrollo. Por un lado, la sensibilidad ambiental de la población, y por otro, el apoyo político del Estado, claramente vinculado con el cumplimiento de compromisos internacionales. Actualmente se tienen planes para el desarrollo de la industria eólica bajo esquemas de mercado.

²¹⁶ *Idem.*

²¹⁷ J. Lemming, *Op. Cit.*, pág. 2.

3.1.4 Las energías renovables en Alemania

Alemania es un país protagónico dentro de la historia del siglo XX. Sus avances científicos, su cultura, las guerras, y sobre todo sus recuperaciones y transformaciones son materia de análisis y consideración.

La prosperidad económica de Alemania en la actualidad se inscribe dentro de una política de desarrollo que comprende cuestiones sociales y ambientales como parte integral del bienestar y del progreso. La protección del ambiente es un objetivo de Estado que desde septiembre de 1994 está inscrito en la Ley Fundamental, la cual enuncia en su artículo 20º. que:

El Estado protege, asumiendo también responsabilidad para las generaciones futuras, los elementos básicos de la vida en el marco del orden institucional a través de la legislación y en conformidad con la Ley y el Derecho a través del Poder Ejecutivo y la Jurisprudencia.²¹⁸

Podemos afirmar que en Alemania, como en otros países europeos, ciertos principios de la sostenibilidad están permeando las prácticas de producción y de consumo convencionales. Incluso,

la industria y el sector privado han reconocido que la economía y la ecología no tienen porque ser antinómicas y, más aún, que la protección del medio ambiente es necesaria también desde el punto de vista económico.²¹⁹

Esta postura es claro reflejo de una conciencia de sostenibilidad que desmitifica la creencia de que industrialización implica necesariamente contaminación. Así,

La conservación del medio ambiente es hoy uno de los grandes retos que enfrentan el Estado, la economía y los ciudadanos. La protección del entorno tiene cada vez mayor relevancia en el debate público y la población la considera un cometido político prioritario.²²⁰

De esta forma, se maneja la variable ambiental en la creación misma de las políticas públicas, y no sólo como un remedio a sus efectos nocivos.

Este sentido de protección al ambiente ha tenido sus repercusiones en el campo de la energía. Hoy en día, se reconoce que "el suministro presente de energía global y el uso de la energía no es sostenible, por lo que se requiere una nueva aproximación al desarrollo energético".²²¹

²¹⁸ "Política del medio ambiente en Alemania", en la revista *Cooperación*, México, Cámara Mexicano-Alemana de Comercio e Industria, A.C., julio-agosto de 1998, pág. 7.

²¹⁹ Embajada de Alemania en México, *La actualidad de Alemania*, Alemania, Societäts-Verlag, 1993, pág. 255.

²²⁰ *Idem*.

²²¹ Paul-Georg Gutermuth, "Policy aspects of renewable energies and the german experience", artículo entregado como parte del material de estudio de la *Reunión de expertos en energía renovable* celebrada en diciembre de 1999 en la ciudad de Cuernavaca, Mor., México, pág. 247.

La alta dependencia del petróleo, puesta a la luz por la crisis en Medio Oriente de 1973, propició que las energías renovables comenzaran a ser contempladas por primera vez como alternativa viable de suministro energético. Posteriormente, en la década de los ochenta, la preocupación en torno al fenómeno de la lluvia ácida reactivó el interés hacia fuentes de energía limpias. Dentro de este grupo, la opción nuclear comenzó a perder adeptos, debido a su alto riesgo puesto en evidencia por catástrofes como la ocurrida en Chernobyl en 1983. Al igual que en otros países, en los años noventa, los problemas de contaminación y la evidencia de una alteración en el sistema climático del planeta, se convierten en las razones decisivas detrás del impulso a las energías renovables. Cabe señalar que,

La República Federal de Alemania participa, con aproximadamente 900 millones de toneladas en un 4.5% de las emisiones mundiales de CO₂ las cuales alcanzan anualmente unos 22 mil millones de toneladas.²²²

A fin de disminuir dichas emisiones y proteger el clima, el Gobierno Federal aprobó en 1990 un programa nacional de reducción del CO₂ proveniente del consumo energético. En este documento se anuncia la meta de "reducir las emisiones de CO₂ hasta el año 2005 en un 25% con respecto a 1990".²²³ Para ello se establecen las siguientes medidas generales:

- Utilización racional y económica de la energía
- Una mayor utilización de energías renovables

A pesar de que Alemania no ha fijado objetivos cuantitativos en relación a las energías renovables, el establecimiento de metas específicas u orientaciones indicativas (tal como la que se refiere a mitigar las emisiones de CO₂), dirige la atención general y promueve la centralización de recursos, así como la coordinación pública y privada en la toma de decisiones.²²⁴

El aprovechamiento de las ER en Alemania encontró respaldo jurídico en el año de 1990, cuando el Parlamento Alemán adoptó, en forma unánime, la Ley de Suministro de Electricidad, como un instrumento de protección al Medio Ambiente, disminución del consumo de combustibles fósiles y promoción de las energías renovables. Esta Ley entró en vigencia el 1ro. de enero de 1991 obligando a las empresas operadoras de la red a comprar energía de fuentes renovables de energía de productores independientes a un precio mínimo definido por el Gobierno.

Los mecanismos vigentes desarrollados para la promoción de las energías renovables en Alemania son básicamente dos:

- La Ley de Primacía de las energías renovables
- La Reforma Tributaria Ecológica

²²² "Política del medio ambiente en Alemania". *Op.Cit.*, pág. 8.

²²³ *Idem*, pág. 10.

²²⁴ George Paul Gutermuth, *Op.Cit.*, pág. 252.

Ley de Primacía de las Energías Renovables, (Erneuerbare Energien Gesetz, EEG). Aprobada por el Congreso Alemán el 17 de marzo de 2000, con el objetivo de promover el uso de las ER en la generación de energía eléctrica, y aumentar porcentaje de participación de 10% para el año 2010.

Reforma Tributaria Ecológica. Con la ley de "Implementación de la Reforma Tributaria Ecológica" aumentó el precio de la energía a partir del 1 de abril de 1999. El impuesto sobre los combustibles fósiles subieron, en 0,06 DM (\$0.2466) por litro de carburante, 0,04 DM (\$0.1644) por litro de combustible ligero y 0,0032 (\$0.0131) DM por kWh de gas. Además, se introdujo un impuesto sobre la electricidad de 0,02 (\$0.0832) DM por kWh.

Puede afirmarse que el interés por las energías renovables en Alemania fue motivado inicialmente por asuntos de seguridad de suministro, que hoy en día han sido reemplazados por asuntos de seguridad ambiental. Sin embargo, las ER no entraron compulsivamente a participar en la satisfacción de las necesidades energéticas de la población alemana cuando se activó la alarma petrolera en los setenta. Su incorporación al mercado responde más bien a un proceso complejo de crecimiento.

En un principio, la acción gubernamental para promover a las ER se centró en la investigación en el área y el desarrollo de la tecnología.

A diferencia de lo que ocurrió en EE.UU., en donde el gobierno se concretó a incentivar la apertura del mercado, y los promotores de proyectos eoloelectrónicos recurrieron principalmente al uso de tecnología importada para responder a la oportunidad, en Alemania, mediante una acción gubernamental concertada con la iniciativa privada, primero se puso énfasis en el desarrollo de una industria propia.²²⁵

Es por ello que los incentivos comerciales fueron desarrollados hasta finales de 1970, con objeto de abrir el mercado una vez que la tecnología local gozara de cierta madurez. La investigación y el desarrollo tecnológico son una pieza fundamental de la política de ER en Alemania. El aumento progresivo de los recursos públicos destinados a la investigación para el aprovechamiento de las energías renovables, confirma el carácter estratégico de estas tecnologías para el gobierno alemán.

Así, una vez que la tecnología alcanzó condiciones de mercado, se procedió a la creación de un marco legal que las reconociera y regulara su introducción a esquemas competitivos. La normalización de las energías renovables estimuló la apertura del mercado de la energía hacia estas fuentes, ya que se comenzó a mejorar su competitividad económica frente a la energía convencional, a través de diferentes instrumentos, tales como:

➤ Internalización de costos ambientales

²²⁵ Jorge M. Huacuz y Marco A. Borja, "Generación eléctrica con energía del viento", *Boletín IIE*, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Morelos, marzo/abril, 1998, pág. 60.

- Apoyo financiero a proyectos de aprovechamiento de energías renovables
- Disminución de subsidios a la energía convencional

Internalización de costos ambientales. El gobierno ha propiciado la elaboración de estudios en la materia que permiten acordar los parámetros bajo los cuales se deben "cotizar" los daños ambientales causados por la producción y consumo de energía fósil. Sin embargo, las opiniones académicas al respecto son divergentes. Aún sin un consenso sobre cómo asignar un precio a estas "externalidades", algunas políticas fiscales y económicas tendientes a gravar las prácticas dañinas ya se han puesto en práctica. Tal es el caso del gravamen de la energía fósil, en particular del petróleo y sus derivados, tales como el diesel. Como resultado de esta política, el biodiesel, que es un combustible fabricado a partir de la biomasa (vid. 2.2.4) se ha vuelto competitivo frente al diesel convencional altamente gravado.

Otras iniciativa relevante para asignar un sobreprecio a la energía contaminante es el "impuesto al carbono" o "carbon tax", que es una medida propuesta por la Comisión de la Unión Europea para gravar la combustión fósil. Alemania apoya completamente esta medida, sin embargo, no todos los países miembros de la UE comparten su simpatía al ser una política que puede afectar los niveles de competitividad de su industria. Es por lo anterior que aún no se adopta esta iniciativa (para mayor detalle sobre este asunto ver subparágrafo sobre Unión Europea).

Apoyo financiero a proyectos de aprovechamiento de las energías renovables. Si bien el gravar la energía fósil aún es materia de debate, el otorgar incentivos económicos a la generación limpia ya es una realidad. En este sentido, una de las leyes más importantes es la conocida como Electricity Feed Law, (EFL), que regula las condiciones de compra-venta en que se dirime el abasto a la red de la electricidad producida por particulares a partir de energías renovables. Esta regulación fija la tasa de retorno mínima que los productores independientes deben recibir por la electricidad renovable que suministren a la red, y obliga a las empresas eléctricas a pagar este precio de garantía, el cual

toma en cuenta los costos ambientales de generar con sistemas convencionales, incentivando así la construcción de mayor capacidad con sistemas de bajo impacto ambiental.²²⁶

Otra medida aplicada exitosamente en Alemania para incentivar a las ER son los subsidios a capital, los cuales a su vez se dividen en:

- Apoyos a la inversión
- Apoyos a costos de operación

Los primeros se dirigen a sufragar los costos de compra e instalación de sistemas de energías renovables. El monto de estos apoyos varía en función de la tecnología en

²²⁶ *Idem*, pág. 60.

cuestión y las repercusiones en el empleo y el desarrollo que se estime se puedan propiciar con cada proyecto. El Ministerio Federal de Economía de Alemania ha otorgado este tipo de apoyos desde 1994.

La ventaja de esta medida radica en que aumenta de manera inmediata la liquidez del beneficiario, con lo que se hace atractivo el riesgo para el inversionista. Sin embargo, en la práctica presenta el inconveniente de financiar únicamente la etapa inicial del proceso de generación renovable (compra e instalación de tecnología), sin dirigirse a la fase de operación de los sistemas, lo cual ha ocasionado que muchos proyectos que inician con condiciones de viabilidad sean incapaces de mantener tal estatus.

Esta problemática desaparece con los llamados "apoyos a los costos de operación", que sólo se otorgan en la medida en que se produce. De esta manera, crece el interés del particular por mantener la planta en condiciones de operación y de producción óptimas. El inconveniente de este tipo de apoyos es la necesidad de crear un aparato administrativo mayor que en el caso de los apoyos a la inversión, debido a que la asistencia acompaña y vigila el proceso de operación.

Otro instrumento financiero de apoyo a las energías renovables empleado en Alemania, son los "préstamos preferenciales". El Banco Deutsche Ausgleichsbank que es propiedad del gobierno federal ha otorgado préstamos de bajo interés a compañías pequeñas y medianas desde 1990 para instalaciones que utilizan energías renovables.

"El promedio de disminución de la tasa de interés en estos préstamos se encuentra entre 2 a 3 puntos porcentuales (valor del subsidio)."²²⁷ En 1990 la generación de energía a partir del viento obtuvo la mayor cantidad de este tipo de préstamos, seguida por la biomasa y los proyectos hidroeléctricos.

El desarrollo de las energías renovables también se ha visto favorecido por privilegios fiscales (tax privileges), los cuales se presentan como exenciones o reducciones impositivas.

Este conjunto de medidas financieras y fiscales han permitido el desarrollo de las ER en Alemania. Sin estos instrumentos, las ER difícilmente participarían en condiciones de viabilidad en el mercado de la energía. Actualmente, a través de la iniciativa *50,000 Techos Solares (50,000 Solar Roof Initiative)*, se pretende incentivar el uso de la energía fotovoltaica.

El éxito de la acción política dirigida a promover las ER también tiene verificativo en el amplio desarrollo eólico en este país que se reseña a continuación.

²²⁷ Paul George Gutermuth, *Op.Cit.*, pág. 263.

La energía eólica en Alemania

La estrategia alemana de promoción de las ER ha impactado positivamente el desarrollo eólico. En la actualidad, la instalación de convertidores de energía eólica se ha disparado de tal forma que Alemania figura en primer lugar en cuanto a capacidad instalada a escala mundial.

Los complejos de generación eólica se concentran especialmente en el Norte del país, en los estados (länder): Schleswig-Holstein, Baja Sajonia y MACKLEMBURGO Pomerania Occidental, que son territorios con costa hacia el Mar del Norte y hacia el Báltico, por lo cual, presentan buenas condiciones de viento.



Programa 250 MW eólicos en Alemania

Para junio de 1999, la capacidad eólica total instalada de Alemania ascendía a 3,380 MW, cifra que rebasa por mucho los 2 075 MW instalados que existían para 1998. A partir de la promulgación de la Ley de Primacía de las Energías Renovables (*Vid supra*), la introducción de energía eólica en Alemania ha experimentado un incremento significativo, y en el año 2000 se alcanzaron 6,113 MW instalados.

Estos avances porcentuales en periodos tan cortos nos dan idea del crecimiento vertiginoso de la generación eoloelectrónica alemana.

Si tomamos en cuenta que la capacidad total instalada de las plantas eléctricas convencionales en Alemania asciende aproximadamente a 115,000 MW, (correspondientes en mayor medida a plantas de carbón y estaciones de energía nuclear), los 6,113 MW ganados por la energía eólica pueden parecer un logro modesto... pero no lo son. Una conquista para el futuro de la energía eólica es haber ganado un reconocimiento decisivo como fuente de generación energética viable en Alemania. Además, su desenvolvimiento durante los últimos años, indica una clara tendencia hacia un aumento progresivo e intenso en la capacidad eoloelectrónica instalada. La experiencia alemana evidencia que la energía eólica es confiable y competitiva.

Los estudios sobre la "carrera eólica" que tiene lugar en este país europeo, reconocen que los elementos principales que han propiciado este desarrollo son: la Ley de Suministro Eléctrico (EFL), y los préstamos de bajo interés,

(s)in esta asistencia, particularmente en áreas sin altas velocidades de viento, los aerogeneradores no podrían operar aún económicamente en Alemania.²²⁸

De tal forma,

Alemania se ha puesto a la cabeza de los países industrializados no sólo a lo que respecta al número de MW de capacidad eoloeléctrica instalada, sino también en lo relativo a los esquemas utilizados para promover el uso de esta tecnología.²²⁹

En lo que se refiere a los esquemas para promover estas tecnologías, cabe subrayar que los incentivos que el gobierno otorga no son subsidios a pérdida, por el contrario,

(...) parten de otros beneficios que el uso de la tecnología eólica tiene para la economía global y el medio ambiente: establecimiento de una base industrial competitiva, creación de empleos, preeminencia tecnológica, menos emisión de contaminantes y apalancamiento de capitales, entre otros.²³⁰

Este apoyo al "poder del viento", demuestra que la ampliación del portafolio energético no sólo responde a la necesidad, sino también, al beneficio.

²²⁸ *Idem*, pág. 265.

²²⁹ Jorge M. Huacuz, *Op.Cit.*, pág. 60.

²³⁰ *Idem*, pág. 61.

3.1.3 Las energías renovables en España

La península Ibérica es otro de los sitios que atestiguan el ascenso de la generación renovable. En pocos años, el mercado de las ER en España se ha colocado entre los más importantes de Europa, situándose hoy justo detrás de Alemania y Dinamarca. Este logro, es producto de una estrategia de diversificación energética que surge a partir de dos necesidades:

- Asegurar el suministro de energía
- Ajustar prácticas productivas de acuerdo a los principios de la sostenibilidad

Con respecto al primer punto, es importante indicar que España carece de recursos energéticos convencionales en su subsuelo. Al ser un importador neto de hidrocarburos, acusa vulnerabilidad frente al exterior en un área de suministro estratégico. Esta situación, ha motivado la búsqueda de fuentes de energía ajenas al dominio de terceros países, entre las que destacan las ER por su naturaleza local.

Por otro lado, la toma de conciencia sobre los múltiples problemas ambientales, resultado del consumo de energía fósil, ha propiciado la apreciación de opciones más limpias de abasto energético. Así, los asuntos ambientales relacionados con la energía han sido un motor importante en la promoción y fomento de las energías renovables. Esta tendencia se acentuó progresivamente durante la década de los noventa, al encontrar eco mundial en espacios internacionales tales como la Cumbre de Río y la Conferencia de Kioto.

En función de las necesidades internas de España, y de los compromisos adquiridos por este país en la arena internacional, el aprovechamiento de las ER ha adquirido rango de prioridad, por lo que,

En su política energética de los últimos años, el Ministerio de industria y Energía ha considerado el desarrollo de las energías renovables como un importante objetivo de la política nacional.²³¹

Podemos observar la importancia de que las autoridades del sector brinden reconocimiento a las ER. El reconocimiento formal otorgado por el Ministerio de Industria y Energía representa el primer paso para el uso de estas tecnologías.

Este empuje a la generación renovable también se ha dado al nivel de las provincias, la mayor parte de ellas cuenta con un programa local para la utilización de ER.

²³¹ Pablo Eugui Baraibar, "Energías Renovables en España", ponencia presentada por el autor durante el "Seminario Internacional sobre Participación de las Energías Renovables en Mercados Eléctricos Reestructurados", organizado por la Conae y celebrado el 9 y 10 de septiembre de 1999 en el Museo Tecnológico de la CFE.

Los motivos que han llevado a su desarrollo (de las energías renovables) en las provincias autónomas son diversos, y van desde casos en donde las razones principales son la promoción del desarrollo industrial y la creación de empleos, a otras autonomías cuyo objetivo principal es incrementar la producción local de electricidad. En todos los casos, la protección ambiental es un motivo importante, principalmente, debido a la demanda pública de incorporar energías limpias en el sistema. Como ejemplo, Navarra ha tomado la clara decisión de incorporar energías renovables en su estructura energética, y ha puesto en marcha un ambicioso programa con la meta, para el año 2010, de cubrir el 100% de la electricidad consumida en la comunidad usando energías renovables. La energía eólica cubrirá un 46% del total de este suministro energético²³²

Navarra es un ejemplo mundial de producción de energía renovable. Y lo será más para el 2010, cuando el total de la energía eléctrica que consume proceda de esas fuentes limpias e inagotables. El ambicioso plan energético de esta Comunidad Autónoma será posible gracias al espectacular avance tecnológico que permite capturar al viento su sinuoso y cambiante poder.²³³

En el caso de otras provincias como Galicia, la razón principal de su interés por utilizar las fuentes renovables de energía radica en promover la actividad industrial en la región. En realidad, el desarrollo de las ER en España se ha suscitado por una mezcla de todas las causas señaladas, sólo que, dependiendo de las características y necesidades propias de cada región, prima más uno u otro de los beneficios que emanan de este tipo de generación.

3.1.3.1 Legislación desarrollada para las ER

La legislación española comprende diferentes instrumentos jurídicos que regulan la participación de las ER dentro de la oferta energética. Entre ellos se encuentran:

- *Real Decreto 2366/1994*. Este decreto data del 9 de diciembre de 1994 y regula el precio que las empresas eléctricas deben pagar -por la electricidad recibida- a los suministradores de energía producida a partir de fuentes renovables. Este decreto abarca a las plantas de cogeneración, a las pequeñas hidroeléctricas, y a los complejos eólicos y fotovoltaicos. Con él, "se reúnen por primera vez las regulaciones existentes en un texto único y se desarrolla el criterio básico sobre las relaciones técnicas y económicas entre generadores y empresas"²³⁴
- *La Ley del Sector Eléctrico del 27 de noviembre de 1997*. Esta Ley normaliza la apertura del sector eléctrico español a la inversión privada. Como tal,

²³² Félix Avia Aranda, "The Wind Power Development in Spain: a success story. Lessons learned", ponencia presentada durante el "Seminario Internacional sobre la Implantación de la Generación Eoloelectrónica", convocado por el IIE y la AIE, celebrado el día 9 de noviembre de 1999.

²³³ Gustavo Catalan Deus, "El viento empuja con fuerza las energías renovables en España", en el periódico *El Mundo*, 28 de mayo de 1997.

²³⁴ Félix Avia Aranda, *Op.Cit.*

establece los principios de un nuevo modelo de funcionamiento en lo que se refiere a la producción de energía basado en la libre competencia. La Ley hace compatible este fundamento con otros como la mejora de la eficiencia energética, la reducción del consumo y la protección al medio ambiente.²³⁵

En virtud de lo anterior, en este nuevo esquema se instituyen medidas para fomentar la explotación de fuentes renovables de energía y se

establece la necesidad de elaborar un Plan de Fomento con el objetivo final de alcanzar un aporte de las ER del 12% al balance energético nacional para el año 2010. Este Plan de Fomento se está realizando con la participación de las Comunidades Autónomas y de los agentes sociales y empresariales implicados (...asimismo), se incluye un Régimen Especial para las Energías Renovables que garantiza la adquisición de la energía eléctrica que produzcan a un precio que asegure su viabilidad económica.²³⁶

Este Régimen Especial se constituye en el Real Decreto 2818/1998-23 que se señala a continuación.

➤ *Real Decreto 2818/1998-23 de diciembre de 1998.* Este decreto fija un Régimen Eléctrico Especial para las plantas de energías renovables conectadas a la red. Es importante mencionar que este acto jurídico se origina como parte de los esfuerzos por afrontar el reto internacional de mitigar el cambio climático,

(...) como cumplimiento de los compromisos adquiridos por España con relación a la reducción de CO₂, la citada ley (*vid supra*) hace obligada la promulgación del presente decreto que impulsa el desarrollo de instalaciones en régimen especial mediante la creación de un marco favorable sin incurrir en discriminación.²³⁷

A través de este RD 2818/98, se incorpora un sistema de primas para la producción de energías renovables atendiendo al tipo de energía y al tamaño de la instalación.

Por otro lado, en diciembre de 1999 se aprobó El *Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010*, en cumplimiento del mandato establecido en la Ley del sector eléctrico del 27 de noviembre de 1997. Dicho Plan se realizó con la participación de las Comunidades Autónomas y de los agentes sociales y empresariales implicados, en él se prevé un consumo de energía primaria de 136 Mtep para el año 2010 frente a los 114 Mtep actuales. Para el 2010 la participación esperada de las energías renovables será de 12.3 % sobre el consumo de energía primaria; actualmente su peso es de 6.2%.²³⁸

²³⁵ Pablo Eugui, pág. 12.

²³⁶ *Idem*, pág. 4.

²³⁷ *Idem*, pág.12.

²³⁸ Sr. José Gil, Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía, IDEA, España, ponencia presentada en el Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables, COFER, México, 2001.

Los objetivos estratégicos del Plan son mejorar el grado de autoabastecimiento energético, contribuir a la política del respeto del ambiente, dar estabilidad en el largo plazo al desarrollo tecnológico, y fomentar la diversificación en el negocio energético fomentando la generación de nuevos empleos

Este conjunto de iniciativas conforman el respaldo legal que ampara el aprovechamiento de las ER en España. Sus resultados se pueden apreciar directamente en el crecimiento acelerado del sector en los últimos años, el cual sólo ha sido posible

gracias al establecimiento de un marco jurídico que favorece el uso de tecnologías de bajo impacto ambiental y alienta la participación de capitales privados en la generación de electricidad.²³⁹

Revisemos pues estos resultados a través de una breve revisión del desarrollo eólico español.

La energía eólica en España

En la actualidad, la energía eólica en España transita por un período de plena expansión. Este desarrollo no ha sido fortuito, más bien, responde a una estrategia de promoción que suma ya veinte años. En 1980, se inició un programa para desarrollar la generación eólica, cuya primer fase consistió en identificar el recurso eólico real con que cuenta el país y apoyar la investigación y el desarrollo de tecnología en el área. Como resultado de este periodo, emergieron dos empresas españolas fuertes en el ramo de producción de aerogeneradores: Made y Ecotécnia.

Posteriormente, de 1985 a 1990 se instituyó un Programa de Demostración instrumentado por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (CIEMAT), que contemplaba la instalación de varios complejos eólicos pequeños que sirvieran como campo de prueba para la consolidación de la industria nacional incipiente. Asimismo, el Centro de Investigación Español en Medio Ambiente y Tecnología (CIEMAT) dio inicio un proyecto denominado AWEC-60 para desarrollar una turbina eólica de gran potencia, dentro de un programa de la Unión Europea.

Sin ser originalmente poseedores de la tecnología, los españoles lograron, en relativamente poco tiempo, transferirla de aquellos países que la tenían e integrarla a su economía; no compraron simplemente las máquinas para hacer sus centrales como ocurrió en los Estados Unidos, sino que compraron licencias de los elementos críticos de la tecnología y desarrollaron sus propios productos en forma incremental.²⁴⁰

El impulso decisivo al aprovechamiento eólico se acertó en la década de los noventa. Una vez que la industria española de aerogeneradores estuvo tecnológicamente lista para cubrir los requerimientos del mercado, se inició la

²³⁹ Jorge Huacuz, *Op. Cit.*, pág. 61.

²⁴⁰ Huacuz, *Op. Cit.*, pág. 62.

creación de un marco legal que regulara esta modalidad de generación. Así, en 1994 se publicó el Real Decreto 2366/1994 (*vid. supra*) en función del cual, para 1997

un avance significativo se produjo en la energía eólica en España y 477 turbinas nuevas fueron instaladas en 14 granjas eólicas con una capacidad total de 205 MW. La potencia total instalada para finales de 1997 fue de 421 MW. La potencia instalada se duplicó en un año (216 MW para diciembre de 1996). En 1998, 32 granjas eólicas y otros 407 MW fueron instalados, y la potencia total para fines de diciembre de 1998 era de 833,7 MW. La potencia instalada fue duplicada de nuevo (427 MW para diciembre de 1997)²⁴¹

Este crecimiento acelerado puede apreciarse esquemáticamente en el siguiente cuadro.

Tabla 9. Crecimiento de la capacidad eólica instalada en España 1994-1998

ANO	POTENCIA INSTALADA (MW)	POTENCIA ACUMULADA (MW)	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (%)
1994	23	73	46
1995	46	119	63
1996	95	214	80
1997	213	427	100
1998	407	834	95

La mayor potencia instalada durante 1997 corresponde a Galicia, seguida de Navarra y Aragón. Navarra es referencia particular y obligada para transmitir el sentido de expansión potencial que posee la industria eólica a escala mundial.

La ciudad española de Pamplona se conoce desde hace tiempo por sus encierros anuales. Pero este centro industrial de tamaño medio, la capital de Navarra en la accidentada región pirenaica, está ganando velozmente otra distinción: posee la industria eólica de más rápido crecimiento en el mundo. Partiendo de cero y en sólo tres años, Navarra obtenía a finales de 1998 el 23% de su electricidad del viento.²⁴²

Pero el impulso navarro no para ahí; en la actualidad, esta provincia se ha fijado el ambicioso objetivo de cubrir para el año 2010 el 100% de sus requerimientos de energía a partir de fuentes renovables. Dentro de este proyecto "La energía eólica cubrirá un 46% del total de este suministro energético" (*vid supra*).

La empresa española Energía Hidráulica Nacional (EHN), dedicada a la promoción, desarrollo e impulso de las ER es quien lleva a cabo este desarrollo. Así, se propuso al Gobierno de Navarra el "Proyecto Sectorial de Incidencia Supramunicipal de Infraestructuras de Producción de Energía Eólica en Navarra", que fue aprobado en junio de 1996, y que pretende instalar la potencia eólica suficiente para cubrir el 40% del consumo eléctrico de esta provincia en la próxima década. El reto es grande, pero

²⁴¹ *Idem.*

²⁴² Christopher Flavin, "La energía eólica en alza", en la revista *World Watch*, abril de 1999, pág.27.

Esteban Morrás responsable de EHN, lleva camino de cumplir esas expectativas. En un tiempo récord ha colocado a Navarra en cabeza del desarrollo eólico español, y está convencido que *a poco que el Estado eche una mano*, España puede encabezar esta industria en el mundo.²⁴³

La empresa asevera que "este plan se está ejecutando en la actualidad, a un ritmo muy superior al previsto, y quedará finalizado hacia el año 2002"²⁴⁴

Este dato nos da una idea de la velocidad avasalladora con que se están concretando los programas de generación eólica en suelo español, nada menos que con ocho años de adelanto.

La atmósfera favorable para el aprovechamiento de la energía eólica en Navarra, es fruto, en gran medida, de la benevolencia con que la población civil mira estos proyectos "el 81% de los navarros valora positivamente los parques eólicos y un 2% los considera perjudiciales"²⁴⁵. A este respecto, la empresa EHN indica que, con la construcción del parque eólico piloto denominado "El Perdón" en 1994, la población de Navarra pudo apreciar directamente "las ventajas y afecciones de la energía eólica, contribuyendo de forma clara a la gran aceptación que este tipo de energía tiene en Navarra."²⁴⁶

No obstante,

(l)a energía eólica aún es considerada como un motivo de risa por muchos ejecutivos de la industria energética. Pero pronto esas personas parecerán tan tontos como aquellos que una vez dijeron que el avión era una idea absurda. Si eso ocurre, Navarra puede entrar en los libros de historia junto con Kitty Hawk, en Carolina del Norte (donde tuvo lugar el primer vuelo pilotado por una aeronave), como el terreno de prueba de una tecnología que cambió la forma de vivir del mundo.²⁴⁷

La provincia de Albacete también tiene una historia que contar en torno al aprovechamiento eólico. En esta región montañosa el grupo Energías Eólicas Europeas (sociedad entre EHN e Iberdrola, este último es un grupo que representa casi un 40% del sector eléctrico español), ha desarrollado los parques eólicos de Higuera

que configuran la mayor instalación eólica del mundo por potencia instalada, con 111,5 MW. En agosto de 1999 estaban en marcha 90 de las 169 máquinas de Higuera, que totalizan 59,4 MW. En octubre estarán concluidos los cuatro parques eólicos

²⁴³ Inmaculada G. Mardones, "España puede ser líder mundial eólico", en *El País*, Madrid, España, 15 de junio de 1997, (cursivas nuestras).

²⁴⁴ EHN, *EHN grupo líder en energías renovables*, publicación de la empresa, Pamplona, agosto 1999, pág. 11.

²⁴⁵ Periódico *Diario de Noticias*, 2 de febrero de 1997.

²⁴⁶ *Idem*.

²⁴⁷ Christopher Flavin, "La energía eólica en alza", *Op. Cit.*, pág. 27.

previstos. A partir de entonces, esa instalación producirá por sí sola el 22% del consumo eléctrico de la provincia de Albacete.²⁴⁸

De esta manera, Albacete se erige como una provincia comprometida con los retos ambientales y sociales que exige el presente siglo.

Puede parecer un juego de palabras, pero es una realidad incontestable: el futuro de Albacete está en el aire... en la energía generada por el aire. Nuestra provincia va a ser un referente a nivel mundial en el ámbito de la energía eólica: 51.000 millones de pesetas de inversión permitirán poner en marcha 614 turbinas en 11 parques, con la creación de varios centenares de puestos de trabajo directos y un horizonte de producción de energía eléctrica que bastará para abastecer a toda la provincia.²⁴⁹

Así, "la revolución energética ha llegado a la provincia de Albacete", tal como lo anuncia el periodista Angel Cuevas en su artículo "Molinos de Progreso" publicado en el diario español *La verdad* del 4 de diciembre de 1998.

En virtud de este desarrollo revulsivo, la Asociación Europea de Energía Eólica señala a España como segundo país de Europa —detrás de Alemania— en la instalación de potencia de origen eólico durante 1998.

En forma análoga al caso alemán, la motivación más fuerte para el lanzamiento del programa eoloelectrico en España no ha sido la competitividad respecto al costo de la electricidad convencional, sino los beneficios globales para la economía, con énfasis en el desarrollo regional y la creación de empleos.²⁵⁰



Especialistas españoles montando paneles eléctricos
Abajo: Planta de ensamble de barquillas, fabricación de torres y palas.

En efecto, este tipo de generación ambientalmente amigable, ha mostrado también serlo socialmente.

Durante 1998 el sector eólico español dio trabajo a más de 4.000 personas, en promoción, implantación, fabricación, operación y mantenimiento de parques eólicos. En 1999 sólo la inversión del grupo EHN dará empleo directo o indirecto a unas 3.000 personas, cifra que se elevará a 7.000 en el próximo año.²⁵¹

Además, los complejos eólicos también tienden a crear fuentes económicas indirectas.

²⁴⁸ *Idem*, pág.15.

²⁴⁹ Editorial, "Futuro en el aire", en el periódico *Tribuna de Albacete*, 20 de mayo de 1999.

²⁵⁰ Jorge Huacuz, *Op. Cit.*, pág. 62.

²⁵¹ EHN, *Op. Cit.*, pág. 19.

Concretamente, el parque eólico de Guerinda en España ha irrigado recursos económicos considerables en la zona, Javier Abete, alcalde de la localidad de San Martín de Unx manifiesta que,

(l)os empleados de mantenimiento del parque vienen aquí a comer, y esa actividad se nota (...). Desde que en noviembre de 1996 se colocó el primer generador eólico – asegura el alcalde- la zona vive mucho más expectante y con más ilusión.²⁵²

De esta manera, España ha dejado de luchar contra los gigantes de Don Quijote para tomar a sus descendientes como aliados: los aerogeneradores.

Para finalizar es preciso mencionar que España también aprovecha activamente otras fuentes de energía renovable, tales como la fotovoltaica y la biomasa. A finales de 1997 la potencia total instalada en España de energía fotovoltaica era de 7,3 Mep. Andalucía es la comunidad autónoma que cuenta con una mayor potencia instalada en el ámbito rural con millares de pequeñas instalaciones realizadas en general dentro de distintos planes de electrificación; Castilla- La Mancha ocupa el segundo lugar en cuanto a potencia instalada gracias a la planta fotovoltaica Toledo PV de 1MW de potencia que supone un 92% del total existente en la región y un 15% del total nacional. En Cataluña, la Comunidad Valenciana, Castilla y León Canarias y Madrid la electrificación fotovoltaica también se ha asentado con gran intensidad, con potencias de captación instaladas por encima de los 300 kWp.

En lo que se refiere al aprovechamiento de la biomasa, EHN inicia en 1999 un proceso de construcción de una planta de 25 MW que producirá electricidad a partir de paja, la iniciativa es innovadora en España por el tipo de combustible utilizado, supone una inversión de 8,500 millones de pesetas. Asimismo, el interés por el aprovechamiento de esta fuente energética llevó a celebrar *la I Conferencia Mundial Sobre Energía de la Biomasa*, el pasado mes de junio en Sevilla, España, con el patrocinio del Banco Mundial, la UNESCO, La FAO y la Comisión Europea. A dicho encuentro asistieron más de 1,000 delegados de 40 países quienes discutieron

Cómo impulsar la generación de energía a partir de materia orgánica de origen vegetal o animal para reducir la supremacía de los combustibles convencionales (petróleo, gas natural, carbón) en el mapa energético mundial y afrontar así problemas medioambientales como la contaminación y el aumento global de temperaturas.²⁵³

²⁵² Diario de Navarra, "El parque eólico ha sido una inyección económica para San Martín de Unx", en *Diario de Navarra*, 26 de mayo de 1998.

²⁵³ *El País*, "Una Cumbre Mundial en Sevilla apuesta por el uso energético de la biomasa", www.qsystems.es/idac/pcno/ipcno02.asp?id=2362

3.1.6. Las energías renovables en la India

*Yo soy Rudra
Yo soy el Asta Vasus
Yo soy el Sol y
Yo soy la entidad que está en todo
Yo soy Varuna, el Dios dadivoso de la lluvia
Yo soy Indra, el Dios de Dioses
Yo soy Agni, el siempre resplandeciente*

- Fragmento del Rig Veda

Podría pensarse que el aprovechamiento de las ER es privativo de países desarrollados en su búsqueda de concilio entre crecimiento económico y resguardo del medio. Sin embargo, los beneficios sociales y económicos que arroja la generación renovable, han seducido también el ánimo de países en vías de desarrollo. La India es un gran ejemplo de ello.

Como país pobre y populoso la India adolece de rezagos en diversos sectores, entre ellos, el que toca a la energía. En lo que se refiere al suministro eléctrico, su amplia extensión territorial ocasiona la existencia de amplias zonas alejadas de la red de suministro en las que resulta difícil y costoso abastecer dicho servicio. Alrededor del 65% de la población hindú vive en áreas rurales y únicamente el 31% de estos hogares están conectados a la red. Estas cifras son indicativo del amplio margen de población carente de energía eléctrica, situación que ha urgido a diversas instancias públicas a propiciar el desarrollo de vías alternas de abastecimiento.

En estas condiciones, las energías renovables presentan mayor viabilidad económica y operativa frente a la generación eléctrica convencional. Por su naturaleza local, no se requiere tender el costoso cableado desde una red central, ni tampoco enviar la corriente eléctrica a una larga travesía en la que progresivamente va menguando su potencia.

Por otro lado, la demanda de energía para actividades agrícolas y pecuarias ha ido en aumento. Se requiere energía para bombeo de agua, secado de granos y cocción de alimentos, entre otras cuestiones.

En función de estas necesidades el Gobierno de la India ha reconocido la importancia de las energías renovables desde décadas atrás. Desde los años setenta se iniciaron programas de investigación y desarrollo de sus tecnologías de transformación y, más tarde, se establece el respaldo institucional pertinente para el fomento de su utilización. Así, en 1982 se crea el Departamento de Energía No-Convencional como órgano independiente del Gobierno Central, el cual, debido a su importancia en el sector, adquiere el estatus de Ministerio de Fuentes No-Convencionales de Energía en 1992 (MNES por sus siglas en inglés). De esta manera, la India es el único país en el mundo que cuenta con un Ministerio exclusivo

para atender, de manera específica, los asuntos referentes a las fuentes renovables de energía. De manera formal, este ministerio

(es la agencia nodal del gobierno de la India para todas las cuestiones relacionadas con energía renovable/no convencional. Tiene a su cargo funciones de gestión política, planeación, promoción y coordinación relativas a todos los aspectos de la energía renovable, incluyendo incentivos fiscales y financieros, creación de capacidad industrial, difusión de los programas comerciales y de demostración, I+D y desarrollo tecnológico, protección de la propiedad intelectual, desarrollo de recursos humanos y relaciones internacionales.²⁵⁴

Podemos observar que la estrategia hindú de fomento de las ER comprende diversas áreas de gestión. No sólo el aspecto técnico es importante, sino también, el operativo, lo que muchos han dado en llamar la parte "suave" de la tecnología. El perfil tecnológico de las ER requiere de instituciones, leyes y políticas nacionales e internacionales que permitan que un mecanismo se convierta en un servicio socialmente útil y económicamente viable.

Por ello, es encomienda de este Ministerio manejar materias tanto legales, como financieras, fiscales y de política exterior. De manera desglosada cuenta con las siguientes áreas de acción:

- I. Política y Legislación
- II. Energía Rural
- III. Energía Solar
- IV. Generación
- V. Energía de Residuos Urbanos, Municipales e Industriales
- VI. Nuevas Tecnologías
- VII. Coordinación de I+D
- VIII. Agencia India para el Desarrollo de las Energías Renovables
- IX. Información y Concientización Pública
- X. Relaciones Internacionales²⁵⁵
- XI. Finanzas Integradas
- XII. Planeación, Coordinación y Administración

Esta estrategia de fomento a las ER ejecutada a través del MNES ha permitido que las tecnologías encuentren un espacio en el mercado. Asimismo, con el fin de proveer apoyo financiero a los proyectos de aprovechamiento de ER, el MNES instauró bajo su cargo la Agencia India para el Desarrollo de las Energías Renovables, (IREDA por sus siglas en inglés) en 1987. El IREDA fue creado

²⁵⁴ MNES, "Renewable energy, opportunities and guideline for investors", Ministry of non-conventional energy sources, pág. 9, (*energías nuestras*).

²⁵⁵ (*Negritas nuestras*).

para desarrollar, promover, apoyar y extender asistencia financiera a proyectos de energía renovable. IREDA es una institución financiera pública y sus programas están clasificados bajo el Sector de Orientación Social. Sus principales objetivos son promover a la energía renovable, extender apoyo financiero a los fabricantes, actuar como un intermediario financiero y otorgar asistencia en la comercialización. Desempeña dos grandes actividades: promoción y desarrollo y operación de un fondo revolvente para brindar apoyo financiero a productores, fabricantes y usuarios de sistemas de tecnología de energía renovable.²⁵⁶

Bajo este esquema,

Las mayores iniciativas políticas que se han tomado para impulsar a la inversión privada/extranjera directa, incluyen incentivos fiscales y financieros bajo un amplio rango de programas que han sido implantados por el Ministerio, así como simplificación de procedimientos para la inversión privada.²⁵⁷

En lo que se refiere a los apoyos fiscales, se maneja un 100% de depreciación para fines impositivos durante el primer año de la instalación del proyecto, así como exenciones sobre deberes e impuestos de venta y privilegios en derechos de aduana para la importación de material, componentes y equipo utilizado en proyectos de ER.

Los apoyos financieros también presentan diversas formas, entre las que encontramos: subsidios a interés, subsidios a capital (ver apartado sobre Alemania), y préstamos suaves.

Asimismo, este organismo funge como receptor de los apoyos internacionales otorgados a la India, principalmente, por parte del Gobierno de los Países Bajos, el Banco Mundial, el Fondo de Cooperación Económica Suizo y el Banco de Desarrollo Asiático. Así, actúa como interlocutor en el área de *cooperación internacional*, la cual, reviste crucial importancia sobre todo para los países en vías de desarrollo que buscan impulsar este campo.

Por otro lado, el MNES ha publicado una serie de lineamientos para todos los estados de la India, 12 de ellos ya han anunciado políticas para promover la generación eléctrica con ER.

Los programas son formulados por el MNES incluyendo los detalles para la asistencia del gobierno central. La instrumentación de los programas a escala estatal se realiza a través de *agencias estatales que han sido especialmente establecidas para promover programas de energías renovables en sus respectivos estados*. Las empresas eléctricas estatales también están involucradas en la puesta en marcha de proyectos interactivos de generación en la red.²⁵⁸

²⁵⁶ *Idem*, pág. 11.

²⁵⁷ *Idem*, pág. 7.

²⁵⁸ Swaran Singh Boparai, K.C., "India and Renewable energy: a future challenge", Ministry on Non-Conventional Energy Sources, en la revista *Renewable Energy*, Vol. 15, 1998, pág. 17, (*cursumus nostras*).

Además, se maneja el establecimiento de vínculos institucionales de integración de las ER en agencias y dependencias de Gobierno, las cuales, consumen energía en gran cantidad y tienen la posibilidad de inducir un consumo renovable en sus presupuestos energéticos, esto se ha hecho en diversos Ministerios y Departamentos, tales como los de Defensa, Telecomunicaciones, Caminos, Bienestar Social, Desarrollo Rural, Salud, Educación, Turismo, y Cultura.

Si bien India es un ejemplo de la labor del Estado en el impulso de las ER, es preciso señalar que no es el único actor. Las organizaciones no gubernamentales han jugado un importante papel en la puesta en marcha y mantenimiento de estos proyectos a nivel local.

Las ONG's pueden proveer una importante interfase entre la gente y el Gobierno en la planeación e instrumentación de programas de energía no convencional, particularmente en las áreas rurales. Al mismo tiempo, el papel de las comunidades locales por sí mismas como usuarios de las fuentes y generadores de energía localmente disponibles es crucial en el manejo de los sistemas de energía rural. Desde nuestra perspectiva, es crucial una aproximación centrada en la gente si se busca lograr una universalización mayor de nuestros programas en áreas rurales, particularmente entre los sectores más débiles de nuestra sociedad. Esto conllevará no sólo a incrementar el abasto local de energía, sino también, a la *creación de nuevos empleos* y oportunidades empresariales.²⁵⁹

De esta manera, la India lleva a efecto uno de los programas de promoción de las ER más grande del mundo, producto del reconocimiento del alto potencial con que cuenta el país y de las bondades que este tipo de generación ofrece para hacer frente a problemas sociales y de suministro. Durante una reunión celebrada en diciembre de 1999, el Dr. Karunakaran señaló que el interés de la India por las ER no proviene de razones ecológicas, sino de necesidades vitales de economía y desarrollo de su sociedad.

La India ha sido bendecida con energía renovable abundante en sus diferentes formas. Viento (20,000 MW). Solar (5,000 trillones kWh), pequeña hydro (10,000 MW) biomasa (17,000 MW), potencial que puede más que afrontar nuestras necesidades en todos los tiempos por venir. (Además), esta fuente de energía perenne y eterna puede jugar un papel vital en el desarrollo socioeconómico del país.²⁶⁰

De manera breve, se ha tratado de reseñar la importancia de la generación renovable en la India, y los programas de apoyo que se han brindado al sector, pasemos a revisar sus resultados prácticos en el caso de la energía solar.

²⁵⁹ *Idem*, pág. 18.

²⁶⁰ Mensaje del Capt. J N P Nishad. Ministerio de Estado para Fuentes no Convencionales de Energía, material de estudio otorgado en la Reunión de expertos en energías renovables, Cuernavaca, Morelos, diciembre 1999.

La energía solar en la India

En el área de aprovechamiento de la energía solar, tanto su conversión fototérmica como fotovoltaica ha tenido gran aceptación en diversas aplicaciones industriales y comerciales, así como también en áreas rurales no electrificadas.

La energía solar fotovoltaica es uno de los programas clave, particularmente para áreas rurales remotas descentralizadas y aplicaciones industriales, tales como alumbrado de pueblos, calles y casas, bombeo de agua para potabilidad y riego, y telecomunicaciones rurales.

En este sentido, como parte del programa general hindú de ER, en 1997-1998 se realizaron estudios para determinar las áreas con alto potencial de radiación solar susceptible de ser transformada en energía eléctrica. Esta zonas se denominaron "Hi-Focus". Las áreas seleccionadas son: los distritos de Leh y Kargil, áreas occidentales desiertas de Rajasthan, áreas accidentadas de Uttar Pradesh, los estados del noreste, el área de Sunderbans en Bengala occidental, sus dos Islas, y los grandes cinturones tribales. Todas estas regiones presentan buenas condiciones para el aprovechamiento fotovoltaico y se encuentran en áreas de difícil acceso para la red eléctrica convencional. En las mismas, "las energías renovables son económicamente competitivas, aun sin tomar en cuenta los costos ambientales de la generación de electricidad fósil"²⁶¹

Ante este testimonio, el gobierno hindú, a través del MNES, se ha propuesto "solarizar" las 12,000 casas de la isla de Sagar en Bengala Occidental en los próximos años. Frente al éxito que ha tenido este programa en su fase inicial, se ha declarado oficialmente a Sagar como "La Isla Solar".

Además de los ahorros de emisiones contaminantes a la atmósfera, se han registrado ahorros en combustibles fósiles

Linternas solares y sistemas de iluminación residencial son actualmente usados en 225,000 casas y han contribuido a ahorros substanciales en keroseno, que de otra manera sería consumido en linternas de keroseno. Alrededor de 350,000 sistemas fotovoltaicos que cubren más de 30 diferentes aplicaciones han sido desarrollados²⁶².

Es importante mencionar que las ONG's han desempeñado un papel relevante en la operación de estos sistemas en proyectos de alumbrado rural, al propiciar la comprensión del funcionamiento de estos sistemas por parte de los usuarios, e involucrarlos en las labores de mantenimiento de los mismos, labor que ha favorecido un sentido de arraigo hacia las tecnologías en cuestión. Esto también ha generado la voluntad de los beneficiarios para pagar mensualmente una tarifa mínima que se carga para costos de mantenimiento y reposición de baterías del sistema.

²⁶¹ MNES. *Op. Cit.*, pág. 12.

²⁶² Swaran Singh, *Op. Cit.*, pág. 17.

Un programa para el uso de energía fotovoltaica para abastecer sistemas rurales de telecomunicaciones se ha ejecutado en India desde 1992, como parte de un proyecto conjunto entre el MNES y el Departamento de Telecomunicaciones de la India no sólo ha promovido la inversión extranjera para el desarrollo del sector energético renovable, también ha incentivado el crecimiento y consolidación de una industria nacional. Una planta de fabricación de paneles y sistemas fotovoltaicos se ha instalado en Siria basada en tecnología suministrada por la compañía pública "Central Electronics Limited" (CEL), que es la compañía hindú pionera en sistemas fotovoltaicos y el mayor fabricante de estos equipos entre los países en vías de desarrollo, ubicándose como el quinto fabricante de celdas de silicio cristalino a escala mundial.

Energía solar térmica en la India

Las tecnologías para el uso térmico de la energía solar también han tenido buena recepción en la India.

Alrededor de 400,000 metros cuadrados de área de colectores solares han sido instalados para variados usos que van desde calentadores de agua para uso doméstico de 50 a 100 litros de capacidad, hasta sistemas de gran capacidad (110,000 litros) para aplicaciones industriales, institucionales y comerciales. Entre los mayores usuarios de estos sistemas se encuentran hoteles, hospitales, la industria procesadora de alimentos, lecherías y fábricas textiles. Otra medida promocional es el establecimiento de "tiendas solares" en diversas ciudades para comercializar y dar servicio a productos de energía solar.²⁶³

En Morocco, a través de un esquema de riesgo compartido ("*joint venture*"), se tiene un plan para fabricar "cocinas solares", las cuales representan otra modalidad de utilización térmica de la radiación solar.

Recientemente ciertos bancos comerciales como El Banco de Canara y el Banco Unión de la India ofrecen esquemas especiales para proveer préstamos suaves a individuos para la adquisición de sistemas solares de calentamiento de agua. Asimismo, la IREDA ofrece préstamos suaves de bajo interés a usuarios e intermediarios, y subsidios a interés.

En el Plan Noveno de Desarrollo Económico (1998-2003) se fija el propósito de instalar sistemas solares de calentamiento de agua en 125,000 casas, y un cuarto de millón de metros cuadrados de colectores solares en la industria y establecimientos comerciales.

Así, la India se sitúa como uno de los países que se ha beneficiado de los resultados prácticos del aprovechamiento de las ER.

²⁶³ Swaran, *Op. Cit.*, pág. 19.

3.2. EL CASO DE MÉXICO

La historia energética y económica de México ha estado determinada en gran medida por uno de sus principales recursos: el petróleo. Gran parte de los ingresos nacionales provienen de las exportaciones de este hidrocarburo, el alza o la baja en su cotización tiene un impacto directo sobre la economía, ha sido un pilar importante en el desarrollo del país y, en ocasiones, su posesión ha conferido capacidad de negociación ante terceros. En fin, no se puede entender a México sin considerar este recurso. Por ello, como país petrolero, hemos prestado poca atención a recursos energéticos de otra índole.

En la actualidad, cuestiones como la necesidad de diversificar las fuentes de energía primaria, extender el servicio eléctrico a áreas remotas del país, conservar las reservas de energéticos de origen fósil, y proteger el ambiente, configuran un espacio de oportunidad para el aprovechamiento de los recursos renovables del país con fines energéticos.

En lo que se refiere a las cuestiones ambientales, el cambio climático como problema global exige diseñar e instrumentar políticas nacionales de mitigación de gases de efecto invernadero acordes con las circunstancias económicas y sociales del país. Las energías renovables son un medio para hacer frente al fenómeno y a la vez incentivar el desarrollo de proyectos productivos que generen beneficios económicos. Por otro lado, en el contexto internacional las ER son sujetos idóneos para el desarrollo de proyectos en el marco de los mecanismos flexibles del Protocolo de Kioto, por lo que son tecnologías con un fuerte potencial de crecimiento bajo esquemas de cooperación internacional.

En el presente apartado se revisarán aspectos generales de las ER en México, así como la situación del país frente al cambio climático.

3.2.1 Las energías renovables en México: el recurso y las instituciones

El recurso

México es un país rico en recursos energéticos fósiles y renovables. Si bien su riqueza en petróleo y sus derivados es finita, "la extensión territorial del país, su topografía y orografía, el amplio litoral, su posición geográfica y su climatología, garantizan un suministro amplio de energías renovables, más allá de los requerimientos de una población de 200 millones al finalizar el próximo siglo."²⁶⁴

²⁶⁴ Enrique Caldera Muñoz, "Energías Renovables en México: potenciales, aplicaciones y mercados", ensayo inédito, julio 1998, pág. 11.

Aunque se sabe que el recurso solar, eólico, hidráulico y biomásico del territorio nacional es de magnitud considerable, se carecen de datos que lo cuantifiquen con precisión. El conocimiento grueso que se tiene es el siguiente.

Energía solar

México se localiza geográficamente en el denominado "cinturón de máxima irradiación global". En esta región el aprovechamiento de la energía solar es una alternativa viable.

Nuestro país recibe una cantidad inmensa de radiación solar, en casi el 40% de su extensión territorial de aproximadamente 2 millones de kilómetros cuadrados se reciben unos 21 MJ/día (megajoules por día). Si se lograra convertir en energía eléctrica tan sólo el 1% de la energía solar que incide sobre el territorio nacional, ¡en un día se generaría prácticamente toda la electricidad consumida en México en 1996. El recurso es pues inmenso, pero las tecnologías para su aprovechamiento tienen que ser suficientemente baratas para en verdad resolver nuestros problemas.²⁶⁵

Se considera que algunas regiones de nuestro país como las que corresponden a los estados de Sonora y Baja California presentan los promedios de radiación más altos del planeta. Estas áreas coinciden con zonas desérticas en donde el suelo es poco productivo y se encuentran inhabitadas debido a su clima extremo, por lo que son apropiadas para la construcción de plantas solares de considerable potencia.

Se considera que más de la mitad del territorio nacional presenta una densidad energética de 5 kWh por metro cuadrado, lo cual, significa que por cada metro cuadrado se recibe una insolación suficiente para hacer funcionar un refrigerador durante una hora. Sin embargo, debemos tomar en cuenta que a través de los procesos de conversión energética –necesarios para habilitar esta energía- se pierde un porcentaje de este potencial, el cual varía dependiendo de la eficiencia del proceso.

De forma gruesa se conocen los rangos de la energía solar recibida en el territorio nacional, pero los estudios no se han realizado con el nivel de resolución necesario, para crear las bases de datos que permitan, con mayor precisión, pronosticar el comportamiento de cualquier dispositivo conversor en cualquier parte del territorio nacional.²⁶⁶

Esta carencia de información obstaculiza la sustitución de energía convencional por energía solar.

Las regiones del país que cuentan con un nivel alto de insolación son: el noroeste, el Sur y la costa del Pacífico.

²⁶⁵ Eduardo A. Rincón, *Estado del arte de la investigación en energía solar en México*, México, Cuadernos de la Fundación ICA, FICA, 1999, pág.15.

²⁶⁶ Enrique Caldera, *Op. Cit.*, pág.

Energía eólica

Aunque tampoco se poseen datos específicos del recurso eólico, diversas instituciones de investigación como el Instituto de Investigaciones Eléctricas, han dirigido importantes esfuerzos para su exploración. De acuerdo a sus observaciones indagatorias, se ha definido que diversas regiones de México presentan condiciones técnica y económicamente favorables para el aprovechamiento eoloelectrico. Entre ellas se encuentra La Ventosa, en Oaxaca; la costa de Quintana Roo; los alrededores de Pachuca, Hidalgo; el sur de Coahuila, el sur de la Península de Baja California, y el cerro de la Virgen en la ciudad de Zacatecas.

Se estima que el potencial eoloelectrico de México alcanza los cinco mil MW, con lo que se podría cubrir sin problemas aproximadamente el 25% de la capacidad total de generación eléctrica para el 2030. Sin embargo, se carece hasta ahora de un trabajo exploratorio sistemático para ubicar sitios donde se encuentra el recurso para explotación eoloelectrica.

Aunque no se tienen datos precisos, se sabe que el potencial bruto de superficie de energía eólica en el territorio nacional, dada la conformación misma del terreno, el amplio litoral, y el altiplano semidesértico, constituye una reserva probable que se sitúa entre los 50,000 y 100,000 MW de capacidad eoloelectrica instalable.

Energía minihidráulica

Estimaciones de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) ubican en el orden de 3,200 MW el potencial nacional aprovechable en pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) menores a 5 MW. Sin embargo, no se ha realizado un inventario nacional de los posibles sitios de emplazamiento y su capacidad nominal. El desarrollo de esta capacidad tiene un impacto socioeconómico muy importante, debido a las repercusiones inmediatas sobre las condiciones de vida de las poblaciones beneficiadas.

Energía de biomasa

La industria azucarera mexicana es grande; durante 1991 tuvo mas de 60 molinos de azúcar activos que generaron un volumen de bagazo de caña de azúcar de 38.1 millones de toneladas y, asumiendo que por tonelada (métrica) de caña se producen 82 kWh de electricidad, se deduce un potencial total mayor a 3,000 GWh. Por otro lado, conforme a estimaciones de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, se calcula que por cada millón de tonelada de residuos sólidos urbanos depositada en un relleno sanitario se pueden generar .07 MW de energía eléctrica.

Una adecuada administración de los recursos maderables, así como de los esquilmos de cosechas, además de los productos de plantaciones energéticas –

maderables o acuáticas- pueden proporcionar importantes cantidades de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, derivados de biomasa reciente, en donde el CO₂ simplemente se recicla.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) da seguimiento al desarrollo de diferentes tecnologías para el aprovechamiento de la biomasa y realiza trabajo experimental sobre fermentación anaeróbica de residuos orgánicos. A través de este proceso, se genera un gas combustible llamado biogas, el cual puede emplearse en todas las aplicaciones que se le dan al gas natural con un potencial de contaminación reducido.

En virtud del vasto potencial nacional de energía renovable, diversos centros de investigación e instituciones públicas, privadas y civiles del país han enfocado su misión a la investigación e impulso de las ER. Algunas de ellas se citan a continuación.

Las instituciones

En nuestro país existen diversas instituciones con una larga experiencia al servicio de la investigación, desarrollo y fomento del uso de las tecnologías de energías renovables. A continuación se enuncian algunas de ellas.

Sector Gubernamental

➤ Secretaría de Energía (SENER)

En lo que se refiere a la instrumentación política, la dependencia pública encargada de manejar la política federal del sector energía es la Secretaría de Energía. De conformidad con el artículo 33 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, propuesta por el ejecutivo federal y aprobada por el H. Congreso de la Unión el día 28 de diciembre de 1994, se establece que la Secretaría de Energía es la encargada de conducir la política energética del país. En su calidad de coordinadora del sector energía, esta dependencia,

(F)ija como propósito fundamental dentro del Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 y en el Programa de Desarrollo y Reestructuración del Sector de la Energía 1995-2000 fortalecer al sector energético nacional, a fin de aumentar su aportación a un desarrollo económico más vigoroso, *sustentable* y equitativo, garantizando la rectoría del Estado en la materia y, por esa vía, contribuir a crear un México más próspero y soberano. Con tal fin la Secretaría se ha orientado a ejecutar diferentes acciones, entre las que se encuentra:

*Promover el ahorro y uso eficiente de la energía, así como avanzar en el desarrollo y uso de las fuentes de energía no convencionales y renovables con impacto ambiental positivo.*²⁶⁷

²⁶⁷ Secretaría de Energía, *Evolución orgánica*, México, Secretaría de Energía, 1999, pág. 43, (cursivas nuestras).

➤ Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae)

El conjunto de perjuicios ambientales derivados de nuestras prácticas energéticas aunado a la necesidad de conservar recursos energéticos fósiles, ha propiciado la creación de instituciones y organismos dedicados a la búsqueda y ejecución de soluciones alrededor del mundo. México no es ajeno a esta dinámica. Mediante un decreto presidencial publicado el 28 de septiembre de 1989, se creó la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae), como un órgano integrado por diversas dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, que tiene como objeto fungir como órgano técnico de consulta en materia de ahorro de energía. Conforme al acuerdo adoptado en la Sesión Ordinaria de la Conae del 16 de marzo de 1995, corresponde a ésta fomentar el uso, aplicación y desarrollo de las energías renovables en México. En un nuevo decreto, publicado en septiembre de 1999, se establece a esta Comisión como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía.

El objeto de la Conae es fungir como órgano técnico de consulta de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como, cuando así lo soliciten, de los gobiernos de las entidades federativas, de los municipios y de los particulares, en materia de ahorro y uso eficiente de la energía y de aprovechamiento de energías renovables.

Una de las acciones más importantes para la promoción de las energías renovables en México ha sido la constitución del Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables (COFER), el cual reúne a investigadores, empresarios, miembros de asociaciones civiles y funcionarios públicos comprometidos con el desarrollo de las energías renovables en México. Los miembros del COFER sesionan periódicamente y generan documentos de análisis y posición en materia de energías renovables.

➤ Comisión Federal de Electricidad (CFE)

La CFE cuenta con una Unidad de Nuevas Fuentes de Energía, que opera en el seno de la gerencia de proyectos geotermoelectrónicos que depende de la Subdirección de Generación.

Academia e investigación

➤ Centro de Investigación en Energía (CIE-UNAM)

Este Centro pertenece a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y tiene como misión el realizar investigación básica y aplicada y de desarrollo tecnológico en torno a la generación, transmisión, conversión, almacenamiento e impactos de la energía, en particular de las fuentes renovables. Asimismo, dirige gran parte de sus esfuerzos a la impartición de asesorías y capacitación a instituciones en el área de

energía, y la formación de estudiantes, principalmente de posgrado, a través de cursos y tesis.

"En México, La UNAM se mantiene al día en el estudio de fuentes renovables de energía. Su Centro de Investigación en Energía, por ejemplo, (...) realiza investigación básica y aplicada para contribuir a la generación, transmisión, conversión, almacenamiento y uso de la energía, a través de fuentes renovables (solar, hidráulica, eólica geotérmica), además de estudiar su impacto en la sociedad. Asimismo, desarrolla estudios interinstitucionales, ofrece asesorías, imparte cursos de capacitación, forma estudiantes de posgrado y difunde conocimientos que en el área de energía genera, con el fin de contribuir en el desarrollo sustentable de México"²⁶⁸

➤ Programa Universitario de Energía (PUE-UNAM)

El Programa Universitario de Energía es un vehículo de vinculación de la UNAM que busca vincular la labor académica con las necesidades del país, y transmitir a la comunidad universitaria las características y problemáticas del sector energético nacional e internacional. Entre sus actividades se encuentra la organización de foros de consulta, coloquios, seminarios y conferencias; la publicación de informes, libros, ensayos y memorias; la concertación de convenios de colaboración con entidades externas a la Universidad: empresas, organismos gubernamentales e internacionales, etc., y el fomento de relaciones entre dependencias de la UNAM y de ésta con otras instituciones públicas y privadas, nacionales e internacionales.²⁶⁹

Entre los temas que aborda figura el uso de las energías no convencionales para generación eléctrica, térmica o mecánica y la evaluación de los impactos ambientales sociales y económicos relacionados con los sistemas energéticos. En la actualidad el PUE trabaja en un programa con el Banco Mundial para fomentar el uso de colectores solares planos en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

➤ Instituto de Ingeniería (II-UNAM)

A partir de 1975 el Instituto de Ingeniería de la UNAM ha llevado a cabo investigaciones en varios tópicos de la energía solar, entre los que se encuentra la elaboración de mapas de radiación solar, el desarrollo de superficies selectivas, espejos para concentradores solares, secadores solares, y plantas termosolares de potencia, estudios sobre desalación de agua por medio de estanques solares y análisis de las externalidades de las fuentes renovables de energía, entre otros.

➤ Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)

²⁶⁸ Juan Antonio López y Rafael Mejía Rosas, "Busca el CIE formas de energía limpias, eficientes y rentables", en la revista *UNAM hoy un enlace con la sociedad*, Año 6, Núm 31, enero-febrero, 1998, pág. 6.

²⁶⁹ <http://serpiente.dgsc.unam.mx/pue/ante.html>.

La UAM cuenta con dos Unidades en donde se realiza investigación relevante relacionada con las fuentes renovables de energía, que son la Unidad Iztapalapa y la Unidad Azcapotzalco. Estas áreas están orientadas a la investigación y la docencia en temas de ingeniería y recursos energéticos, conversión y aplicaciones de la energía solar y arquitectura bioclimática.

➤ Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)

El Instituto de Investigaciones Eléctricas es un centro de reconocido prestigio a nivel internacional creado mediante un decreto presidencial publicado el 1 de diciembre de 1975. Su misión es

Promover y apoyar la innovación tecnológica para aumentar la competitividad del sector eléctrico, sus proveedores, usuarios y otras industrias con necesidades afines, mediante la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico, la consultoría y servicios técnicos especializados.²⁷⁰

El Instituto cubre una extensa gama de materias de investigación relacionadas con el sector eléctrico. En 1977 crea la Unidad de Fuentes no Convencionales de Energía, que se especializa en la investigación y ejecución de proyectos de aprovechamiento. Sus objetivos son:

- Asesoría en la implantación, seguimiento y evaluación de programas de electrificación rural con energías no convencionales;
- Desarrollo de proyectos de electrificación en sitios remotos;
- Evaluación del potencial energético no convencional en sitios de interés;
- Ingeniería de plantas eoloeléctricas y helioeléctricas en sitios remotos (térmicas y fotovoltaicas);
- Ingeniería de sistemas de tratamiento anaeróbico de desechos orgánicos para recuperación de energía;
- Ingeniería de sistemas híbridos solar-eólico-diesel;
- Servicios para la selección y diseño de materiales adecuados para equipos y sistemas industriales.

Con apoyo de la Dirección General de Energía de la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE), desde 1982 el IIE forma parte de la red de centros de investigación de países en vías de desarrollo, que integran el Programa de Cooperación sobre Energía y Desarrollo (COPED).

²⁷⁰ Instituto de Investigaciones Eléctricas, "Capacidad tecnológica", folleto publicado por el IIE, Editora e Impresora de Morelos, S.A. de C.V., México, contraportada.

Organizaciones no Gubernamentales

➤ Asociación Nacional de Energía Solar (ANES)

Los esfuerzos de diversos sectores involucrados en el aprovechamiento de las ER confluyen en la "Asociación Nacional de Energía Solar", organismo civil sin fines de lucro que aglutina a fabricantes, investigadores, funcionarios públicos y desarrolladores de proyectos con ER. Esta Asociación tiene 25 de actividad, y realiza en forma anual una semana de energía solar.

➤ Centro Mexicano de Derecho Ambiental

El CEMDA tiene como su principal objetivo fungir como un centro a través del cual los distintos sectores sociales puedan apoyarse para comprender mejor el Derecho Ambiental y darle una aplicación útil a sus actividades propias, con una visión de desarrollo sustentable. El CEMDA cuenta con una división de aire y energía, en la que estudia temas jurídicos relacionados con estos elementos y el medio ambiente.

Otras instituciones que trabajan en la investigación y desarrollo de las energías renovables en México son: la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), La Universidad Iberoamericana (UIA) y otros centros de estudios estatales.

Como se ha podido observar, si bien la investigación y estudio de las energías renovables en México inicia en los años setenta con la apertura de espacios como la ANES y la División de Fuentes no Convencionales del IIE, el grado de concurrencia institucional en torno a su estudio y desarrollo ha ido en aumento. A lo largo de más de 20 años se ha formado un nutrido grupo de especialistas nacionales en la materia que continúan en una ardua labor de difusión y fomento. Sin embargo, pese a algunos intentos por unir sus esfuerzos en un trabajo de grupo, aún se carece de una estrategia coordinada para la promoción de las ER; en gran parte, debido a la falta de planes nacionales y políticas energéticas de largo plazo que consideren su importancia.

Precisamente, uno de los retos para lograr la penetración de las ER en el mercado de la energía es la organización de un frente institucional coordinado que presente propuestas y líneas de acción nacionales, y sea capaz de transmitir la existencia, importancia y beneficios del aprovechamiento de las energías renovables a los políticos y a la opinión pública.

3.2.2 Aprovechamiento de las energías renovables en México

Las energías renovables son una realidad en México desde hace ya varias décadas. La industria de la energía solar se remonta a los años cuarenta, cuando en el

Estado de Jalisco se comenzaron a fabricar sistemas solares para calentamiento de agua. El trabajo sobre investigación y desarrollo de celdas fotovoltaicas se inició en México hace más de treinta años en el CINVESTAV.

El deseo de aprovechar los beneficios de las energías renovables ha tocado a diversas Administraciones mexicanas. Durante el sexenio del presidente Luis Echeverría Álvarez se instrumentó el "Programa Tonatiuh", enfocado a utilizar la energía de la radiación solar para bombeo de agua. Se realizaron gestiones con una industria francesa de la que se adquirieron bombas que fueron instaladas en territorio nacional. Estas bombas se ubicaron en zonas rurales en donde había falta el servicio para fines médicos. Sin embargo, este proyecto se dejó en manos del sector salud carente de la experiencia necesaria para darle seguimiento. Más adelante, bajo la administración de José López Portillo se instrumentó un proyecto denominado "Sonne Tlan" (*sonne=sol* en alemán, *tlan=lugar* en náhuatl). En esta ocasión se llegó a acuerdos con una industria alemana y se instaló una planta desaladora de agua de mar en La Paz, Baja California. Asimismo, en un pueblo llamado Barrancas, muy cercano a La Paz, se hicieron aplicaciones solares para refrigeración de los productos del mar que se pescan en la región (principalmente langosta). Este proyecto tampoco lo manejó el sector energético y se perdió. Estos intentos fallidos de utilización de la energía solar para fines prácticos son altamente dañinos ya que, según el Dr. Juan José Ambríz, "vacunan el mercado", al generar desconfianza hacia estas fuentes de energía. Durante el sexenio del Lic. Miguel de la Madrid no se generaron proyectos para el aprovechamiento de las energías renovables. Bajo la administración 1988-1994 se inició una campaña dentro del PRONASOL para promover el uso de sistemas fotovoltaicos en zonas rurales alejadas de la red de suministro, y se instalaron aproximadamente 25 mil de estos sistemas en diversas regiones del país.

Actualmente la energía solar ha encontrado un nicho de mercado en el medio rural, contexto en el que resulta competitiva frente a fuentes convencionales (*vid infra* apartado sobre electrificación rural). A la fecha, se calcula que alrededor de 50 mil sistemas fotovoltaicos generan electricidad en comunidades aisladas de la red de suministro de CFE. En México, el Instituto de Investigaciones en Materiales y el Instituto de Física, ambos de la UNAM, han producido diversos materiales superconductores de alta temperatura.

Por el lado de la energía eólica, su aprovechamiento en México data de unos cuantos años atrás.

(La) Comisión Federal de Electricidad, *atenta a la situación mundial en torno al uso de las fuentes de energía y a la preservación del ambiente construyó* dos plantas eólicas piloto, en dos sitios con características diferentes, tanto en el recurso eólico como en el sistema eléctrico, con el objetivo de adentrarse en esta tecnología, reconocer sus ventajas y limitaciones, y validar su aceptabilidad al Sistema Eléctrico Nacional.²⁷¹

²⁷¹ Gerardo Hiriat I.e Bert, "México: experiencia de la Comisión Federal de Electricidad en la generación eololéctrica", ponencia presentada en el Seminario Internacional sobre la Implantación de la Generación Eololéctrica, celebrado en el Museo Tecnológico de la CFE el día 9 de noviembre de 1999, *pág.2*, (cursivas nuestras).

Estas plantas son la central eólica piloto *La Venta* y la central eólica piloto *Guerrero Negro*. La central de La Venta se encuentra situada en la población del mismo nombre en el estado de Oaxaca, a pocos kilómetros de Juchitán. Se encuentra en operaciones desde julio de 1994 y está conectada a la red eléctrica, es decir "se tiene una pequeña central eólica integrada a un gran sistema eléctrico"²⁷². Esta central consta de siete aerogeneradores daneses, marca Vestas, montados en torres de 30 metros de altura y transmite 1.5 MW a la red. Después de seis años de operación el sistema ha mostrado un rendimiento que se ubica entre los más altos del mundo, sin embargo, no se ha ampliado su capacidad.

La central eólica Guerrero Negro se ubica en la península de Baja California Sur, tiene una capacidad de 600 kW (menos de la mitad de la central de La Venta), y se compone únicamente por un aerogenerador de 44 metros de diámetro montado sobre una torre de 50 metros de altura. Esta central entró en operación en el mes de diciembre de 1998. A diferencia de la central de La Venta, la planta de Guerrero Negro no se encuentra integrada a la red de suministro eléctrico, por lo que se transporta hasta una subestación diesel de donde es enviada hacia la región agrícola del Vizcaino en donde cubre parte de las demandas de energía para bombeo de agua de la población local.

En Guerrero Negro el recurso eólico es de menor intensidad que en la zona del Istmo de Tehuantepec; sin embargo, su valor adquiere proporciones importantes por las condiciones naturales y económicas de la zona. Al generarse con diesel, la electricidad tiene costos de generación altos, situación en la que el viento, por el recurso del sitio, tiene excelentes oportunidades; además, dado que la zona está considerada como Reserva de la Biósfera, la generación eólica es un complemento adecuado para la diesel por no tener emisiones contaminantes.²⁷³

Sin embargo, fuera de estos dos proyectos de la CFE la capacidad eoloelectrónica del país no ha aumentado.

La mayoría de los proyectos se han perdido en el laberinto de un marco normativo poco claro y complicado o se han detenido en el borde de una rentabilidad poco favorable, al tener que competir contra centrales de generación convencionales únicamente con base en el costo de la electricidad producida.²⁷⁴

En la actualidad ya existen instrumentos regulatorios específicos para energías renovables (*Vid. Infra*, pág 147), con los que se espera que crezca el aprovechamiento de las ER con fines de generación eléctrica.

Hoy día existen planes importantes para el desarrollo de proyectos eoloelectrónicos en la zona de la Ventosa Oaxaca. El gobierno de esta entidad pretende desarrollar

²⁷² *Ibid.*

²⁷³ *Ibid.*, pág. 5.

²⁷⁴ Jorge M. Huacuz., *Op. Cit.*, pág. 63.

2000 MW eólicos en un plazo de diez a quince años en la región de la Ventosa, Juchitán, Zanatepec, Oaxaca.

A menor escala, en el norte del país es común observar el uso de aerobombas²⁷⁵ de eje horizontal y aspas múltiples instaladas en comunidades rurales para bombeo de agua. En Chihuahua se utilizan estos dispositivos en ranchos ganaderos que por su ubicación en áreas montañosas carecen de electricidad.

En lo que se refiere a la manufactura de los aerogeneradores, en nuestro país, la empresa Fuerza Eólica del Istmo cuenta con la tecnología para fabricar generadores eólicos, y ha producido y exportado a los Estados Unidos los llamados "colibris" de 10 kW de potencia.

No obstante, en términos generales la capacidad de producción nacional de aerogeneradores necesita desarrollarse.

En 1997, México se unió al acuerdo de Implementación para la Cooperación en la Investigación y Desarrollo de Sistemas de Generación Eoloelectrónica, en el marco de la Agencia Internacional de la Energía.

En lo que se refiere a la energía hidráulica,

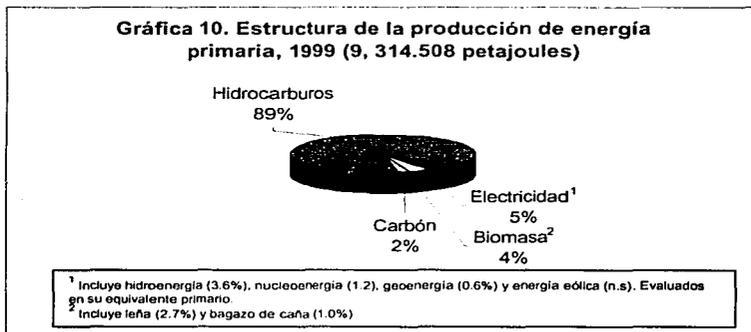
A fines del siglo pasado se construyó la primera central hidroeléctrica en el Estado de Puebla, conocida con el nombre de Portezuelos I. Durante la primera mitad del siglo XX se edificaron decenas de centrales hidroeléctricas de capacidad considerable, pero es hasta finales de los cincuenta, con la central hidroeléctrica El Infiernillo, ubicada entre los límites de Guerrero y Michoacán, que se inicia la época de las grandes centrales hidroeléctricas. Durante este periodo, CFE no consideraba la realización de proyectos hidroeléctricos menores a 40 MW. Con el resurgimiento del interés en las ER a partir de la crisis petrolera de 1973, la explotación de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) se consideró como recurso energético no convencional.²⁷⁶

El desarrollo de pequeñas plantas minihidráulicas en México se ha limitado a un pequeño número. En 1996 México contaba con 119 plantas minihidroeléctricas, cada una con una capacidad menor de 5 MW. De ese total, 36 plantas se encuentran fuera de operación, 83 en operación, 61 pertenecen al sector privado para autoconsumo, 13 son propiedad de CFE y 9 pertenecen a Luz y Fuerza del Centro (LyFC). Todas juntas abarcan una capacidad de 760 MW. El aprovechamiento de la energía hidráulica es considerable en nuestro país y durante un tiempo creció a tasas impresionantes, sin embargo, durante todo este sexenio no se ha desarrollado ningún proyecto hidroeléctrico. La energía hidráulica cubre aproximadamente el 30% de la demanda nacional de energía eléctrica. No obstante, el aprovechamiento de las pequeñas corrientes y caídas de agua -tan numerosas en ciertos estados del país- aún es limitado.

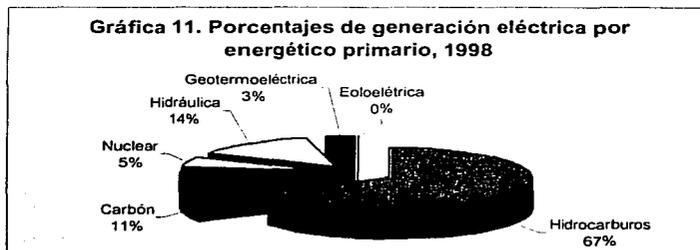
²⁷⁵ Dispositivos que transforman la energía cinética del viento en energía mecánica. Se utilizan generalmente para bombeo de agua.

²⁷⁶ Enrique Caldera, *Op. Cit.*, pág.24.

Podemos apreciar que el uso de las ER en nuestro país se reduce a proyectos puntuales y/o demostrativos, la biomasa se utiliza en su forma rudimentaria –que es la menos conveniente-, y la capacidad hidroeléctrica instalada en nuestro país emplea apenas el 16% del potencial hidráulico técnicamente aprovechable identificado. A continuación una gráfica sobre la participación porcentual de las fuentes de energía primaria en el sector energético mexicano.



Como se puede apreciar, la biomasa tiene una participación representativa, y en la categoría "electricidad" se contempla a la energía hidroeléctrica y a la energía eólica, sin embargo, es necesario aclarar que la primera concentra el mayor porcentaje en grandes proyectos de generación, y la energía eólica tiene una contribución mínima que en términos generales no es representativa, tal como se observa en la siguiente gráfica en la que se desglosan las fuentes de energía primaria en la generación de electricidad.



Con relación al estado que guardan las ER actualmente en México, el Subsecretario de Operación Energética de la Secretaría de Energía (SE), Mauricio Toussaint, manifestó que,

(d)urante este sexenio no se aprovecharon las energías renovables porque los esfuerzos se concentraron en reestructurar el sector energético tradicional, donde los trabajos se enfocaron al desarrollo e inversión en la producción y mejoramiento de combustibles de todo tipo, (...sin embargo) destacó que el desarrollo de fuentes alternas como la energía solar, eólica, la biomasa entre otras, es necesario para satisfacer las futuras demandas energéticas del país.²⁷⁷

En efecto, si bien no se ha dado de manera contundente el impulso necesario para el aprovechamiento de las ER, en nuestro país ya es sensible una política de reconocimiento a las mismas. Esto se demuestra en el incremento de las acciones institucionales para su promoción. Existe el cuestionamiento sobre si ésta es una política de fondo o es sólo una medida útil para vestir de verde una sistema energético basado en combustibles fósiles. A este respecto, el Lic. Sergio Segura Calderón, Asesor de Asuntos Internacionales de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía opinó que,

(...) no hay que tacharlo de una manera tan radical. Sea o no una política de fondo, la importancia es que se está dando y muestra continuidad.²⁷⁸

Por su parte, el Dr. Chávez Presa, Ex-Subsecretario de Política y Desarrollo de energéticos de la Secretaría de Energía afirmó que,

(p)ara el Gobierno mexicano, un plan que incluya la promoción de energía renovables es de la mayor importancia, porque éstas contribuyen de manera sustancial a diversificar la oferta, garantizar a largo plazo una oferta de energía ambientalmente sostenible y económicamente viable, y reducir las emisiones a la atmósfera; y es obvio que si aumentamos nuestras energías renovables, dispondremos de mayores excedentes para la exportación de hidrocarburos.²⁷⁹

Actualmente, bajo la Administración del C. Presidente de la República Vicente Fox Quezada, se ha fijado un compromiso nacional de contar con 2,000 MW de electricidad generada a partir de energías renovables (ER) para fines de año 2006. Por otro lado, en aras de contar con instrumentos regulatorios modernos que favorezcan la generación de energía a través de procesos limpios y eficientes, la Comisión Reguladora de Energía publicó en el Diario Oficial de la Federación del 7 de septiembre instrumentos de regulación para fuentes renovables, los cuales toman en cuenta las particularidades de sus tecnologías de generación, reconocen la

²⁷⁷ Miriam Posada García, "México no ha impulsado las Energías Renovables", *La Jornada*, México, 22 de mayo de 2000, pág. 27.

²⁷⁸ Entrevista realizada al Internacionalista Sergio Segura Calderón, Asesor de Cooperación Internacional de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, en el mes de septiembre de 1999.

²⁷⁹ Palabras del Dr. Jorge Chávez Presa, Subsecretario de Política y Desarrollo de Energéticos de la Secretaría de Energía, durante la inauguración del Seminario "Energías renovables en la agenda ambiental mexicana: perspectivas sectoriales al año 2000", México, D.F. 18 de octubre de 1999, Colegio de Ingenieros Civiles.

participación de recursos renovables en la generación de electricidad como fuentes no firmes (cuyo suministro primario de energía no es permanente), y no conllevan la aplicación de subsidios.

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía ha diseñado propuestas para la comercialización de la energía renovable, entre las que se encuentra la creación de un mercado de electricidad verde entre el sector privado. Así pues, las energías renovables se encuentran en un contexto favorable, en donde a nivel internacional las cuestiones ambientales ocupan renglones importantes de la agenda global y, a nivel nacional, existe el reconocimiento del recurso como una opción viable de generación.

Adicionalmente, la promoción de las energías renovables en México encuentra correspondencia en ciertas disposiciones legales. El artículo primero de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente* enuncia que sus disposiciones "son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable". En la fracción V del mismo artículo se establece que esta Ley busca sentar las bases para:

El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas.²⁸⁰

Este enunciado insta a encaminar nuestras prácticas hacia modelos de sostenibilidad, lo cual tiene claras implicaciones sobre el sector energía, al ser éste el motor por antonomasia de cualquier esquema de desarrollo.

3.2.2.1 Electrificación rural con fuentes renovables de energía

En México existen numerosas comunidades rurales que carecen del servicio eléctrico. La mayor parte de estas áreas corresponde a poblaciones dispersas, alejadas de la red de suministro eléctrico de la CFE y de baja densidad demográfica, características que dificultan la extensión del servicio.

En la actualidad, aproximadamente cuatro millones y medio de mexicanos carecen de electricidad. Debido a la dificultad para electrificar estas comunidades bajo métodos convencionales se ha probado y demostrado que es posible llevar algunos servicios de electricidad básicos a las comunidades más pequeñas y alejadas de la red utilizando el potencial de energéticos renovables propio de las localidades. Las energías renovables tienen la ventaja de que su aprovechamiento se realiza *in situ*, es decir, en el mismo lugar en el que se encuentra el recurso, por lo que no es necesario transportar la energía generada. De esta manera, se ha utilizado la radiación solar, la fuerza de los vientos, las pequeñas caídas de agua y la materia orgánica para generar energía.

²⁸⁰ SEMARNAP, *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, SEMARNAP, México, 1997, pág. 57.

Asimismo, debido a que las ER son de naturaleza intermitente se han instalado sistemas "híbridos" que se componen de una fuente de energía renovable y una fuente convencional que actúa como respaldo. Así, cuando no se cuenta con la disponibilidad del recurso renovable se activa el respaldo. Existen sistemas híbridos solar-diesel y solar-eólico-diesel.

Hasta la fecha se han instalado 50,000 sistemas fotovoltaicos en áreas rurales, mismos que han permitido a la población local contar con iluminación eléctrica durante las noches, ayudarse en la molienda de granos (con lo que se libera a las mujeres de la tarea de moler a mano), y contar con electricidad para el bombeo de agua.

El pueblo de Santa María Magdalena se localiza en las montañas surorientales del Estado de Hidalgo. Su ruta de arribo es accidentada y de difícil acceso y sus habitantes pocos. Por su ubicación geográfica, la red eléctrica de CFE termina a unos 10 kilómetros del pueblo y no se ha extendido debido a la baja densidad demográfica que presenta la zona. Sin embargo, hoy la población cuenta con el servicio eléctrico debido al aprovechamiento de la energía solar.

Por primera vez en los 325 años de historia de este pueblo aislado, compuesto de casas de cemento, adobe, la gente tiene electricidad. Hoy, 300 personas cuentan con tres lámparas fluorescentes en cada una de sus 40 casas. Su centro comunitario y la iglesia también tienen iluminación. Uno de sus habitantes llamado Carlos Olvera informa orgulloso a los visitantes que éste es el primer sistema de generación eléctrica en América Latina que utiliza dos fuentes naturales de energía respaldadas por diesel. Los expertos dicen que es la tendencia a futuro para las fuentes renovables de energía, pero la verdadera causa del entusiasmo de Olvera radica en su hogar. "Ayuda a los niños con sus estudios, para hacer su tarea con luz de lámparas en lugar de luz de candeliles. Tres compañeros de la comunidad ya han comprado refrigeradores. La comida no se echa a perder tan rápido. Ahora podemos tener televisión y saber lo que pasa en el mundo."²⁸¹

Resulta claro que las ER brindan la oportunidad de generar un servicio que sería imposible con métodos convencionales. Adicionalmente, más que mera iluminación, la electrificación tiene un mayor impacto social.

Creemos que es un derecho humano tener electricidad" aseveró Verónica Rascón del Programa Nacional de Solidaridad (PRONASOL), "se pueden mejorar muchas cosas: salud, educación, agricultura."²⁸²

A este respecto, resulta trascendental mencionar que los niveles de consumo energético que registra el sector agrícola de nuestro país son ínfimos. De manera general "nuestro medio agrícola no ha salido de los niveles de consumo del agricultor primitivo"²⁸³. (Ver gráfica 1, pág. 38). En su mayor parte los agricultores nacionales se sirven de instrumentos de labranza rudimentarios impulsados por su fuerza muscular y por el trabajo de sus animales de carga. Esta situación señala el imperativo de

²⁸¹ Trina Kleist, "Solar power brings electricity to villages for the first time", *The News*, domingo 7 de julio de 1991, pág. 10.

²⁸² *Ibid.*

²⁸³ Dr. Juan José Ambríz, "Curso de Inducción a la Energía", 7 de junio de 2000.

modernizar el sector agrícola a través de herramientas que utilizan energía mecánica y eléctrica en orden de elevar los niveles productivos y liberar parte de la fuerza de trabajo de la población rural. El cumplir este objetivo bajo cánones de sostenibilidad requiere el aprovechamiento de las energías renovables en el medio rural. Los proyectos piloto y demostrativos llevados a efecto en diversas comunidades demuestran que no es una propuesta quimérica la electrificación rural renovable. Electrificar el país en su totalidad es rentable bajo criterios sociales, además la inversión tiene un efecto multiplicador, por lo que también propicia beneficios económicos en el mediano plazo.

3.2.2.2 Algunos proyectos y desarrollos actuales

El proyecto eoloelectrico La Ventosa, Juchitán, Zanatepec, Oaxaca. Este proyecto cuenta con una superficie de 120,852 hectáreas, en las que se pretenden desarrollar 2000 MW durante un periodo de 10-15 años. Actualmente Oaxaca es el estado de la República que cuenta con los planes más ambiciosos para el aprovechamiento de la una fuente renovable de energía en la generación de electricidad.

La norma de sistemas solares de calentamiento de agua. Este es uno de los intentos pioneros por normalizar el uso de una fuente renovable de energía en nuestro país. En México se pretende impulsar el uso de los sistemas solares de calentamiento de agua (SSCA) en el sector doméstico, residencial y de servicios, con lo que se substituiría el consumo de gas (licuado de petróleo y natural) para tal efecto. Para lograr este objetivo, es necesario establecer una normatividad que garantice la calidad, confiabilidad y durabilidad de estos sistemas para los usuarios. A su vez, con la creación de este marco normativo para los SSCA, se busca impulsar el desarrollo de esta industria en nuestro país. La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae), junto con el grupo de expertos de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) y algunos de los industriales nacionales del ramo, han iniciado el proceso de normalización de estos sistemas con la creación de un documento de apoyo técnico a una iniciativa del Gobierno de la Ciudad de México para promover, a través de un Fideicomiso, la instalación de SSCA en el Distrito Federal. Se pretende que con esta base se elabore posteriormente un anteproyecto de norma, que a su vez, pueda dar paso a la creación de una Norma Oficial Mexicana (NOM), o en su caso, de una Norma Mexicana (NMX).

Proyectos eólicos de Fuerza Eólica S.A. de C.V. Tras la creación de los contratos de interconexión para fuentes no firmes publicados por la CRE (ver pág. 147), la empresa Fuerza Eólica, S.A. de C.V., desarrollará un total de 120 MW en tres plantas eólicas en la República Mexicana.

Otros. En la actualidad el calentamiento de agua ha mostrado funcionar correctamente con el uso de la tecnología solar. El centro libanés -ubicado en Insurgentes Sur-, y el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) poseen un sistema solar para calentamiento de agua en la alberca de sus respectivas instalaciones.

3.2.3 El sector eléctrico

La gran demanda de electricidad de las sociedades modernas ocasiona que este sector revista particular importancia. Nuestro país no es la excepción, el consumo nacional de energía eléctrica aumenta cada año y sin él, prácticamente se interrumpirían muchas de nuestras actividades cotidianas. A grandes rasgos el sector eléctrico mexicano está estructurado de la siguiente manera:

Actualmente, la capacidad instalada de energía eléctrica para servicio público en el país es de 36 mil 256 megavatios. El 41 por ciento de esta capacidad corresponde a las centrales convencionales de vapor que operan con combustóleo; 28% proviene de las plantas hidroeléctricas; 7 por ciento de las dos carboeléctricas de Coahuila; 6 por ciento de la planta dual de Petacalco que utiliza combustóleo. Un 7 por ciento de la capacidad se integra con plantas de ciclo combinado con base en gas y otro 5 por ciento por unidades de turbogás. La planta nucleoelectrica de Laguna Verde aporta 4 por ciento y las plantas geotermoelectricas 2 por ciento. El mayor desarrollo hidroeléctrico se concentra en dos zonas: la del Río Grijalva en el sureste, y la del río Balsas-Santiago, al sur y occidente del país. La primera está integrada por ocho centrales, y las de mayor capacidad son Chicoasén, Malpaso, Angostura y Peñitas. La capacidad hidroeléctrica de la zona del Balsas-Santiago, la constituyen 26 presas de muy diversos tamaños, entre las que destacan Infiernillo, Caracol y Aguamilpa, La Villita y Aguaprieta.²⁸⁴

Como podemos observar en el anterior cuadro, la mayor parte de la electricidad que consume el país proviene de fuentes fósiles, principalmente combustóleo –que es un residuo de la refinación de petróleo–, seguido por carbón, gas y turbogás. Debido a que las características de los insumos del sector eléctrico determinan la naturaleza de la electricidad generada, podemos afirmar que el 66% de este servicio es ambientalmente dañino. El 4 % correspondiente a la energía de origen nuclear que se produce en el país también ocasiona otros tipos de contaminación (vid. cap. 2.2.), con lo que esta cifra asciende a un 70%. A su vez, la electricidad como móvil de múltiples acciones condiciona el carácter de las mismas, es decir, el prender un foco se convierte en una actividad transgresora del medio ambiente en función del origen de su fuerza propulsora. De esta manera, nuestros pequeños actos llevan consigo un ingrediente de contaminación cuyo cúmulo se transforma en un desastre que avanza de manera progresiva y casi imperceptible en virtud de su cotidianeidad.

Por un lado, la naturaleza de los insumos eléctricos tiene consecuencias sobre el ambiente pero, por otro, la existencia, o en su caso, carencia del servicio, determina de manera positiva o negativa -respectivamente- al sector económico y social.

El sector eléctrico en México tiene una capacidad instalada de generación del orden de 36,000 MW, lo que significa una capacidad instalada per cápita del orden de un tercio de kW. Un país desarrollado, haciendo un uso racional, eficiente y conservativo de su energía eléctrica, requiere al menos de 1kW instalado por habitante. Para cuando la población de México alcance alrededor de los 125 millones, al finalizar el primer tercio del próximo siglo, si aspiramos a ser un país desarrollado, deberemos tener una capacidad

²⁸⁴ Academia Mexicana de Ingeniería Eléctrica y Mecánica, Comité Cívico Metropolitano, "Opinan respecto de la generación de energía eléctrica", *Uno más Uno*, México, 15 de mayo de 2000, pág.2.

instalada mínima de 125,000 MW eléctricos, es decir, casi tres y media veces la capacidad actual, o en otras palabras, hacer tres y media veces en treinta años, lo que a CFE le llevó cincuenta años en construir.²⁸⁵

Es evidente que, de manera paralela, debe crearse la infraestructura económica y productiva que demande tal capacidad, sin embargo, resultaría inadmisibles obstaculizar un desarrollo en ese sentido debido a la carencia del insumo energético.

Tenemos que tener una tasa de crecimiento más cercana al 10% que al 5%, si queremos tener un país con mayores oportunidades y empleo. El sector energía debe afrontar esta situación. En el mediano plazo se ha hablado de reestructuración del sector.²⁸⁶

En relación con las necesidades energéticas del país, la "Prospectiva del sector eléctrico 1999-2008" señala requerimientos de inversión en el sector eléctrico nacional que ascienden a 487 mil millones de pesos, necesarios para incrementar en 22 mil 248 MW la capacidad instalada de generación. Esto significa que se requieren instalar 2 mil 224 MW de capacidad adicional por año.

Si bien se necesitan inversiones para aumentar la capacidad del sector eléctrico, los problemas ambientales de la excesiva combustión de hidrocarburos indican que también se requiere buscar fuentes más limpias de generación.

Se prevé que la demanda nacional de energía eléctrica en México crezca de 17,811 megawatts (MW) en 1993 a 29,554 MW en el 2003, con un crecimiento en las ventas de 96,721 gigawatts-horas (GWh) en 1993 a 165,372 GWh en el 2003. La industria de generación y distribución eléctrica nacional mexicana, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), ha previsto la necesidad de 14,639 MW de capacidad nueva en el periodo 1993-2003 a escala nacional. Al mismo tiempo, se espera que México sea uno de los principales contribuidores a los incrementos futuros de emisiones de carbono. Una proyección estima que tales emisiones se incrementen en el futuro, de 84 millones de toneladas métricas de carbono (MMTC) por año en 1988 a 223 MMTC/año para el 2025".²⁸⁷

Se han identificado problemas estructurales en el sector eléctrico mexicano, cuya configuración que data de hace más de treinta años hoy enfrenta retos económicos y ambientales aunados a una mayor demanda esperada.

En el último año del sexenio del presidente Ernesto Zedillo, y al hacer un análisis de los aspectos más importantes de la vida nacional, la crisis de la energía eléctrica es el problema fundamental de la infraestructura económica.²⁸⁸

²⁸⁵ Enrique Caldera Muñoz, "Potencial de generación eléctrica con energías renovables en México", septiembre de 1998, pág.2.

²⁸⁶ Ing. Alberto Escofet, Tercer Congreso Nacional "El Futuro Energético de México", celebrado el día 25 y 26 de mayo de 2000, en las instalaciones del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

²⁸⁷ United States Agency for International Development (USAID), Mexico Office, Latin America and Caribbean Bureau, Draft Report "biomass-fueled electric energy generation in Mexico", Febrero 1997, pág. 7.

²⁸⁸ Academia Mexicana de Ingeniería Eléctrica y Mecánica, Comité Cívico Metropolitano, "Opinan respecto de la generación de energía eléctrica", *Uno más Uno*, México, 15 de mayo de 2000, pág.2.

En conferencia de prensa efectuada el día 6 de junio, el Director General de la Comisión Federal de Electricidad, Alfredo Elías Ayub, afirmó que el nivel de reserva operativa del sector eléctrico es de 4%, el mas bajo registrado en la historia del país.

Sobre la base de estos datos, se observa la necesidad de ampliar la participación de diversas fuentes de energía para satisfacer las necesidades crecientes del sector. En la actualidad, los esfuerzos por diversificar las fuentes de energía primaria en la generación de electricidad, se ven restringidos por la estructura centralizada que presenta la industria eléctrica, la cual impide el desarrollo de proyectos alejados de la red de suministro. Por su naturaleza local, las ER requieren de un sistema de "generación distribuida", en el que existan varios puntos de producción y despacho de electricidad. En este sentido, la reestructuración del sector eléctrico se muestra favorable al desarrollo de proyectos de ER, sin embargo, si esta medida no contempla un esquema especial para la generación a partir de fuentes renovables, puede representar per se un freno para su desarrollo, debido a que sus altos costos impiden la competencia *vis à vis* la generación convencional.

3.2.4 México frente al cambio climático en el contexto internacional

México ha participado activamente en todas las negociaciones internacionales sobre cambio climático, y fue uno de los primeros países en firmar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en 1992 (Río), misma que ratificó en 1993, adquiriendo los siguientes compromisos:

- Desarrollar, actualizar y publicar periódicamente inventarios nacionales de emisiones por fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal.
- Formular, implantar y actualizar de manera regular programas nacionales y cuando sea apropiado, regionales, que contengan tanto medidas para mitigar el cambio climático mediante el control de las emisiones de los gases de efecto invernadero, como medidas que faciliten la adecuada adaptación al cambio climático.
- Promover y cooperar en prácticas para controlar o reducir emisiones de gases de invernadero.
- Desarrollar y promover la transferencia.
- Conservar sumideros o depósitos de gases de invernadero (bosques y ecosistemas en el caso del CO₂).
- Preparar medidas de adaptación para enfrentar el cambio climático.
- Investigar las consideraciones del cambio climático en políticas sociales, económicas y ambientales con el fin de minimizar los efectos adversos de la acción antropogénica sobre el ambiente.

En conferencia de prensa efectuada el día 6 de junio, el Director General de la Comisión Federal de Electricidad, Alfredo Elías Ayub, afirmó que el nivel de reserva operativa del sector eléctrico es de 4%, el mas bajo registrado en la historia del país.

Sobre la base de estos datos, se observa la necesidad de ampliar la participación de diversas fuentes de energía para satisfacer las necesidades crecientes del sector. En la actualidad, los esfuerzos por diversificar las fuentes de energía primaria en la generación de electricidad, se ven restringidos por la estructura centralizada que presenta la industria eléctrica, la cual impide el desarrollo de proyectos alejados de la red de suministro. Por su naturaleza local, las ER requieren de un sistema de "generación distribuida", en el que existan varios puntos de producción y despacho de electricidad. En este sentido, la reestructuración del sector eléctrico se muestra favorable al desarrollo de proyectos de ER, sin embargo, si esta medida no contempla un esquema especial para la generación a partir de fuentes renovables, puede representar per se un freno para su desarrollo, debido a que sus altos costos impiden la competencia *vis à vis* la generación convencional.

3.2.4 México frente al cambio climático en el contexto internacional

México ha participado activamente en todas las negociaciones internacionales sobre cambio climático, y fue uno de los primeros países en firmar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en 1992 (Rio), misma que ratificó en 1993, adquiriendo los siguientes compromisos:

- Y Desarrollar, actualizar y publicar periódicamente inventarios nacionales de emisiones por fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal.
- Y Formular, implantar y actualizar de manera regular programas nacionales y cuando sea apropiado, regionales, que contengan tanto medidas para mitigar el cambio climático mediante el control de las emisiones de los gases de efecto invernadero, como medidas que faciliten la adecuada adaptación al cambio climático.
- Y Promover y cooperar en prácticas para controlar o reducir emisiones de gases de invernadero.
- Y Desarrollar y promover la transferencia.
- Y Conservar sumideros o depósitos de gases de invernadero (bosques y ecosistemas en el caso del CO₂).
- Y Preparar medidas de adaptación para enfrentar el cambio climático.
- Y Investigar las consideraciones del cambio climático en políticas sociales, económicas y ambientales con el fin de minimizar los efectos adversos de la acción antropogénica sobre el ambiente.

En lo que se refiere al Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, México firmó este instrumento el 9 de junio de 1998 y lo ratificó el 29 de abril del año 2000 por voto unánime en el Senado de la República. Debido a que este instrumento es de naturaleza vinculante, las siguientes disposiciones -entre otras- son ley para nuestro país:

- Realizar y actualizar en forma periódica los inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando las metodologías comparables en que convenga la Conferencia de las Partes y de conformidad con las directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales adoptadas por la Conferencia de las Partes;

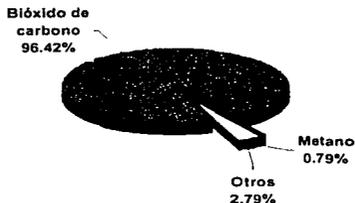
De acuerdo a información de la Semarnat,

El cumplimiento de los compromisos se ha dado a través de los resultados del Estudio de País de México sobre Cambio Climático, que comprende el inventario de emisiones antropogénicas por fuentes y sumideros, de gases de efecto invernadero; escenarios de emisiones futuras; escenarios climáticos; y estudios relativos a la vulnerabilidad potencial del país al cambio en el clima sobre la agricultura, los bosques, la hidrología, las zonas costeras, la desertificación y la sequía, los asentamientos humanos y el sector energía e industria.²⁸⁹

De esta manera se formuló el *Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero con cifras de 1990*, documento que incluye -de acuerdo a su propia clasificación- gases de invernadero directos: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O); indirectos (que contribuyen a la formación atmosférica del ozono): monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles no-metano (COVNM). De entre el anterior conjunto de gases de invernadero, se observa que el dióxido de carbono constituye el grueso de las emisiones mexicanas, tal como se ilustra en la siguiente gráfica.

²⁸⁹ www.semarnat.gob.mx

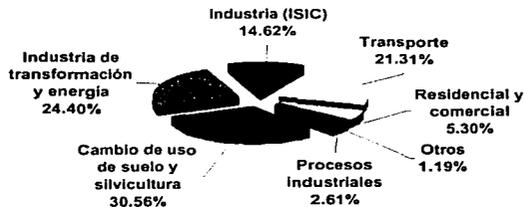
Gráfica 12. Emisiones de gases de invernadero en México, 1999 (Gg)



Fuente: Dirección de Cambio Climático-Semarnap, *Inventario Nacional de emisiones de gases de efecto invernadero con cifras de 1990, México, 1999*, pág. 2.

En el mismo documento se señala que las emisiones de gases de invernadero "proviene principalmente del uso de combustibles para la generación de energía, el cambio de uso de suelos, la agricultura, y las emisiones debidas a fugas asociadas a la producción de petróleo y gas, (y se subraya que) las emisiones del sector energético son la fuente antropogénica más importante de México"²⁹⁰. En la siguiente gráfica se muestran las emisiones de dióxido de carbono por sectores.

Gráfica 13. Emisiones de dióxido de carbono en México, 1990 (Gg)



Fuente: Dirección de Cambio Climático-Semarnap, *Inventario Nacional de emisiones de gases de efecto invernadero con cifras de 1990, México, 1999*, pág. 3.

²⁹⁰ Dirección de Cambio Climático-Semarnap, *Inventario Nacional de emisiones de gases de efecto invernadero con cifras de 1990, México, 1999*, pág. 2-3.

Para hacer frente a las emisiones de gases de invernadero por sectores, el Protocolo de Kioto establece en su artículo 3 como compromiso de las Partes no Anexo 1:

- Formular, aplicar, publicar y actualizar periódicamente programas nacionales y, en su caso, regionales que contengan medidas para mitigar el cambio climático y medidas para facilitar una adaptación adecuada al cambio climático; tales programas guardarán relación, entre otras cosas, con los sectores de la energía, el transporte y la industria así como la agricultura, la silvicultura y la gestión de los desechos.

Ante la necesidad de contar con una instancia nacional adecuada para tratar los asuntos relativos al cambio climático y hacer frente a los compromisos adquiridos, el gobierno de la República estableció en 1997 un Comité Intersecretarial formado por las siguientes instituciones:

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Secretaría de Energía (SENER)
- Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)
- Secretaría de Economía (SE)
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Peca y Alimentación (SAGARPA)
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)

Bajo la Coordinación de la entonces Semarnap, el Comité redactó el *Programa Nacional de Acción Climática*, documento en el que se señalan acciones frente al cambio climático en diversos ámbitos, entre los que figura el sector energía. En el Programa se indica que las acciones que desarrolla México para hacer frente al cambio climático en el sector de referencia se concentran en los siguientes rubros:

- Una mayor producción y consumo de gas natural.²⁹¹
- El mejoramiento de la calidad de los combustibles
- El aprovechamiento de fuentes renovables económicamente rentables.
- El ahorro y uso eficiente de la energía.²⁹²

Se hace hincapié en que las anteriores medidas no tienen efectos negativos sobre la economía nacional, y son congruentes con las recomendaciones del IPCC. Como resultado de dichas políticas, de 1990 a 1996 el consumo de energía aumentó 16.4 %

²⁹¹ De 1990 a 1996 el consumo de gas natural aumentó 40.3 %, mientras que el de combustóleo disminuyó en 7.3 %.

²⁹² Comité Intergubernamental para el Cambio Climático, *Programa Nacional de Acción Climática. Documento para Consulta Pública*, México, 2000, pág. 67.

mientras que las emisiones de CO₂ lo hicieron en 15.9, y se estima que el conjunto de acciones desarrolladas por el sector de energía durante 1990 y 1996, contribuyó a evitar la emisión de 27.7 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera.²⁹³ Pág. 74

En 1989 se crea la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) con el mandato de promover la eficiencia energética y el aprovechamiento de las energías renovables, y se constituye el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE). Posteriormente, en 1990 se creó el Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE). La Dirección de Cambio Climático del INE es la instancia encargada de conducir la política de México en cuestión de cambio climático.

El Comité intersecretarial también se encarga de planificar conjuntamente las políticas y la postura de México en las reuniones de la Conferencia de las Partes.

Por otro lado México, al igual que los países no Anexo I deberá:

- Cooperar en el plano internacional, recurriendo, según proceda, a órganos existentes en la elaboración y la ejecución de programas de educación y capacitación que, prevean el fomento de la creación de capacidad nacional, en particular capacidad humana e institucional, y el intercambio o la adscripción de personal encargado de formar especialistas en esta esfera, en particular para los países en desarrollo, y promoverán tales actividades, y facilitarán en el plano nacional el conocimiento público de la información sobre el cambio climático y el acceso del público a ésta.

A este respecto,

de 1993 a la fecha, el gobierno mexicano ha organizado estudios, talleres, publicaciones y conferencias, tanto nacionales como internacionales, sobre inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero, vulnerabilidad, mitigación y adaptación al cambio climático.²⁹⁴

Así se formuló en un estudio de vulnerabilidad de país frente al cambio climático, en el que se han identificado los probables riesgos que afectarían a la zonas norte, centro y sur del territorio nacional (ver tabla).

Tabla 10. Vulnerabilidad de la República Mexicana frente al cambio climático

Zona norte

En caso de que se presentara una duplicación en las concentraciones atmosféricas de CO₂, 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

²⁹³ Secretaría de Energía, *Acciones de Mitigación de Gases Efecto Invernadero realizadas por el sector energético mexicano durante el periodo de 1990 - 1996*, Secretaría de Energía.

²⁹⁴ www.semarnat.gob.mx

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.

Fuente: www.semarnat.gob.mx

En lo que respecta a la creación de un mercado internacional de captura o mitigación de carbono a través del mecanismo de desarrollo limpio estipulado en el artículo 12 del Protocolo de Kioto, México presenta enormes ventajas comparativas para ofrecer competitivamente estos servicios a los países Anexo I, lo que permitiría atraer capitales y resolver colateralmente problemas ambientales apremiantes, además de contribuir a la generación de empleos y nuevas fuentes de ingreso.

(Se estima que) un programa para la explotación del potencial (eólico) económicamente aprovechable a 14 años podría significar la creación de treinta mil empleos directos y otros treinta mil indirectos, la adición de un promedio de 360 MW anuales de capacidad adicional, el ahorro anual de 17 millones de barriles de combustible y evitaría la emisión a la atmósfera de nueve millones de toneladas anuales de gases con efecto invernadero. (Además), las industrias eléctrica y metalmeccánica del país tienen un grado de desarrollo adecuado para asimilar la tecnología de aerogeneradores para producción local, tal como ocurre actualmente en la India y España. De manera importante, un programa de esta naturaleza podría fomentar la aportación de capitales privados del orden de 450 millones de dólares anuales para la construcción de mayor capacidad de generación para las necesidades futuras del país.²⁹⁵

Es importante subrayar que las ER son sujetos idóneos para el desarrollo de proyectos bajo este mecanismo debido a las repercusiones positivas de su aprovechamiento para el medio ambiente mundial. A nivel nacional, en México existe el potencial para desarrollar una importante industria de equipos y sistemas relacionados con las energía renovables en las siguientes ramas:

²⁹⁵ Jorge Huacuz, *Op. Cit.*, pág. 63.

- **Materiales:** metales, plásticos, cerámicos
- **Elementos:** cajas, soportés, cables, torres, tubos, baterías
- **Equipos:** generadores, transmisiones
- **Sistemas:** de medición y control; de transmisión y distribución²⁹⁶

Además, en función de la localización del recurso, las ER pueden constituirse en motor de desarrollos regionales en las siguientes entidades federativas:

- Oaxaca, Zacatecas, Hidalgo - energía eólica
- Chiapas, Veracruz, Puebla, Tabasco – energía minihidráulica
- Michoacán, Guerrero – energía de la biomasa²⁹⁷

Así como en otros estados que presentan altos grados de insolación y/o cuentan con recursos de ER en regiones específicas. En el contexto latinoamericano, especialistas de la Conae opinan que las ER pueden ser un elemento importante para el desarrollo de proyectos productivos en el marco del Plan Puebla-Panamá.

Por otro lado, aunque

México genera menos del 2% de las emisiones per cápita de gases invernadero, y se sitúa en el lugar número 13 en lo que respecta a emisiones de dióxido de carbono a escala mundial.²⁹⁸

En la política nacional se ha comenzado a hacer referencia a la necesidad de reducir las emisiones nacionales de dichos gases. En el área de crecimiento con calidad del *Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006* se señala que uno de los pilares del crecimiento económico con calidad es el uso sustentable de los recursos naturales y el respeto absoluto al medio ambiente, por lo que se asume como Objetivo rector 5 el crear condiciones para un desarrollo sustentable. Para la consecución del anterior objetivo se reconoce la necesidad de promover el uso sustentable de los recursos naturales y avanzar en la mitigación de las emisiones de gases de efecto de invernadero.

Por ello, aunque México no tenga compromisos cuantitativos de reducción de emisiones, el aprovechamiento de las ER puede constituir un elemento benéfico en la política nacional, al favorecer el desarrollo sostenible mediante el suministro de energía para proyectos productivos, la atracción de inversiones a cambio de créditos

²⁹⁶ Odón de Buen R., "*Desarrollo de las Energías Renovables en México: la perspectiva de la Conae*", ponencia presentada en el encuentro de alto nivel "Mejores prácticas en energías renovables: compartiendo experiencias para el desarrollo de mercados", Cocoyoc, Morelos, junio de 2001.

²⁹⁷ Idem.

²⁹⁸ Claudia Sheinbaum, et. al., "Greenhouse gas energy scenarios for Mexico in year 2020, and mitigation potential of renewable technologies, en *Memorias del ISES Millennium Solar Forum 2000 Mexico*, Ciudad de México, 17-22

de septiembre de 2000, pág 775.

de CO₂, la creación de empleos y de una industria nacional del ramo, la conservación de recursos petroleros y gasíferos, y la protección del ambiente.

Los beneficios consustanciales a la generación de energía a partir de ER se pueden constatar en países como Alemania, España y la India, entre otros muchos, por lo que expertos en el campo de las ER opinan que

Las experiencias ajenas demuestran también que la voluntad política, traducida en objetivos precisos y en mecanismos operativos claros, ha sido el motor principal para convertir un recurso energético renovable, no contaminante y accesible, en beneficios para la sociedad.²⁹⁹

En el ámbito internacional México tiene relaciones de colaboración en materia de energías renovables con diversas instituciones y organismos internacionales, entre los que se encuentran *Sandia National Laboratories*³⁰⁰ de los Estados Unidos, y la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID).

Asimismo, diversos organismos internacionales están interesados en promover el uso de las ER en países en desarrollo, debido a la contribución de estas tecnologías en la reducción de gases de efecto invernadero. Peter Lowenthal, Vicepresidente de la Asociación de Industriales de Energía Solar de Estados Unidos expresó que la International Financing Corporation (IFC) del Banco Mundial se interesa en fomentar el uso de colectores solares debido a que esta tecnología evita emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera.

El Global Environmental Facility, GEF, (Fondo Mundial para el Medio Ambiente) provee financiamiento para programas y proyectos en países en vías de desarrollo, con objeto de alcanzar beneficios ambientales a nivel global. El GEF trabaja en cuatro aspectos: 1. Cambio climático, 2. Destrucción de la capa de ozono, 3. Biodiversidad, 4. Aguas internacionales. En el aspecto de cambio climático se pueden gestionar programas de apoyo a proyectos de ER. En cuestión de cambio climático el GEF es el es brazo financiero del Protocolo de Kioto, y está encargado de manejar los fondos internacionales para hacer frente al fenómeno, como tal, tendrá bajo su responsabilidad los tres fondos creados en el acuerdo de Bonn (ver 2.3.9, pág. 99).

Argentina ha impulsado la electrificación rural con fuentes renovables de energía a través de la negociación de un programa con el Banco Mundial llamado PERMER (Proyecto de Energía Renovables en Mercados Rurales). El BM otorgó un crédito de alrededor de 40 mdd, y un subsidio por parte del Fondo Mundial del Medio Ambiente, a través del programa de mitigación de CO₂ de alrededor de 13 mdd. Este proyecto además de financiamiento ofrece un programa de asistencia técnica para superar las barreras a la introducción de las ER.

²⁹⁹ Jorge M. Huacuz y Marco A. Borja., *Op. Cit.*, pág. 63.

³⁰⁰ Para mayor información sobre este tema ver: Debora Ley Lum, *Programa de apoyo de energías renovables de los Laboratorios Nacionales Sandia de los Estados Unidos para comunidades rurales mexicanas*, trabajo de investigación inédito, Centro Universitario México, División de Estudios Superiores, México, 2001.

Asimismo, la UE ha desarrollado diversas herramientas de colaboración entre las que se encuentra ALURE, que es un programa de cooperación energética entre la Unión Europea y América Latina, y cuyas líneas de acción promueven desarrollos energéticos con una perspectiva de sostenibilidad.

Como país en vías de desarrollo, México se ha apegado históricamente al derecho internacional para hacer valer sus causas y plantear sus necesidades ante el exterior; además, la cooperación internacional reviste especial importancia para México como uno de los principios rectores de su política exterior. El conjunto de acuerdos internacionales en materia de cambio climático y de cooperación en el campo de las ER puede ser la base que justifique acciones prácticas para el desarrollo de proyectos que, a la vez de generar beneficios económicos, sociales y ambientales, sean un eslabón en la búsqueda de un desarrollo sostenible.

Tabla 11. Capacidad instalada de ER en países seleccionados*

País	Solar	Eólica	Biomasa	Minihidráulica
Estados Unidos	350 MW	2,600 MW	6,170 MW	79,130 MW
Unión Europea	Solar térmica 6.5 millones de m ² FV 70 MW	12,700 MW	44.8 Mtep	9.3 GW
Alemania¹	Solar térmica 3,000,000 m ² Fotovoltaica 12 MW	6,100 MW	1,050 instalaciones ¹	950 MW
España	Solar Térmica 360,000 m ² FV 9,4 MW	2,300 MW	3,7 millones de Tep 202 MW	1,540 MW
Dinamarca				
India²	Solar térmica 3,000,000 m ² 372,293 estufas solares FV 825 kWp	557 MW 3,300 aerobombas	16 MW de cogeneración basada en biomasa 10 MW of biomass combined based power. 20 MW de gasificadores de biomasa-máquinas Stirling	113 MW
México	Solar térmica 328,212 m ² FV 12.92 MW	3.015 MW		76 MW

Fuente: *Elaboración personal*

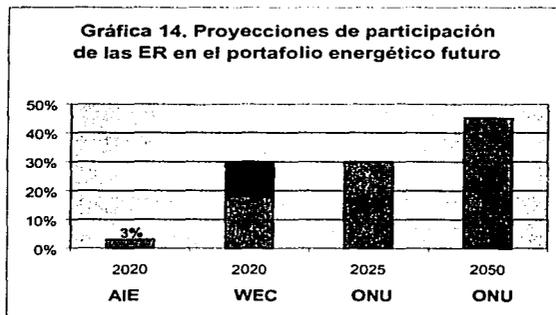
* Los datos de Alemania para energía solar, eólica y biomasa son al año 2000, y para minihidráulica al año 1996. Los datos de Estados Unidos son al año 2001. Los datos de la India son al año de 1995. Los datos de la Unión Europea son a 1995, excepto el de energía eólica que corresponde al año 2000. La información sobre México es al año 2000, y se contabilizan plantas minihidroeléctricas de menos de 5 MW, y en la UE y España se consideran las de menos de 10 MW.

3.3 PROSPECTIVA

La creciente importancia de las ER como opciones de generación de energía ha motivado la elaboración de estudios sobre sus posibilidades de participación en la mezcla energética futura. Instituciones como la Organización de las Naciones Unidas, la Agencia Internacional de la Energía, y el Consejo Mundial de la Energía (WEC por sus siglas en inglés), han destinado esfuerzos a valorar el papel que pueden jugar en el futuro energético del mundo.

La Agencia Internacional de la Energía (*World Energy Outlook*, 1995) pronostica que el crecimiento anual en el uso comercial de las “nuevas” energías renovables estará entre 7.5 y 8.5% de aquí al año 2010. Sin embargo, en su documento *World Energy Outlook 2000* señala que pese a sus altas tasas de crecimiento, la participación de las ER dentro del total mundial de energía será de sólo 3%, es decir, un 1 por ciento por encima del 2% actual.³⁰¹

Por otro lado, de acuerdo a datos de 1993, el Consejo Mundial de la Energía considera que la participación de las ER entre las fuentes de energía primaria se ubicará entre 18 y 30% a escala mundial en el año 2020, y estimaciones de las Naciones Unidas prevén una contribución de las ER a la oferta energética mundial de 30% para el año 2025 y de 45% para el año 2050. A continuación una gráfica ilustrativa.



Fuente: Elaboración personal

³⁰¹ International Energy Agency, *World Energy Outlook 2000*, IEA, Paris, 2000.

Podemos observar que las proyecciones del WEC y de la ONU asignan un valor considerable a la participación de las ER en el mediano plazo. Lo anterior se debe a que en su cálculo se manejaron escenarios con restricciones ambientales, tales como la reducción de emisiones de CO₂, mientras que las investigaciones de la AIE manejan políticas más conservadoras. Estos resultados permiten establecer una correspondencia entre el grado de aprovechamiento de las ER y las acciones frente al cambio climático.

De acuerdo con el Consejo Mundial de la Energía, un elemento esencial para estabilizar las emisiones de CO₂ hacia el año 2020, a los niveles pactados en 1990, estaría dado por una contribución de 30% de las energías renovables al suministro energético mundial.³⁰²

Por lo cual se considera que,

Bajo políticas de mitigación el carbón, (...) las industrias y servicios de energías renovables pueden beneficiarse en el largo plazo de los cambios de precios, y la disponibilidad de recursos financieros y de otro tipo que en otras circunstancias habrían sido destinados a sectores intensivos en carbono.³⁰³

En la actualidad, ya es sensible la influencia del fenómeno en el diseño y establecimiento de políticas favorables al aprovechamiento de las ER en diversos países.

A pesar de que el Protocolo de Kioto aún no ha entrado en vigor, la mayoría de los países miembros de la IEA han comenzado a tomar medidas domésticas encaminadas a reducir emisiones de gases de efecto invernadero del sector energía. Más de 400 políticas y medidas han sido adoptadas en áreas como impuestos y regulación, acuerdos voluntarios, e investigación y desarrollo.³⁰⁴

Dichas medidas han iniciado la configuración de espacios para la participación de las ER, e influenciarán su desenvolvimiento en los próximos años. No obstante, se ha cuestionado su efectividad para cumplir con los compromisos internacionales de reducción de emisiones.

A pesar de las políticas y medidas planeadas o instrumentadas en los países de la OCDE, las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en el año 2010 continuarán siendo significativamente mayores que los objetivos establecidos en el Protocolo de Kioto.³⁰⁵

Por su parte, El IPCC señala en su Tercer Reporte que el logro de reducciones significativas en las emisiones de gases de invernadero es técnicamente viable debido a la existencia de un extenso conjunto de tecnologías en los sectores de suministro de

³⁰² Villamar Huacuz, Jorge, "Energías renovables en la oferta energética nacional", en *Boletín IIE*, septiembre-octubre, 1999, vol. 23, núm 5, pág. 196.

³⁰³ Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Op. Cit.*, pág. 11.

³⁰⁴ International Energy Agency, *Findings of Recent IEA Work 2001*, IEA, Paris, 2001, pág. 23.

³⁰⁵ International Energy Agency, *World Energy ...*, *Op. Cit.*, IEA, Paris, 2000.

energía, demanda de energía, agricultura y bosques. Sin embargo, señala que la realización de dichas reducciones implica el desarrollo e implementación de políticas de apoyo para superar las barreras de la difusión de estas tecnologías en el mercado, incrementar los fondos para investigación y desarrollo, y facilitar una efectiva transferencia de tecnología.

Las anteriores consideraciones son indicativo de la necesidad de redoblar y coordinar los esfuerzos de fomento a las ER, en la búsqueda de canales para su inserción en el conocimiento social del mundo y el aprovechamiento de sus beneficios ambientales y económicos. Aunque en la actualidad las ER tienen una participación marginal que, según estimaciones de la AIE mantendrán durante las siguientes décadas, es necesario considerar que son las opciones energéticas que registran las mayores tasas de crecimiento, por lo que eventualmente pueden adquirir un rol central como fuentes de suministro.

Tabla 12. Tendencias globales en usos de la energía por fuente. 1990-1997

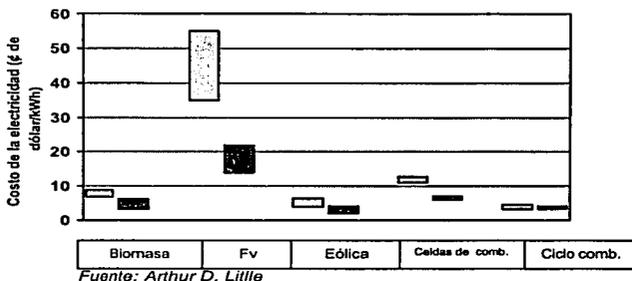
Fuente de energía	Tasa anual de crecimiento
Energía eólica	25.7%
Energía solar	16.8%
Energía geotérmica	3.0
Gas natural	2.1
Energía hidroeléctrica	1.6
Petróleo	1.4
Carbón	1.2
Energía nuclear	0.6

Fuente: Worldwatch Institute

Estas tendencias muestran la apertura incipiente de espacios para la participación de las ER. La tasa anual de crecimiento de la energía eólica está por encima de 25% anual, y otras renovables como la solar y la biomasa continúan creciendo a medida que los costos bajan. En los últimos años, el costo de las tecnologías para su transformación ha registrado un vertiginoso descenso, como lo demuestra la reducción de 50% en los costos de la generación eólica entre 1992 y 1997, y de 25% para la fotovoltaica durante el mismo periodo.

Proyecciones a futuro de la consultoría Arthur D. Little estiman que las reducciones en costos se acentuarán en los próximos años, tal como se muestra en el siguiente cuadro, en el que la primera columna indica costos del año 2000 y la segunda columna muestra la proyección para el año 2010.

Gráfica 15. Costos de algunas tecnologías de ER al año 2000 con proyecciones al 2010



Sin embargo, la reducción en costos no garantizará por sí misma el crecimiento futuro en el uso de las ER, su desarrollo dependerá de otros factores entre los que figura el devenir de las negociaciones sobre cambio climático. Si se implementa el Protocolo de Kioto y se refuerza continuamente, tiene el potencial de precipitar importantes cambios en las políticas energéticas a nivel mundial, acelerar el desarrollo comercial de tecnologías clave y establecer la base para reducciones en emisiones más dramáticas en próximas décadas.

De acuerdo con el Tercer Reporte del IPCC, entre las tecnologías capaces de penetrar el mercado hacia el año 2010 se encuentran

la quema simultánea de carbón con biomasa, la gasificación de combustible de madera, sistemas fotovoltaicos más eficientes, las plantas eólicas en altamar (off-shore), y los biocombustibles basados en el etanol. La biomasa, basada principalmente en desperdicios y subproductos agrícolas y forestales y la energía eólica son potencialmente capaces de hacer contribuciones mayores a la mitigación de CO₂ para el año 2020. En lo que se refiere a energía solar, mientras se espera que los costos de la energía solar decaigan substancialmente, lo más seguro es que continúe siendo una opción costosa en el 2020 para generación central, pero lo más probable es que continúe contribuyendo en nichos de mercado y en generación no interconectada.³⁰⁶

Aunque las estimaciones en torno a la participación futura de las ER son diversas, las tendencias en sus costos y sus tasas de crecimiento, aunadas al contexto actual de las negociaciones sobre cambio climático crean expectativas favorables sobre un creciente aprovechamiento de las energías renovables en la satisfacción de las necesidades energéticas del mundo.

³⁰⁶ Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Op. Cit.*, pág. 40.

CONCLUSIONES GENERALES

*... esa energía que se encuentra en el universo y
que es el universo mismo*

La energía se dispersa en su cotidianeidad al grado de ser más sensible cuando no existe que cuando está presente. La capacidad de sustraer de lo abstracto lo posible le da un carácter fantástico que la confunde entre lo real y el imaginario. Sin embargo, es indudable que los servicios prácticos que ofrece han sido, son y serán indispensables en el devenir de la humanidad, que ha utilizado desde la energía muscular hasta el átomo, en una carrera por obtener este elemento por diversos medios y cada vez en mayores proporciones. Precisamente, el esfuerzo del hombre por entender y manejar la energía ha determinado en gran medida las condiciones de su propia existencia y ha definido el decurso histórico.

Los avances en la relación ser humano-energía han sido causa y efecto de transformaciones en nuestra manera de aproximarnos al mundo. Como pudo apreciarse en el primer capítulo, las primeras manifestaciones culturales datan del descubrimiento de la hoguera, hecho que demuestra un vínculo entre una fuente de energía y un sustantivo avance en la reflexión del hombre. Y así, al correr de los tiempos, la humanidad ha aprendido y adoptado diversas formas de manejar la energía y sus transformaciones. El desarrollo de la agricultura, la fundición de metales, la revolución industrial, los programas espaciales y demás sucesos que han configurado el presente, son producto de descubrimientos y cambios en el manejo de la energía; cada uno de ellos ha trastocado lo establecido y ha descubierto la perpetua posibilidad de lo inédito. La energía ha ampliado nuestros márgenes en la construcción del mundo, los progresos en su entendimiento han liberado nuestros parámetros conceptuales y han abierto el camino a nuevos estadios de la historia humana.

No obstante, en la actualidad, esta energía que ha derribado límites nos muestra otros. Fenómenos como el cambio climático y la lluvia ácida, asociados al aumento en las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera, subproducto de la combustión de recursos energéticos fósiles, nos advierten los inconvenientes de la energía que ha potenciado al mundo durante poco más de dos siglos. Los energéticos de origen fósil han sido elementos cardinales en la construcción del mundo moderno y cimiento de innumerables beneficios debido a su enorme contenido energético; sin embargo, diversas señales anuncian que ya no es su momento. A los efectos ambientales de la producción y consumo de energía de origen fósil se añadan las agravantes políticas y sociales de su distribución inequitativa en el globo, y los límites de su naturaleza finita. Dichos problemas indican que la prolongación indefinida en el tiempo de la economía de lo combustibles fósiles actúa como un freno en la construcción de un desarrollo equitativo y respetuoso de su contexto biofísico.

Por ello, la búsqueda de un desarrollo sostenible exige reconsiderar tanto la cantidad como la naturaleza de la energía.

En lo que respecta a los problemas ambientales —objeto de la presente tesis—, es necesario considerar que la mayor parte de los peligros potenciales en una hogar están relacionados a un mal manejo de la energía (fugas de gas, electricidad, calor, etc.), y lo mismo ocurre en nuestra casa global. Si bien en un principio se observaron fenómenos de contaminación local como resultado de la producción y consumo de energía (primera generación de problemas ambientales, ver 1.3 pág. 27), actualmente se advierten efectos lesivos de dimensiones mayores (segunda generación de problemas ambientales, ver 1.3 pág. 27).

Así, a partir del Informe de la Comisión Bruntland los problemas de contaminación a consecuencia del uso de la energía han sido un tema recurrente en diversas reuniones y cumbres internacionales sobre ambiente y desarrollo.

Actualmente, el cambio climático como fenómeno global que amenaza las condiciones climáticas del planeta (ver cap. 1.3) ocupa un renglón prioritario en la agenda ambiental internacional. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de 1992 es el inicio de una movilización internacional marcada por reticencias y voluntades que hoy se aprecian en las vicisitudes que enfrenta la entrada en operación de su Protocolo de Kioto, que ha enfrentado fuertes contrariedades políticas al ser el instrumento ambiental internacional de mayores repercusiones económicas.

Además, las dificultades que afronta este mecanismo son reflejo de las circunstancias propias de las Partes involucradas. Así, los Estados Unidos, la Unión Europea, el G-77 más China, la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), y la Alianza de Pequeños Estados Insulares (AOSIS), mantienen posiciones particulares durante las negociaciones sobre cambio climático.

No obstante, dadas las previstas consecuencias devastadoras del fenómeno, es necesario que las naciones reconozcan y atiendan el principio de precautoriedad enunciado en Río y en Kioto frente al inmediatismo³⁰⁶ que se enfoca exclusivamente sobre las necesidades actuales y los problemas en el corto plazo.

En un espectro más amplio, el destino de este instrumento tendrá importantes implicaciones en la búsqueda de un desarrollo sostenible, al incidir en la modificación de prácticas convencionales de producción y de consumo contrarias a la protección del ambiente y el bienestar social.

³⁰⁶ En el capítulo III del libro *El orden mundial emergente* de Carlos A. de Icaza y José Rivera Banuet, se considera que el inmediatismo constituye una de las modalidades en que se expresa la crisis de valores de nuestra época y, particularmente, de la sociedad de consumo.

Con el Protocolo de Kioto se ha establecido una arquitectura jurídica internacional orientada a regular el acceso y la protección de un bien común. Los reveses que ha sufrido su negociación han sido superados por los éxitos registrados en las reuniones de Bonn y Marrakech (COP 6.2 y COP 7), y actualmente se cuenta con un instrumento ratificable.

El Acuerdo alcanzado en Marrakech reviste gran importancia política al demostrar que los procesos multilaterales al nivel de las Naciones Unidas pueden afrontar uno de los retos globales más importantes al inicio del siglo XXI. De esta manera, el Derecho Internacional Ambiental se erige como un instrumento para que el poder de la política internacional vele por el derecho de los pueblos al desarrollo y a la calidad de vida.

Por otro lado, de la revisión del desarrollo de la negociación internacional en la materia (ver 2.3) se puede asumir que la permanencia y ascensión jerárquica de este tema en las agendas señala el requerimiento de cambios estructurales en la relación ser humano energía. Sin embargo, en los albores del siglo XXI este cambio paradigmático debe ser producto de su tiempo, por ello, más que una recusación de la ciencia y la tecnología como parte de los problemas actuales, ambas deben ser consideradas como elementos clave de su solución.

Las tecnologías de aprovechamiento de las energías renovables ofrecen la posibilidad práctica de obtener energía útil a partir de fuentes inagotables, mucho más limpias que las convencionales, y distribuidas más uniformemente en el planeta.

Sin embargo, una de las grandes barreras para el incremento del uso de fuentes renovables de energía son los altos costos de esta tecnología. "Es necesario cambiar los indicadores macroeconómicos y hacer las cuentas nacionales de acuerdo con la calidad de vida del país"³⁰⁷. En efecto, es necesario cambiar los parámetros para la evaluación de la rentabilidad de un proyecto. Tomando en consideración que las ER compiten frente a las fuentes de energía fósil, es necesario advertir dos aspectos: por un lado, el precio final de la energía convencional está subsidiado, por lo que su cotización no refleja el costo real de su generación. Por otro lado, los vastos daños ambientales causados durante el proceso de producción, distribución y consumo de energía fósil no son contabilizados en el precio del producto, es decir, son daños hasta ahora invisibles en el mercado. Esto ocasiona que los combustibles fósiles estén cargados de ventajas ficticias frente a las ER. Sin embargo, la naturaleza tiene un valor, y se ha propuesto integrarlo a los cálculos económicos para introducirlo dentro del precio final de un producto.

La energía renovable no produce contaminación severa de rutina, sus costos se reducen con rapidez, representa un suministro seguro de energía -resistente a crisis económicas y políticas-, tiene el potencial para satisfacer el grueso de las necesidades

³⁰⁷ Dr. Manuel Martínez, "El papel de la investigación en el desarrollo de las energías renovables en México", ponencia presentada en el seminario "Las energías renovables en la agenda ambiental mexicana", organizado por el Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES), octubre de 1999.

mundiales presentes y futuras y es inagotable en términos de la vida del ser humano en el planeta.

Al no emitir gases de efecto invernadero las energías renovables se ubican como un importante instrumento en la lucha frente al cambio climático; además, como se observó en el caso de España, la industria de las energías renovables contribuye a la creación de empleos y ha generado importantes derramas económicas a nivel regional y local, integrando a provincias en actividades productivas. Con las divergencias propias de cada caso, el valor económico de las energías renovables también se aprecia en países como Alemania y la India (ver Cap. 3.1).

Las energías renovables son estratégicas, ya que vinculan la seguridad energética, la ambiental, el cumplimiento de compromisos internacionales, y constituyen activos para futuras generaciones al salvaguardar las condiciones naturales del planeta. En este punto, el debate en torno a la cuestión energética se articula con una corriente que consigna una conciencia intergeneracional y un cambio de actitudes hacia el entorno y la sociedad: el desarrollo sostenible.

El inicio cronológico del siglo XXI abre una nueva etapa en la historia de la humanidad. Los patrones de producción y de consumo heredados de la Revolución Industrial han impulsado un acelerado crecimiento económico en ciertos puntos del orbe que hoy muestra sus límites sociales y ambientales en magnitudes extremas. El incremento de la pobreza en el mundo y los daños al ambiente, son efectos de un modelo de desarrollo que los concibe como *externalidades* y no como parte del sistema. Bajo dicha lógica, se ha arribado a una situación de crisis en donde la búsqueda de nuevos valores que guíen el progreso ha cristalizado en la concepción de desarrollo sostenible, noción que concibe al desarrollo como aquel que protege las bases naturales, sociales y económicas para su propia reproducción en el tiempo. De esta manera, el resguardo del ambiente se erige como requisito indispensable para mantener las condiciones que hacen posible la vida en el planeta, y garantizar el bienestar de la presente y futuras generaciones.

Al ser el lenguaje la manifestación expresa de un orden de cosas, la aparición de un nuevo término crea un puente hacia su transformación. Su propia aparición da cuenta de una situación de crisis de las prácticas convencionales hecha sensible en la arena internacional. Las energías renovables se sitúan como alternativas energéticas compatibles con la búsqueda de un desarrollo sostenible, debido a que sus impactos ambientales negativos son mínimos y por su naturaleza *in situ* contribuyen al desarrollo local.

Actualmente, la necesidad de cambio en el sector energía es reconocida por diversos individuos y grupos alrededor del mundo; sin embargo, su operación se encuentra obstruida por intereses económicos, políticos e inercias sociales que se han erigido sobre la actual base energética.

En el ámbito económico se encuentran los individuos y grupos que han hecho grandes inversiones y se benefician de la industria de los combustibles fósiles.

Socialmente, la tendencia a prolongar patrones, aunada a la falta de conocimiento sobre alternativas energéticas viables actúa como un freno al aprovechamiento de fuentes de energía ajenas a las convencionales. En el aspecto político,

uno de los problemas es que a los gobernantes les cuesta pensar a largo plazo. Los políticos quieren ser reelegidos, y las elecciones son cada cuatro o cinco años. Pero los problemas de los que estamos hablando -ecología, investigación de vanguardia, bioética- deben plantearse con cientos de años de antelación. Tenemos que hacer que la democracia incluya entre sus fórmulas el pensamiento a largo plazo. Es necesario que los políticos tomen decisiones costosas, aunque éstas no sean muy populares. Los políticos prefieren tomar medidas fáciles y baratas porque en la lógica actual es totalmente contradictorio mirar al futuro y pretender ser reelegido.³⁰⁸

Así, los fantasmas de la apatía, el desconocimiento, la comodidad y los intereses cobijados por el *status quo* obstruyen el cambio.

Pero el futuro requiere energía y también protección del ambiente. Resulta paradójico y contradictorio que en la búsqueda de mantener y elevar los niveles de vida se degrade progresivamente la calidad de vida que proclama Estocolmo y Río. Precisamente, el *Informe sobre Desarrollo Humano 2000* publicado por el PNUD, llega a la conclusión de que en el s. XXI se lograrán avances sólo enfrentando intereses económicos y políticos muy afianzados, lo cual nos anuncia la necesidad de cambios de naturaleza estructural para superar los retos de nuestros tiempos, entre los que se encuentra la protección de las condiciones vitales del planeta.

En los países en desarrollo el crecimiento económico esperado no puede estar condicionado a un aumento en la polución, por lo que sólo se evitará reproducir las secuelas de contaminación en que incurrieron los países de industrialización temprana en la medida en que se reformulen procesos de producción y prácticas de consumo en torno a la energía. En una de las audiencias de la COP-6 se advirtió que la reticencia de algunos países desarrollados para asumir los compromisos de Kioto destinará a los países en desarrollo a seguir sus mismos patrones de crecimiento, fenómeno que tendrá consecuencias graves a escala global.

Esta advertencia de crisis de las prácticas convencionales y la dificultad para incorporar nuevos estilos de producción y consumo nos sitúa en un periodo de transición en que, como enunciara Gramsci, "lo viejo está muriendo y lo nuevo no termina de nacer, y en este *interregnum* se da entonces una gran diversidad de síntomas moribundos".

Uno de estos síntomas se refleja en los problemas ambientales de la era moderna y en la crisis del desarrollo que ha sido entendida como una crisis de civilización. La energía, como insumo básico de toda actividad, experimenta estos mismos avatares.

³⁰⁸ Hubert Reeves, revista *Muy interesante*, México, enero-diciembre de 1994, pág. 45.

Según el historiador Fernand Braudel, la humanidad ha realizado cambios en el uso de la energía cuando se ha encontrado frente a un muro de ladrillos (brick-wall) que le impide prolongar su camino.

La revisión de los diversos problemas asociados al consumo de energía de origen fósil señala que en esta metáfora el muro de ladrillos cada vez presenta un mayor grosor y existen algunos indicios que indican que se ha comenzado a perforar dicho muro.

Las impresionantes tasas de crecimiento en el uso de fuentes de energía renovable que se registran en diversos países europeos dan muestras claras de cambios tangibles y presentes. Asimismo, las metas fijadas por la Unión Europea para satisfacer el 50% de sus demandas energéticas con ER para el año 2050 vaticinan el crecimiento en la participación de las energías renovables entre las fuentes de energía primaria. Por otro lado, diversas empresas petroleras han comenzado a crear filiales y subsidiarias en el ramo de las energías renovables, British Petroleum y Atlantic Bridgefield instituyeron sus filiales BP Solar y Solarex respectivamente, mismas que posteriormente fusionaron bajo el nombre de BP Solarex; Enron, el gigante del gas natural también participa de esta introducción al campo de las energías renovables, y Siemens posee su rama Siemens Solar.

Es posible apreciar que la comunidad internacional, los estados nación, el sector privado y las organizaciones no gubernamentales han emprendido acciones que desde diferentes ángulos propician una mayor participación de las energías renovables como fuentes de energía primaria. A tiempo presente, se observa que las preocupaciones ambientales, -en especial por el cambio climático-, aunadas a factores como la confiabilidad de suministro, la diversificación energética, la búsqueda de oportunidades de negocios, la tendencia hacia proyectos de desarrollo local y la reestructuración de los mercados eléctricos, abren un espacio de oportunidad favorable para el incremento gradual de la participación de las energías renovables en la oferta de energía primaria. Además, las tendencias a la baja en los costos de las tecnologías, aunadas al interés del sector privado ante las potenciales oportunidades de negocio y el contexto actual de las negociaciones sobre cambio climático permiten vislumbrar un futuro promisorio para estas tecnologías.

Tal vez sea muy pronto para hablar de un nuevo paradigma energético, pero diversas señales anuncian que en el siglo XXI las energías renovables pueden posicionarse como el motor de un desarrollo firme y perdurable en el tiempo... un desarrollo sostenible.

No debe olvidarse que detrás de estos impulsos renacentistas generalmente hay mucho trabajo y mucho tiempo. La idea de protección del ambiente tiene cerca de tres décadas en la arena internacional, y las inquietudes en materia de cambio climático suman nueve años de negociación internacional.

Con el ánimo de contextualizar la problemática que aborda la presente tesis, es importante señalar que la crisis de la energía es única en la generación actual y única en dimensiones al amenazar las condiciones que permiten la vida en el planeta, no obstante, no ha sido la única en la historia. En el antiguo Egipto se agotó la madera utilizada como combustible debido al fuerte crecimiento de la población, lo que obligó al imperio a expandirse hacia el Sur. Asimismo, Inglaterra sufrió una crisis similar en el siglo XVII que se extendió durante poco más de cien años y concluyó una vez descubierto el uso del carbón como alternativa disponible en forma constante. Actualmente, las condiciones en que nos ha situado el consumo de energía fósil demandan de nuevo un salto reflexivo que nos permita avanzar en el manejo de la energía y liberar de nuevo nuestra capacidad para desenvolvernos en un mundo que se descubre distinto y nos exige actuar en simbiosis con nuestros artificios naturales como parte de la evolución humana.

En este sentido, si bien los problemas ambientales ponen en riesgo el futuro de la humanidad y de la vida en la Tierra, también han contribuido al despertar de una conciencia planetaria al mostrar los estrechos vínculos que existen entre todos los puntos del orbe más allá de las fronteras políticas.³⁰⁹ Este cambio en la concepción del mundo parece ser la semilla de una nueva etapa en la vida del ser humano sobre la Tierra.

Si bien la energía ha sido más que el combustible de los avances materiales de la humanidad, al constituirse como un importante elemento en el desarrollo del hombre y su comprensión del universo, todavía hay mucho que aprender sobre como afectan el funcionamiento de la sociedad el tipo y magnitud de los flujos energéticos que la sostienen. Por ello, entre más conozcamos y mejor manejemos la energía desarrollamos más nuestra capacidad para actuar en el mundo, el reto ahora es hacerlo como parte del mundo al conocer mejor las causas de las cosas y sus efectos.

Una lección aprendida a lo largo de la investigación de mi trabajo de tesis es que la protección del ambiente no es sólo la parte emocional, sino también el cálculo frío, así, el desarrollo sostenible encierra un duro reto para la humanidad y a la vez una oportunidad para mostrar los verdaderos alcances de nuestra civilización en la búsqueda de un cambio *energético*.

³⁰⁹ Diversos analistas como el filósofo francés Edgar Morin reconocen que las cuestiones ambientales han contribuido a engendrar el pensamiento global al descubrir al planeta como un sistema único e interconectado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Adede, Andrónico O., *Digesto de derecho internacional ambiental 1972-1992*, México, SRE, 1995.
2. Aguayo Quezada, Sergio y Michael Bagley, Bruce (comps.), *En busca de la seguridad perdida. Aproximaciones a la seguridad nacional mexicana*, Siglo veintiuno editores, México, 1990.
3. Brañas, Raúl, *Manual de Derecho Ambiental Mexicano*, México, Fundación Mexicana para la Educación Ambiental, Fondo de Cultura Económica, 1994.
4. Brown, Lester R., *Un mundo sustentable*, Argentina, Editorial Planeta, 1994.
5. Caldera Muñoz, Enrique, "Energías Renovables en México: potenciales, aplicaciones y mercados", ensayo inédito.
6. Caldera Muñoz, Enrique, "Potencial de generación eléctrica con energías renovables en México", septiembre de 1998.
7. Camacho Morales, José, *Apuntes para la historia del petróleo. El nuevo Pemex*, México, Pemex, 1987.
8. Carless, Jennifer, *Energía Renovable*, México, Edamex, 1995.
9. Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sostenible (Cespedes), *Después de Kioto: México y el cambio climático*, México, Consejo Coordinador Empresarial, 1998.
10. Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sostenible (Cespedes), *Fundamentos para una estrategia mexicana en materia de cambio climático*, Cespedes, 1998.
11. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, *Cogeneración y Medio Ambiente*, México, Conae, 1996.
12. Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables (COFER), "Políticas y acciones para la promoción del calentamiento de agua con energía solar en el sector residencial", ensayo inédito, 10 de diciembre de 1997.
13. Considine, Douglas M. (comp.), *Tecnología del petróleo*, Mc Graw Hill, 1988. 17. Juan José Ambriz, "Curso de Inducción a la Energía", junio de 2000.
14. De Icaza, Carlos A. y Rivera Banuet, José, *El orden mundial emergente*.
15. De Icaza, Carlos A., *La Diplomacia contemporánea*, México, S.XXI, 1999.
16. Derry T.K. y Williams, I. Trevor, *Historia de la Tecnología. Desde la antigüedad hasta 1750*, México, s. XXI ed., 1988.
17. Embajada de Alemania en México, *La actualidad de Alemania*, Alemania, Societats- Verlag, 1993.
18. Enciclopedia británica.
19. Energías Hidráulicas Nacionales, *EHN grupo líder en energías renovables*, publicación de la empresa, Pamplona, agosto 1999.
20. Enkerlin, Ernesto C., et. al., *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*, México, International Thomson Editores, 1997.
21. Fernández Olano, José, "Energía y medio ambiente", en *Cogeneración y medio ambiente*, México, Conae, 1996.
22. Flavin, Christopher, "Los límites de la naturaleza", en *La situación 1995 del mundo*, World Watch Institute, 1996.
23. Foley, Gerald, *La cuestión energética*, Barcelona, Ediciones del Cervat, 1981.
24. Foster, Robert E., *Photovoltaic market development and barriers in México*, tesis para obtener el grado de Maestría en Administración de Empresas, Universidad de Nuevo México, Las Cruces, Nuevo México, diciembre de 1998.
25. García-Colín Scherer, Leopoldo, *Energía, ambiente y desarrollo sustentable*, México, El Colegio Nacional-Programa Universitario de Energía, UNAM, 1996.
26. Glender Alberto y Lichtinger Víctor, *La diplomacia ambiental*, México, SRE-FCE, 1996.
27. Green Peace, *Combustibles fósiles y cambio climático*, Informe, México, 1998.
28. Gutermuth, Paul-Georg, "Policy aspects of renewable energies and the german experience", artículo entregado como parte del material de estudio de la *Reunión de expertos en energía renovable celebrada en diciembre de 1999 en la ciudad de Cuemavaca*, Mor., México
29. Hollander, Jack M., Robert H. Socolow, David Sternlight (editors), *Annual Review of Energy*, Annual Reviews Inc., Vol. 15, California, USA, 1990.
30. Informe de la Comisión Bruntland, *Nuestro futuro Común*, México, FCE, 1988.
31. Izazola, Haydea y Lerner, Susana (comps.), *Población y ambiente*, México, Sociedad Mexicana de Demografía, el Colegio de México, The Population Council, 1993.
32. J N P Nishad, Ministerio de Estado para Fuentes no Convencionales de Energía de la India, material de estudio otorgado en la Reunión de expertos en energías renovables. Cuemavaca, Morelos, diciembre 1999.
33. Leff, Enrique, "Globalización, racionalidad ambiental y desarrollo sustentable", en Regina Barba Pirez (coord.), *La Guía Ambiental, Unión de Grupos Ambientalistas*, México, 1998.
34. Ley, Debora, *Programa de apoyo de energías renovables de los Laboratorios Nacionales Sandia de los Estados Unidos para comunidades rurales mexicanas*, trabajo de investigación inédito, Centro Universitario México, México, División de Estudios Superiores, enero de 2001.

35. Lovelock, James, *GAA. Una nueva visión de la vida sobre la Tierra*, Memorias del FIDE, 1996.
36. Meyers Schipper, *Energy efficiency and human activity*. Londres, Cambridge University Press, 1992.
37. Mitchell, Charles, *L'énergie et l'homme*.
38. MNES, "Renewable energy. opportunities and guideline for investors, ministry of non-conventional energy sources".
39. Morin, Edgar y Brigitte Kern, Anne, *Tierra Patria*, Barcelona, Ed. Kairós, 1993.
40. Pollock Shea, Cynthia, "La cosecha del viento", en Lester R. Brown, *Un mundo sustentable*, Editorial Planeta, Argentina, 1994.
41. *Programa de Inducción a la Energía 2000*, México, CECAL-SE, 2000.
42. Reeves, Hubert, et al., *La más bella historia del mundo*, Chile, Andres Bello, 1996.
43. Reyes Córdoba, Tammy, Pablo Arturo Raro Campos, *La transición energética: una necesidad económica*, tesis para obtener el grado de licenciado en economía, ENEP Aragón-UNAM, 1986.
44. Rijs Ruiten, Remi, *Curso energías renovables*, La Piedad, Michoacán, México, 1999.
45. Rincón, Eduardo A., *Estado del arte de la investigación en energía solar en México*, México, Cuadernos de la Fundación ICA, FICA, 1999.
46. Romero-Paredes, Arturo, *Energías renovables. Curso de actualización para ingenieros*, México, 1997.
47. Rowarth, Richard B. y Monahan, Patricia A., *Economics, ethics, and climate policy*, Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley Laboratory, Report sponsored by the Stockholm Environment Institute through the DOE, USA, Nov. 1992.
48. Senet, Juan, "La contaminación", Salvat Editores, Colección Grandes Temas Núm. 1, Barcelona, 1973. 39.
49. Juan Tonda, *El oro solar y otras fuentes de energía*, México, SEP-FCE-Conacyt, 1993.
49. Sheinbaum, Claudia, et al., "Greenhouse gas energy scenarios for Mexico in year 2020, and mitigation potential of renewable technologies, en *Memorias del ISES Millennium Solar Forum 2000 Mexico*, Ciudad de México, 17-22 de septiembre de 2000.
50. United States Agency for International Development (USAID), Mexico Office, Latin America and Caribbean Bureau, Draft Report "biomass-fueled electric energy generation in Mexico", 1997.

DOCUMENTOS OFICIALES

1. Agencia Internacional de la Energía, *CO2 emissions from fuel combustion 1971-1996*, OCDE/IEA, 1998, pág. XV. Comité Intergubernamental para el Cambio Climático, *Programa Nacional de Acción Climática. Documento para Consulta Pública*, México, 2000.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change, Third Assessment Report, Summary for Policy Makers, *Climate change 2001: The scientific basis*, a Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2001.
3. Intergovernmental Panel on Climate Change, Third Assessment Report, Summary for Policy Makers, *Climate change 2001: Mitigation*, a Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2001. International Energy Agency, *World Energy Outlook 2000*, IEA, Paris, 2000.
4. Intergovernmental Panel on Climate Change, Third Assessment Report, Summary for Policy Makers, *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*, a Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2001.
5. International Energy Agency, *Key World Energy Statistics from the IEA*, IEA, 2000.
6. ONU, *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables*, Nairobi, ONU; *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, 1992. Secretaría de Energía, *Evolución orgánica*, México, Secretaría de Energía, 1999.
7. Secretaría de Energía, *Acciones de Mitigación de Gases Efecto Invernadero realizadas por el sector energético mexicano durante el periodo de 1990-1996*, Secretaría de Energía.
8. Semarnap, *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, SEMARNAP, México, 1997.
9. Semarnap-Dirección de Cambio Climático, *Inventario Nacional de emisiones de gases de efecto invernadero con cifras de 1990*, México, 1999.
10. Unión Europea, *Libro Verde para una estrategia comunitaria. Energía para el futuro: fuentes de energía renovables*, Bruselas, 20.11.1996. ISSN 0257-9545. COM (96) 576 final.

HEMEROGRAFÍA

Periódicos

1. Academia Mexicana de Ingeniería Eléctrica y Mecánica, Comité Cívico Metropolitano, "Opinan respecto de la generación de energía eléctrica. *Uno más Uno*, México, 15 de mayo de 2000.
2. Catalan Deus, Gustavo, "El viento empuja con fuerza las energías renovables en España", en el periódico *El Mundo*, Madrid, 28 de mayo de 1997.
3. Diario de Navarra, "El parque eólico ha sido una inyección económica para San Martín de Unx", en *Diario de Navarra*, 26 de mayo de 1998.
4. Editorial, "Futuro en el aire", en el periódico *Tribuna de Albacete*, 20 de mayo de 1999.
5. Kleist, Trina, "Solar power brings electricity to villages for the first time", *The News*, domingo 7 de julio de 1991, pág. 10.
6. López, Juan Antonio y Mejía Rosas, Rafael, "Busca el CIE formas de energía limpias, eficientes y rentables", en la revista *UNAM hoy un enlace con la sociedad*, Año 6, Núm 31, enero-febrero, 1998, pág.
7. Mardones, Inmaculada G., "España puede ser líder mundial eólico", en *El País*, Madrid, España, 15 de junio de 1997.
8. Periódico *Diario de Noticias*, Madrid, 2 de febrero de 1997.
9. Posada García, Miriam, "México no ha impulsado las Energías Renovables", *La Jornada*, México, 22 de mayo de 1999.

Revistas y publicaciones periódicas

1. Amador Carmona, Gabriela, (editor), *Mexico's Energy Outlook*, México, 18-31 de octubre de 1999, pág.8.
2. BP Solarex, et. al., *Global Solar Partners. Energy for the 21st century*, material didáctico para niños entre 12-16 años.
3. Cámara Mexicano-Alemana de Comercio e Industria A.C., "Política del medio ambiente en Alemania", en la revista *Cooperación*, México, julio-agosto de 1998, pág. 7.
4. Carabias Lillo, Julia y Tudela Abad, Fernando, "El cambio climático: el problema ambiental del próximo siglo", en la revista *Desarrollo Sustentable*, Semarnap, No.9, diciembre de 1999.
5. Flavin, Christopher, "La energía eólica en alza", en la revista *World Watch*, abril de 1999, pág.27.
6. Gray, Tom, "Country Survey: United States" en la revista, *Wind Directions*, Magazine of the European Wind Energy Association, Enero 1999, pág. 16.
7. Hoyos, Pilar S., (dir.), revista *Atuy interesante*, no. Especial, La energía, No.8, 1993, pág. 76.
8. Huacuz, Jorge M. y Borja, Marco A., "Generación eléctrica con energía del viento", *Boletín IIE*, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Morelos, marzo/abril, 1998, pág.
9. Instituto de Investigaciones Eléctricas, "Capacidad tecnológica", folleto publicado por el IIE, Editora e Impresora de Morelos, S.A. de C. V., México, contraportada.
10. Landerreche, Andrés, "Principios Formativos del Derecho Internacional del Medio Ambiente", en la Revista *Diplomacia*, Santiago, Chile, N° 66, diciembre, 1994, p.
11. Mannion, Antoinette M., "Sustainable development and biotechnology", en *Environmental Conservation*, Vol. 19, No.4, verano 1992, Suiza.
12. Swaran Singh Boparai, K.C., "India and Renewable energy: a future challenge", Ministry on Non-Conventional Energy Sources, en la revista *Renewable Energy*, Vol. 15, 1998, pág. 17.
13. U.S. Department of Energy, *Allition Solar Roofs*, Action Plan, U.S. Department of Energy, April 27, 1998.

PONENCIAS

1. Avia Aranda, Félix, "The Wind Power Development in Spain: a success story. Lessons learned", ponencia presentada durante el "Seminario Internacional sobre la Implantación de la Generación Eoloelectrónica", convocado por el IIE y la AIE, celebrado el día 9 de noviembre de 1999.

2. Chávez Presa, Jorge, Subsecretario de Política y Desarrollo de Energéticos de la Secretaría de Energía, palabras durante la inauguración del Seminario "Energías renovables en la agenda ambiental mexicana: perspectivas sectoriales al año 2000", Colegio de Ingenieros Civiles, México, D.F. 18 de octubre de 1999.
3. De Buen R., Odón, Palabras de clausura del "ISES Millennium Solar Forum 2000 México", México, Tecotihuacan, 22 de septiembre de 2000.
4. Delgado Peralta, Martha, Unión de Grupos Ambientalistas, "La participación de la sociedad civil en el desarrollo de las energías renovables", ponencia presentada durante el Seminario Energías Renovables en la Agenda Ambiental Mexicana: Perspectivas Sectoriales al Año 2000, organizado por el Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable y celebrado el 18 de octubre de 1999.
5. Eugui Baraibar, Pablo, "Energías Renovables en España", ponencia presentada por el autor durante el "Seminario Internacional sobre Participación de las Energías Renovables en Mercados Eléctricos Reestructurados", organizado por la Conae y celebrado el 9 y 10 de septiembre de 1999 en el Museo Tecnológico de la CFE.
6. Frantzis, Lisa, "Experiencia de las energías renovables en la Unión Europea", ponencia presentada durante el "6to. Seminario de Cogeneración y Energía Renovable", celebrado durante el evento Power Mex World Expo 2000, Ciudad de México, del 4 al 7 de abril de 2000.
7. Fuentes Castellanos, Carolina, "Las energías renovables en el contexto internacional", ponencia presentada durante la XXV Semana Nacional de Energía Solar, organizada por la Asociación Nacional de Energía Solar y celebrada en la Cd. De San Luis Potosí, S.L.P., del 1 al 5 de octubre del 2001.
8. Goldman, P.R., "Wind Energy in the United States: progress and lessons learned", pág. 2, ponencia presentada por el Ph. D. Robert W. Thresher, Director del Centro Nacional de Tecnología Eólica de los Estados Unidos, durante el "Seminario Internacional sobre la Implantación de la Generación Eololéctrica", celebrado en la Cd. De México el día 9 de noviembre de 1999, y convocado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y la Agencia Internacional de la Energía (AIE).
9. Hiriart Le Bert, Gerardo, "México: experiencia de la Comisión Federal de Electricidad en la generación eololéctrica", pág.2, ponencia presentada en el Seminario Internacional sobre la Implantación de la Generación Eololéctrica, celebrado en el Museo Tecnológico de la CFE el día 9 de noviembre de 1999, (cursivas nuestras).
10. J. Lemming, P.D. Andersen and P.H. Madsen "Wind Power in Denmark", ponencia presentada por Joergen Bjelskou titulada "El caso danés: alta penetración de la generación eololéctrica, metas y experiencia", presentada durante el "Seminario Internacional sobre la Implantación de la Generación Eololéctrica", convocado por el IIE y la AIE, 9 de noviembre de 1999.
11. Khan, Arshad M., "Energy in the context of sustainable development", International Atomic Energy Agency, ponencia presentada en las instalaciones de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía en 1999.
12. Márquez Mendoza, Francisco, "Estrategias de la Conae en la promoción de las energías renovables en México"
13. Martínez, Manuel, "El papel de la investigación en el desarrollo de las energías renovables en México", ponencia presentada en el seminario "Las energías renovables en la agenda ambiental mexicana", organizado por el Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES), octubre de 1999.
14. Saldaña, Ricardo, "Introducción a las energías renovables", ponencia presentada durante el "Seminario Regional de oportunidades para el desarrollo sostenible con energías renovables", celebrado por la Conae en la Cd. de Querétaro, Oro., el día 12 de octubre de 2001.
15. Segura Calderón, Sergio, Asesor de Cooperación Internacional de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Entrevista realizada en el mes de septiembre de 1999.
16. Vargas, Rosio, ponencia presentada durante el seminario "Energía y globalización económica", convocado por el Centro de Estudios sobre América del Norte (CISAN) y celebrado en el Auditorio "Jaime Torres Bodet" del Museo Nacional de Antropología e Historia, el día 28 de abril de 1999.

OTROS MEDIOS

1. Antaki, Ikram, *El Banquete de Platón*, programa radiofónico, domingo 14 de septiembre de 1997.
2. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, *Energía luminoso delete*, material audiovisual, Conae/SEUE/TVUnam, duración 27 min., 1996.
3. Vicente Fox Quesada, C. Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, entrevista en el noticiero *Séptimo Día*, Canal 11, 19 de noviembre de 2000.

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

1. <http://www.energia.gob.mx>
2. <http://www.semamat.gob.mx>
3. <http://www.conae.gob.mx>
4. http://www.inc.gob.mx/dgra/ucco/coop_injer/9.htm
5. <http://www.energy.gov>
6. <http://www.MillionSolarRoofs.org>
7. <http://serpiente.dgsc.unam.mx/puc/ante.html>
8. <http://www.ieer.org/ensec/no-5/es-link.html>
9. <http://www.magazine-deutschland.de/spanish.html>
10. <http://www.greenpeace.org>

CURSOS

1. Ambríz, Juan José, *Curso de inducción a la energía*, curso de capacitación impartido en el Centro de Capacitación en Calidad de la Secretaría de Energía, junio de 2000.
2. Salas Díaz, Sergio, *Diplomado en Ecología, medio ambiente*. junio de 1998.
3. Velázquez Elizarrarás, Juan Carlos, *Seminario de Relaciones Jurídicas Internacionales*, FCPy S-UNAM, 1997.