



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES**

**“LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA MUNDIAL DEL  
SIGLO XXI, UN RECURSO ENERGÉTICO Y  
AMBIENTAL PARA MÉXICO”**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN RELACIONES  
INTERNACIONALES**

**P R E S E N T A:**

**HAYDEÉ RODRÍGUEZ MENDOZA**

**ASESOR: ANDRÉS EMILIO ÁVILA AKERBERG**

**MÉXICO, D.F.**

**2011**



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.

<b>Introducción</b>	1
<b>Capítulo 1. Energía</b>	
1.1 Concepto de energía	5
1.1.1 Fuentes de energía fósil	5
1.1.2 Energía Nuclear	11
1.1.3 Ciclos energéticos	13
1.1.4 Demanda de recursos energéticos no renovables	17
1.1.5 Crisis de recursos energéticos no renovables	23
1.2 Energía eléctrica	26
1.2.1 Generación de energía eléctrica	27
1.3 Efecto invernadero y cambio climático	33
1.3.1 Protocolo de Kioto, Copenhague y la COP 16	37
1.4 La importancia de la transición energética mundial del siglo XXI	42
<b>Capítulo 2. Energías Renovables</b>	
2.1 Concepto de energía renovable	45
2.1.1 Diferencia entre energía limpia y energía renovable	45
2.1.2 Antecedentes	46
2.1.3 Principales ventajas y desventajas de las energías renovables	47
2.1.4 Balance general de las energías renovables en el mundo	49
2.2 Energía solar térmica o termosolar	53
2.2.1 Tipos de colectores termosolares	54
2.2.2 Ventajas y desventajas de los colectores termosolares	55
2.2.3 Los colectores termosolares en el mundo	56
2.3 Energía solar termoeléctrica	58
2.3.1 Ventajas y desventajas de la energía solar termoeléctrica	59
2.3.2 La energía solar termoeléctrica en el mundo	61
2.4 Energía fotovoltaica (FV)	63
2.4.1 Tipos de celdas fotovoltaicas	65
2.4.2 Ventajas y desventajas de la energía FV	65
2.4.3 La energía FV en el mundo	67
2.5 Energía eólica	71
2.5.1 Tipos de turbinas eólicas	73
2.5.2 Parques eólicos	75
2.5.3 Ventajas y desventajas de la energía eólica	76
2.5.4 La energía eólica en el mundo	79
2.6 Energía minihidráulica	82
2.6.1 Funcionamiento de una minihidráulica	84
2.6.2 Ventajas y desventajas de la minihidráulica	86
2.6.3 La energía minihidráulica en el mundo	87
2.7 Energía geotérmica	88
2.7.1 Sistemas o yacimientos geotérmicos	89
2.7.2 Tipos de unidades geotermoeléctricas	91
2.7.3 Ventajas y desventajas de la geotermoeléctrica	92
2.7.4 Potencial geotérmico en el mundo	94
2.8 Biomasa	96
2.8.1 Clasificación de la biomasa	98
2.8.2 Biogás	100
2.8.3 Ventajas y desventajas de la biomasa	102
2.8.4 La biomasa en el mundo	104
2.8.5 Biocombustibles	108
2.8.6 Los biocombustibles en el mundo	113

**Capítulo 3. Transición energética en México**

3.1 Situación energética mexicana	116
3.2 La energía eléctrica en México	123
3.3 Las energías renovables en México	127
3.3.1 La energía termosolar y la solar termoeléctrica	127
3.3.2 La energía FV en México	131
3.3.3 La energía eólica en México	133
3.3.4 La energía minihidráulica en México	139
3.3.5 La energía geotérmica del país	141
3.3.6 La biomasa en México	146
3.3.7 Los biocombustibles en México	154
3.4 La importancia de una transición energética en el país	156
3.5 Estrategias para lograr una transición energética en México	157
<b>Conclusiones</b>	<b>168</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>172</b>

## Introducción

México debe terminar con su dependencia fiscal del petróleo, porque es un recurso que se está acabando. Si ya se sabe que el 40% del ingreso nacional proviene de esta fuente energética, tenemos que pensar inmediatamente, urgentemente y con un consenso dentro del país, para apoyar las medidas que lo sustituyan. Titular de la OCDE, José Ángel Gurría. Notimex, "Debe México cesar dependencia petrolera: OCDE", [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 27 de mayo de 2010, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/notas/683525.html> [consulta: 14 de junio, 2010].

Las fuentes de energía son tan esenciales para el ser humano que sin ellas, al igual que el agua, no podríamos vivir. La ventaja de éstas es su cualidad de transformarse en energía útil para el hombre, cosa que hemos aprovechado desde tiempos inmemorables con el propósito de satisfacer nuestras necesidades. El convertir las fuentes de energía (sol, agua, madera, carbón, petróleo, gas natural, etc.) en energía calorífica, mecánica y eléctrica ha sido la clave fundamental para el desarrollo de las civilizaciones.

En la actualidad, la forma más provechosa de transformar estas fuentes es en electricidad, por ser la segunda energía más utilizada alrededor del mundo, siendo indispensable casi para todo. Su uso se ha esparcido de una manera sorprendente: desde el simple hecho de encender un foco hasta la obtención de bienes y servicios. La energía eléctrica es requerida en el hogar, transporte, escuelas, oficinas, hospitales, centros recreativos y de investigación; además, sin ella, las telecomunicaciones y el internet serían historia. Es decir, es un producto del que difícilmente podremos prescindir.

Hoy por hoy, las fuentes de energía fósil más importantes son el petróleo, el carbón y el gas natural. Existe otro tipo de fuente energética que no es fósil, sin embargo, tiene un lugar no menos importante en la obtención de energía útil, es decir, el uranio. Todas ellas son conocidas como energías no renovables, las cuales se han explotado a través del tiempo de formas y maneras distintas, pero con una voracidad más allá de lo entendible, sin que muchos nos pongamos a pensar que algún día se van a acabar por el simple hecho de ser finitas.

Varios analistas e investigadores aseguran que el siglo XXI será testigo del fin de la era del petróleo y gas natural baratos cosa contraria a las predicciones sobre las reservas de carbón, puesto que son más abundantes y podrán durar un poco más de un siglo. Sin embargo, el carbón no volverá a convertirse en la principal fuente energética por ser una de las más contaminantes y aunque tenga más reservas probadas que las otras dos, no lograría sostener la demanda energética mundial por mucho tiempo. En lo que respecta al uso del uranio, además de ser un combustible que genera residuos radioactivos, su manejo puede provocar accidentes nucleares.

En realidad, la transformación y uso de la energía ha creado una contradicción: por una parte es absolutamente indispensable para nuestro desarrollo y, por la otra, es extremadamente contaminante. Estamos pagando un alto precio por nuestra adicción a la electricidad proveniente de combustibles fósiles, ya que su quema produce una enorme cantidad de contaminantes a la atmósfera provocando el calentamiento de la Tierra, es decir, el cambio climático.

Aquí surgen dos preguntas al respecto: ¿Existen otras fuentes de energía que puedan solventar la demanda energética futura sin acelerar el cambio climático?, ¿Qué medidas están adoptando los países más desarrollados cuando los combustibles fósiles no puedan satisfacer sus necesidades energéticas?

La respuesta a la primera pregunta se encuentra en el Sol ya que es capaz de producir diversos tipos de fuentes de energía como la solar, la fotovoltaica, la eólica, la minihidráulica, la biomasa, la mareomotriz (acción del Sol y la Luna) y la energía de las olas, todas ellas conocidas como “energías renovables”. Sin embargo, no se puede decir que sean la total solución para combatir el cambio climático ya que la industria, el transporte, la agricultura, y demás acciones hechas por el hombre provocan enormes impactos en el medio ambiente, que contribuyen al cambio climático. La energía geotérmica (calor de la Tierra) aunque no provenga del Sol también es considerada como renovable. Cabe aclarar que esta investigación no estudiará la energía de las olas ni la mareomotriz ya que se encuentran en fase de Investigación y Desarrollo (I+D), pero no se duda que muy pronto podrán generar electricidad a nivel comercial.

En relación al segundo cuestionamiento, se eligió a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) porque agrupa a los países más avanzados y desarrollados del planeta, apodada como el “club de países ricos”, los cuales consumen la mayor cantidad de energía a nivel mundial.<sup>1</sup> Ello son quienes ya están dando paso a uno de los ciclos energéticos más trascendentales de este siglo, es decir, el cambio de energías no renovables a renovables: “La transición energética mundial del siglo XXI”. Un desafío complicado, pero no imposible.

La enorme visión política de la mayoría de estos países de cómo enfrentar un desabasto energético cuando los combustibles fósiles no tengan la capacidad de sostener la demanda energética mundial, el alza en sus precios, el querer ser menos dependientes de las importaciones de combustibles fósiles, una mayor demanda de energía a nivel mundial y porque el cambio climático está poniendo en peligro su seguridad han permitido, la participación de las energías renovables en sus sistemas eléctricos.

---

<sup>1</sup> Los países miembros son: Australia, Bélgica, Chile, Dinamarca, Alemania, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Israel, Italia, Japón, Canadá, Corea, Luxemburgo, México, Nueva Zelanda, Países Bajos, Noruega, Austria, Polonia, Portugal, Suecia, Suiza, República Eslovaca, Eslovenia, España, República Checa, Turquía, Hungría, Reino Unido y Estados Unidos.

Sin embargo, no solamente ellos tienen la oportunidad de realizar un cambio energético tan importante como éste, las demás naciones también poseen la obligación y el derecho de beneficiarse de esta transición. Este es el caso de México, que a pesar de ser miembro de la OCDE desde 1994 no hemos iniciado un cambio significativo en esta materia. ¿Pero cuál es la razón?

Lo que sucede es que somos un país productor y exportador de petróleo, y todavía no hemos tenido la necesidad de depender de las importaciones de este combustible. Además, éste sigue siendo la fuente energética más importante hasta estos momentos. El problema es que nuestras reservas petrolíferas probadas se están acabando y si no hacemos algo al respecto nos encontraremos en la necesidad de importarlo ya que lo necesitamos para nuestros procesos productivos, entre ellos, la generación de energía eléctrica.

Lo que se pretende demostrar con esta investigación es que los países más desarrollados están llevando a cabo una de las transiciones energéticas más importantes de este siglo, es decir, el cambio de energías no renovables a renovables en el sector eléctrico por los siguientes motivos: la presión que las naciones ejercerán en el carbón cuando las reservas probadas de petróleo y gas natural disminuyan a nivel mundial, la futura alza de precios de las energías no renovables, una mayor demanda de energía, y el enfrentar la lucha contra el cambio climático. Asimismo, México debe realizar su transición energética antes de que sus reservas probadas de petróleo y gas natural escaseen y evitar la importación de combustibles fósiles para la generación de electricidad, al mismo tiempo, podrá disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> contribuyendo con esta lucha.

Además, el uso de estas energías nos ayudará a reducir nuestras emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) porque a pesar de que México es un país en vías de desarrollo, emite cantidades considerables gases que afectan a la atmósfera, ya que los diversos sectores productivos se basan en la quema de combustibles fósiles. A decir verdad, las consecuencias del cambio climático están amenazando nuestro territorio causando grandes pérdidas económicas, humanas y materiales. Por tal motivo, es de vital importancia que el gobierno emprenda una lucha seria contra el cambio climático.

El hecho de que los países más desarrollados estén muy adelantados en este proceso debería ser un foco rojo para nosotros, simplemente porque los beneficios futuros serán mucho mayores. Si nosotros no somos capaces de eliminar todas aquellas barreras que nos impiden el cambio de energías no renovables a renovables, nuestras diferencias serán abismales en comparación con los países que logren hacerlo de una manera oportuna y adecuada. Nadie dice que este cambio sea algo sencillo, pero el hecho de que emprendamos este camino puede hacer la gran diferencia. Para una mejor comprensión de este tema, el presente trabajo está dividido en tres capítulos:

En el primero se habla sobre la energía, las principales fuentes energéticas no renovables y los problemas a los que se están enfrentando. Además, se habla sobre la energía eléctrica y sus problemas ambientales, es decir, cómo la quema de combustibles fósiles ha acentuado el efecto invernadero y por ende, el cambio climático. Sin olvidar, el tratado más importante hasta el momento sobre el control de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el Protocolo de Kioto.

El segundo capítulo está dedicado a las energías renovables con excepción de la mareomotriz y la energía de las olas. Aquí se muestran las características de cada una de ellas para comprender de qué forma pueden sustituir a los combustibles fósiles en la producción de energía eléctrica tomando en cuenta sus ventajas y desventajas, así como sus avances en aquellos países de la OCDE que han iniciado su transición.

El tercer y último capítulo está dedicado a la situación de los combustibles fósiles en México y su participación en la producción de electricidad. Además, se analiza el uso de las energías renovables en nuestro país. Por último, se brindan una serie de estrategias para que podamos lograr nuestra transición.

Las gráficas y tablas presentadas provienen del Informe Estadístico de la Energía Mundial de 2010 publicado por la Agencia Internacional de Energía que es una organización internacional, creada por la OCDE, que busca coordinar las políticas energéticas de sus Estados miembros para asegurar energía confiable y limpia; del Reporte del Estatus Global de Energías Renovables de 2010 publicado por la REN21 o Red Política de las Energías Renovables para el siglo XXI, que es una organización internacional que promueve políticas apropiadas para el incremento en el uso de energías renovables en países desarrollados y en vías de desarrollo; de las Reservas de Hidrocarburos de México al 1 de enero de 2010 publicada por PEMEX; del Balance Nacional Energético 2010 publicado por la Secretaría de Energía; del Informe de la Comisión Federal de Electricidad 2009; de la Asociación Geotérmica Mexicana; y por elaboración propia.



## Capítulo 1. Energía

### 1.1 Concepto de Energía

La energía es la capacidad que tienen los cuerpos para realizar un trabajo, ésta se puede presentar en diversas formas: térmica, mecánica, eléctrica, nuclear, etc.<sup>2</sup> El Universo está compuesto de energía, que ha estado y estará ahí, de forma infinita, pero en constante transformación.<sup>3</sup> Es decir, siempre vamos a estar rodeados de energía, pero esto no significa que podamos transformar toda la existente en el universo para nuestra propia conveniencia, por el simple hecho de que sólo sabemos aprovechar la energía no renovable y la del Sol.

Para comprender cómo funciona la energía primero debemos de tener en cuenta que “la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma,” con esto se deduce que el hombre no puede crear energía, solamente la puede transformar en energía útil para efectuar diversas actividades. Segundo, “es imposible que un cuerpo frío tome calor de un cuerpo caliente y lo transforme íntegramente en trabajo,”<sup>4</sup> es decir, siempre van a existir fugas de energía en cualquiera de sus transformaciones.

#### 1.1.1 Fuentes de energía fósil

Desde que el hombre apareció en la Tierra pudo aprovechar las fuentes de energía que se encontraban a su alcance. En la prehistoria, utilizaba su propia fuerza física, el fuego, la madera, la fuerza de los animales, la energía del Sol, el viento y el agua. Más tarde llegaría la explotación de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y posteriormente la energía nuclear. Sea cual fuera el orden de las fuentes energéticas, la disponibilidad de energía siempre ha sido esencial para la humanidad,<sup>5</sup> es decir, el uso de fuentes de energía ha sido vital para nuestra sobrevivencia y para que las sociedades puedan desarrollarse.

El petróleo, carbón y gas natural son conocidos como fuentes de energía fósil porque se formaron a partir de restos orgánicos de plantas y animales muertos que se fueron depositando en el fondo de la tierra y de los mares, siendo necesario que pasaran millones de años para que la descomposición y la presión los transformara en combustibles fósiles.<sup>6</sup> Según la Agencia Internacional de Energía, en 2008, el 81.3% de la energía requerida a nivel mundial provino de

<sup>2</sup> Antonio, Lucena Bonny. Energías alternativas y tradicionales. Sus problemas ambientales. Talasa, Madrid, 1998, p. 34.

<sup>3</sup> Fernando, Marín Alonso. Energía. Alhambra, Madrid, 1982, p. 1.

<sup>4</sup> Antonio Lucena, *op cit.*, pág. 43-44.

<sup>5</sup> Pepa, Mosquera Martínez y Luis, Merino Ruesga. Empresa y Energías Renovables. Lo que su empresa debe saber sobre energías renovables, eficiencia energética y Kioto. Fundación Confemetal, Madrid, 2006, p. 33.

<sup>6</sup> Greenpeace México. [R]evolución energética: perspectiva mundial de la energía renovable, [en línea], México, Greenpeace México, noviembre del 2008, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/r-evoluci-n-energetica-persp> [consulta: 30 de mayo, 2009], p. 49.

estos combustibles. Esto significa que el petróleo, el carbón y el gas natural son las fuentes de energía más importantes a nivel mundial, ya que tienen la responsabilidad de proveernos casi todo lo necesario para satisfacer nuestras necesidades.

Los combustibles fósiles tienen la característica de ser finitos, que es todo aquello que tiene un fin. Esto quiere decir, que se van a acabar algún día porque no tienen la capacidad de generarse de una manera rápida y continua ya que se necesitarían millones de años más para que se vuelvan a obtener en grandes cantidades. Esta cualidad los convierte en fuentes de energía no renovables. Se debe reconocer que estos combustibles nos han servido durante mucho tiempo para satisfacer nuestras necesidades, es decir, tenemos una deuda para con ellos y por lo tanto, deberíamos cuidarlos, pero en realidad, lo único que hemos hecho es sobreexplotarlos para alcanzar nuestro máximo desarrollo sin importar las consecuencias.

**Petróleo.** La humanidad se encontró hace algo más de cien años con un recurso único, el petróleo. Su disponibilidad permitió gran parte de los profundos cambios que ha sufrido la humanidad como la capacidad de producir y distribuir alimentos y los avances logrados en medicina, contribuyendo a la multiplicación de la población mundial. No existe ningún otro recurso conocido con sus cualidades ni tampoco para reemplazarlo como materia prima para los más de 3,000 productos de uso común que se obtienen de él, pues está presente en los procesos de fabricación de prácticamente todos los bienes de uso común básicos en nuestro modo de vida actual, tanto en forma energética como de materia prima.<sup>7</sup>

El petróleo está presente en todo tipo de plásticos, productos químicos, materiales de construcción, etc. Forma parte de componentes internos y cubiertas de aparatos electrónicos, cueros sintéticos, detergentes, productos de limpieza, cosméticos, punturas, lubricantes, PVC, aislantes, ropa, muebles, botellas, pañales, cámaras de fotos, baterías, shampoo, teléfonos celulares, pastas de dientes, plumas, etc. Su uso también se extiende hasta la industria automotriz porque los motores se mueven gracias a los combustibles que provienen de éste, además, su transformación es poco costosa porque existe toda una industria altamente desarrollada para este fin.

Según la Agencia Internacional de Energía, este combustible nos proporcionó el 33.2% de toda la energía útil a nivel mundial en 2008, esto lo convierte en la energía fósil más importante hasta estos momentos, pero también nos hace ver la enorme dependencia que tenemos hacia él.

---

<sup>7</sup> Fernando, Bullón Miró. *El mundo ante el cenit del petróleo*, [en línea], s/lugar de publicación, Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos, (AEREN), octubre de 2005, Dirección URL: [http://www.nodo50.org/ermualibertario/pdf/El\\_mundo\\_ante\\_el\\_cenit\\_del\\_petroleo.pdf](http://www.nodo50.org/ermualibertario/pdf/El_mundo_ante_el_cenit_del_petroleo.pdf) [consulta: 4 de abril, 2011], p. 2.

**Reservas probadas de crudo a nivel mundial**

No.	Principales países	Miles de millones de barriles
1	Arabia Saudita	259,900
2	Canadá	175,214
3	Irán	137,620
4	Irak	115,000
5	Kuwait	101,500
6	Venezuela	99,377
7	Emiratos Árabes Unidos	97,800
8	Rusia	60,000
9	Libia	44,270
10	Nigeria	37,200
11	Kazajstán	30,000
12	Qatar	25,410
13	China	20,350
14	Estados Unidos	19,121
15	Brasil	12,802
16	Argelia	12,200
17	<b>México</b>	<b>11,691</b>

Tabla 1. Fuente: Las reservas de hidrocarburos de México, evaluación al 1 de enero de 2010.

Arabia Saudita, Canadá, Irán, Irak y Kuwait poseen las mejores reservas probadas de petróleo a nivel mundial. Se puede decir que Medio Oriente, posee los yacimientos más ricos ya que de los 17 países de esta lista, 6 pertenecen a esta región teniendo el 58.5%, es decir, más de la mitad de las reservas mundiales de petróleo se ubican en esta parte del mundo. El resto del continente asiático posee el 8.8% gracias a las reservas de Rusia, Kazajstán y China.

El continente Americano domina la segunda posición ya que 5 países pertenecientes a esta zona geográfica (Canadá, Venezuela, Estados Unidos, Brasil y México) representan el 25.3% de las reservas probadas en todo el mundo. Cabe destacar que de todos los países de esta lista, México ocupa el último lugar. África es el tercer continente más importante en cuanto a reservas de petróleo donde tres países (Libia, Nigeria y Argelia) poseen el 7.4% de las reservas totales. El continente europeo y Oceanía no figuran en esta lista.

**Carbón.** El Informe de la Agencia Internacional de Energía de 2010 nos dice que el carbón nos proporcionó el 27% de la energía requerida en 2008. Su demanda y abundancia lo han convertido en la segunda fuente fósil más importante, después del petróleo. Los expertos nos dicen que hay reservas probadas para un poco más de 100 años.<sup>8</sup> El carbón es la segunda fuente de energía fósil más importante y lo seguirá siendo hasta que las reservas probadas de petróleo comiencen a escasear. Su importancia se debe a que es el único combustible fósil que posee una enorme

<sup>8</sup> *Idem.*, p. 11.

cantidad de yacimientos alrededor del mundo, pues la mayoría de los países cuentan con alguna reserva de esta fuente energética.

Sin embargo, es altamente contaminante, la extracción provoca la infertilidad en la tierra debido a su polvillo, esto hace que toda la zona alrededor de sus yacimientos no sea apta para la regeneración de bosques ni para la agricultura. Además, su combustión produce más cantidad de dióxido de carbono (gas altamente contaminante) que la combustión del petróleo y otros combustibles.<sup>9</sup>

La importancia del carbón radica en dos pilares: el primero es un combustible abundante, es decir, posee grandes reservas para abastecernos por aproximadamente un poco más de un siglo a un ritmo de consumo actual; el segundo es una estrategia energética para que la producción de energía no dependa en un 100% del petróleo, lo cual sería insostenible. Además de su abundancia, es barato y posee la tecnología adecuada para transformarlo en energía útil, claves importantes para el éxito de una fuente energética. Pero tiene dos enormes problemas, es el combustible más contaminante del planeta y debido a esto no nos podemos dar el lujo de convertirlo nuevamente en nuestra principal fuente de energía y el segundo es que es un recurso finito que tarde o temprano escaseará.

#### Principales productores de carbón en 2009

Países productores	Carbón duro (Mt)
China	2,971
Estados Unidos	919
India	526
Australia	335
Indonesia	263
Sudáfrica	247
Rusia	229
Kazajstán	96
Polonia	78
Colombia	73
Resto del mundo	253
<b>Total</b>	<b>5,990</b>

Mt=Millones de toneladas

Tabla 2. Fuente: Informe Estadístico de la Agencia Internacional de Energía de 2010.

<sup>9</sup> Fernando Marín, *op cit.*, p. 30.

China es el productor mundial de carbón por excelencia dominando con un 49.6%, es decir, genera casi la mitad del carbón a nivel mundial. Estados Unidos e India se ubican en el segundo y tercer lugar, ya que produjeron el 15.3% y el 8.8% del carbón alrededor del mundo respectivamente. Sin embargo, esta cualidad también los convierte en los mayores contaminantes del planeta, pues son ellos quienes queman la mayor parte de este combustible.

Si analizamos estos datos por continentes, tenemos que Asia produjo el 68.2% del carbón en 2009, gracias a China, Rusia, India y Kazajstán. El continente americano tuvo la segunda posición ya que generó el 16.6% de este combustible debido a Estados Unidos y Colombia. Oceanía alcanzó la tercera posición por un solo país, Australia, quién lleva en sus manos el 5.6% de la producción carbonífera. África tiene el cuarto lugar gracias a Sudáfrica, ya que este país produjo el 4.1% del carbón a nivel mundial. Europa se ubicó en último lugar debido a Polonia ya que éste produjo el 1.3%, mientras que el resto del mundo generó el 4.2% en ese año.

**Gas natural.** El gas natural se compone de metano y pequeñas cantidades de etano, propano y nitrógeno. Se obtiene por la perforación de yacimientos que lo producen o como un subproducto de la extracción del petróleo.<sup>10</sup> El Informe de la Agencia Internacional de Energía de 2010 nos dice que en 2008, el gas obtuvo una participación del 21.1% como proveedor de energía útil. Los países que son productores de petróleo han tenido la fortuna de contar también con reservas de gas natural ya que éste es un subproducto de la extracción de petróleo, siendo una ventaja muy importante dentro del mercado mundial de fuentes de energía.

#### Reservas probadas de gas seco a nivel mundial

No.	Principales países	Miles de millones de pies cúbicos
1	Rusia	1,680,000
2	Irán	1,045,670
3	Qatar	899,325
4	Turkmenistán	265,000
5	Arabia Saudita	263,000
6	Estados Unidos	244,656
7	Emiratos Árabes Unidos	214,400
8	Nigeria	185,280
9	Venezuela	175,970
10	Argelia	159,000
11	Irak	111,940
12	Australia	110,000
13	China	107,000
14	Indonesia	106,000
15	Kazajstán	85,000

<sup>10</sup> *Idem.*, p. 28

16	Malasia	83,000
<b>36</b>	<b>México</b>	<b>11,966</b>

Tabla 3. Fuente: Las reservas de hidrocarburos de México, evaluación al 1 de enero de 2010.

Tres países dominan las reservas probadas de gas seco: Rusia, Irán y Qatar, juntos poseen el 63.2% de éstas, es decir, más de la mitad de ellas están en manos de estas naciones. En lo que respecta a áreas geográficas, de nuevo Medio Oriente encabeza la lista, pero ahora de gas natural, puesto que de los 17 países arriba mencionados, 5 de ellos pertenecen a esta región (Irán, Qatar, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos e Irak), juntos poseen el 44.2% de las reservas probadas de gas en todo el mundo. El resto del continente asiático tiene en sus manos el 40.6% gracias a 6 países (Rusia, Turkmenistán, China, Indonesia, Kazajstán y Malasia).

América es la tercera región más importante en cuanto a reservas de gas seco ya que tiene el 7.3% de ellas principalmente por Estados Unidos y Venezuela, ya que México se encuentra en el lugar 36 de esta lista. África se ubica en la cuarta posición con tan solo el 6% debido a Nigeria y Argelia. Oceanía se logró posicionar en esta lista por la intervención de Australia, puesto que el 1.9% de las reservas probadas de gas le pertenece a este país.

El gas natural ha sido la fuente de energía fósil de mayor crecimiento debido a que posee un alto poder calorífico y es fácil de utilizar, además es menos contaminante que el petróleo y el gas natural.<sup>11</sup> Su consumo se encuentra concentrado esencialmente en las zonas productoras, debido a las dificultades y altos costos del transporte a largas distancias, el cual se hace a través de gaseoductos. El problema radica cuando no existe un gaseoducto al punto donde se necesita llevarlo, para ello es indispensable reducirlo a su forma líquida ya que ocupa un volumen seiscientos veces menor que en su estado gaseoso.<sup>12</sup>

El gas natural es fácil de utilizar por su estado físico, pues es un gas que si se quema genera calor a altas temperaturas, además, tiene la particularidad de ser la fuente fósil menos contaminante de las tres. Su limitante radica en que se encuentra principalmente en pozos petrolíferos y es un combustible difícil y peligroso de transportar si no hay gaseoductos de por medio. Una de las formas más comunes cuando se presenta este inconveniente es cambiarlo a su estado líquido ya que ocupa un menor volumen, pero su transportación debe ser muy cuidadosa ya que es altamente inflamable.

<sup>11</sup> Consejo Europeo de Energías Renovables (EREC) y Greenpeace International. *[R]evolución Energética. Perspectiva mundial de la energía renovable*, [en línea], Alemania, Greenpeace International, enero de 2007, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/r-evoluci-n-energetica-global.pdf> [consulta: 24 de noviembre, 2009], p. 49.

<sup>12</sup> Fernando Marín, *op. cit.*, p. 28.

El éxito de las tres fuentes energéticas se debe a que tienen una industria altamente desarrollada para su transformación y pueden utilizarse en la producción de energía eléctrica. El petróleo es la principal fuente de energía en todo el mundo porque tiene la capacidad de utilizarse en casi todos los productos utilizados en la mayoría de los procesos productivos a bajos costos. Y por si fuera poco, produce casi todos los combustibles que se utilizan en el sector transporte.

La ventaja que tiene el carbón es que está mayormente distribuido que el petróleo y el gas natural y es sin duda, el más abundante. Su desventaja es que no se puede transformar en productos tan variados como el petróleo, utilizándose principalmente como combustible en las industrias, además de ser la fuente fósil más contaminante.

El gas natural es un combustible relativamente nuevo y muy utilizado en los países más desarrollados. Es caro, pero su ventaja radica en que es menos contaminante que las otras dos fuentes, sin embargo, al igual que el carbón, este gas no sirve para la creación de una infinidad de productos como el petróleo, utilizado principalmente en el sector transporte, otros servicios y en la industria.

### **1.1.2 Energía nuclear**

El uranio es la fuente energética para generar energía nuclear utilizada para la producción de electricidad. No se le considera una fuente de energía fósil ni tradicional porque no proviene de los fósiles y su incursión en materia de energía es más reciente. Sin embargo, es una fuente no renovable porque el uranio es un elemento que proviene de la naturaleza con una regeneración de millones de años.

El Informe de la Agencia Internacional de Energía de 2010, señala que la energía nuclear nos suministró el 5.8% de la energía útil en 2008 y según el Libro Rojo, Uranio: Recursos, Producción y Demanda de 2010 publicado por la Agencia Internacional de la Energía Atómica nos dice que las mayores reservas de uranio se encuentran en Australia, Kazajstán, Rusia, Sudáfrica, Canadá, Estados Unidos, Brasil, Namibia, Níger y Uzbekistán.

Hasta estos momentos, las aplicaciones del uranio quedan limitadas prácticamente a la tecnología con fines militares y a la industria eléctrica siendo ésta última, el factor determinante en el mercado

de uranio.<sup>13</sup> Pero, existen otras utilidades futuras como la producción de hidrógeno, la desalación del agua de mar y la producción de calor para la industria y el hogar.<sup>14</sup>

La energía nuclear todavía está muy limitada en cuanto a otras aplicaciones que no sean militares o como generadora de electricidad, sencillamente porque no es plenamente aceptada por los diversos sectores de la sociedad, ya que el mundo aún tiene dudas sobre el incremento de su uso debido a la peligrosidad de un accidente nuclear y a los impactos que genera. Este tipo de complejidades se han acentuado todavía más, con el accidente ocurrido en Japón en la planta de Fukushima debido al terremoto del 11 de marzo del presente año.

En lo que respecta a la generación de electricidad, la energía nuclear se ha desarrollado de forma importante en los países industrializados debido a que el uranio contiene un mayor grado de poder calorífico en comparación con las fuentes de energía fósil.<sup>15</sup> Ph. Darmayan en su artículo "*La economía de la oferta y la demanda del uranio*", menciona que para producir 1,000 millones de watts en un año se necesitan 1.5 millones de toneladas de petróleo y 2.2 millones de toneladas de carbón, pero sólo bastan 150 toneladas de uranio para producir la misma cantidad de energía eléctrica. Esto nos muestra el gran poderío energético del uranio y como los países más desarrollados que utilizan la energía nuclear se ahorran parte de la importación de combustibles fósiles para generar energía eléctrica por medio de la nuclear.

Otro análisis que realiza Ph. Darmayan nos dice que el costo del combustible nuclear es bajo en comparación con los precios tan elevados de la fase inicial de la central nucleoelectrónica indicando que pueden pasar 10 años o más entre el momento en que se decide poner en ejecución un proyecto, y su entrada en funcionamiento. Con esto se puede deducir que el mundo desarrollado puede costear este tipo de construcciones convirtiéndose en el actor principal que ha logrado poner a la energía nuclear en un lugar importante como generadora de energía eléctrica.

Aunque la energía nuclear no produce dióxido de carbono ni otros gases de efecto invernadero (de los cuales se hablarán más adelante) su operación presenta grandes amenazas para el ser humano, sencillamente porque aún no hay forma de deshacerse de los residuos radiactivos que genera el uso de esta energía. Datos de Greenpeace (organización no gubernamental dedicada al cuidado del medio ambiente) nos dice que existen unas 270 mil toneladas de residuos nucleares, almacenados (la mayoría de las veces) en las instalaciones de los reactores. El combustible gastado se acumula a un ritmo de unas 12 mil toneladas anuales, utilizándose solamente un cuarto

<sup>13</sup> Darmayan, Ph. "La economía de la oferta y la demanda del uranio", [en línea], s/lugar de publicación, OIEA Boletín, Vol. 23, núm. 2, s/fecha, Dirección URL: [http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull232/Spanish/23204890307\\_es.pdf](http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull232/Spanish/23204890307_es.pdf) [consulta: 4 de abril, 2011], p. 3.

<sup>14</sup> Foro Nuclear. *El uranio como fuente de energía*, [en línea], Madrid, Foro Nuclear, julio 2008, Dirección URL: <http://www.foronuclear.org/pdf/monograficos/uranio.pdf> [consulta: 4 de abril, 2011], p. 5.

<sup>15</sup> Carlos J., Pardo Abad. *Las Fuentes de Energía*. Síntesis, Madrid, 1993, p. 66.



del mismo para su reutilización. La industria nuclear afirma que puede “desechar” tales residuos en cementerios nucleares es decir, en depósitos bajo tierra, lo cual no resolvería el problema ya que estos desperdicios se mantienen en ese estado durante miles de años.<sup>16</sup>

Esta técnica solamente serviría para retardar el escape de la radiactividad a la superficie y contaminar más extensiones de tierra, convirtiéndose en una bomba de tiempo, que tarde o temprano tiene que explotar. Es por ello que no es una forma adecuada para resolver la problemática; la única solución sería encontrar un mecanismo que destruyera los desechos generados por el uso de uranio sin mayores impactos ambientales y sociales o que la energía nuclear se dejara de utilizar en la producción de la electricidad.

La energía nuclear cuenta con varios elementos que le darían un papel más importante en la generación de electricidad a nivel mundial, es decir, estamos ante una fuente energética que puede generar una mayor cantidad de energía útil con menos combustible sin pasar por alto, el hecho de que no produce ningún gas contaminante a la atmósfera. Sin embargo, todas estas características se ven minadas bajo la sombra de la generación de residuos radioactivos, la posibilidad de accidentes nucleares, que dependiendo de sus dimensiones serían devastadores, junto con el tiempo y recursos económicos que se tienen que destinar para la construcción de las centrales, es decir, tienen más desventajas que ventajas.

El que organizaciones no gubernamentales defiendan el derecho a no utilizar la energía nuclear en el campo de la energía eléctrica no sólo incumbe al mundo científico y técnico, sino que también es de suma importancia para la sociedad civil.<sup>17</sup> Esto nos demuestra que la sociedad tiene derecho de opinar y decidir qué tipo de fuentes energéticas debe usar su gobierno para la producción de energía eléctrica porque ellos son los que saldrán afectados por tales decisiones. La sociedad es un elemento clave para lograr un desarrollo sustentable basado en energías que no causen impactos graves en todos los rubros.

### 1.1.3 Ciclos energéticos

Debido al descubrimiento del fuego, el hombre tuvo la necesidad de utilizar residuos de madera para obtener calor, cocinar y manipular metales. Más tarde, con el incremento de la población y el desarrollo de tecnología, esta demanda fue creciendo, de tal forma que la energía que transformaba de los residuos naturales no le fue suficiente y así comenzó a talar los árboles haciendo de la madera, la fuente energética más importante hasta el siglo XVIII.<sup>18</sup> Antiguamente,

<sup>16</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 15.

<sup>17</sup> Carlos J. Pardo, *op. cit.*, p. 67.

<sup>18</sup> Fernando Marín, *op. cit.*, p. 2-3.

los residuos de la madera eran suficientes para satisfacer nuestras necesidades, lo cual nos habla de la cantidad de seres humanos que poblaban la Tierra. Cuando ya no alcanzó esta materia prima, lo que hicimos fue explotar la fuente de donde provenía, es decir, los árboles. Si se tuvo el cuidado de preocuparse por la regeneración de los bosques, éste se perdió a través de los años y con el crecimiento de la población de cada región.

La invención de la máquina de vapor originó la Revolución Industrial del siglo XIX donde se necesitó un combustible que diera marcha a esta tecnología y pudiera cubrir la fuerte demanda que la madera no podía sostener; la respuesta se encontró en el carbón, convirtiéndose en la principal fuente energética de ese entonces.<sup>19</sup> Aunque en el siglo XVIII ya se utilizaba este combustible, fue a partir del siglo XIX cuando su consumo se generalizó. Comenzaba, la denominada era del carbón, cuyo éxito se debió a los hornos para su combustión y a las nuevas técnicas mineras que permitían su extracción en grandes cantidades. Sin embargo, los combustibles vegetales nunca fueron reemplazados.<sup>20</sup>

Es evidente que cuando un combustible ya no puede soportar la demanda energética es reemplazado por otro, pero también es indispensable el desarrollo de una nueva tecnología que permita la explotación, transporte, transformación y consumo del nuevo combustible. También es innegable que el reemplazo de la vieja fuente energética no es total ya que hasta la fecha seguimos utilizando la madera y talando nuestros bosques.

Con la Revolución Industrial se inició un periodo donde los centros de producción tenían que estar cerca de los recursos energéticos, principalmente carboníferos. A medida que la producción y las fuentes energéticas se fueron diversificando, las instalaciones industriales se separaron de los yacimientos entrando en escena otros factores, como la aparición de nuevas compañías, el poder empresarial, coste de la mano de obra, etc.<sup>21</sup>

Anteriormente, el desarrollo económico se concentraba en las zonas cercanas a los yacimientos de carbón, sin embargo, la división del trabajo permitió que se crearan nuevas empresas que llevaron trabajo a otros lugares, extendiéndose las redes de transporte y originando la relación obrero-patronal. Aquí es cuando se empezaron a crear enormes fortunas por parte de las familias que eran dueñas de las compañías que formaban parte de las cadenas de producción.

La extracción comercial de petróleo comenzó en 1859, pero fue a principios del siglo XX cuando se inició la primera explotación masiva de pozos petrolíferos en Estados Unidos, quien se convirtió en

---

<sup>19</sup> *Idem.*, p. 4.

<sup>20</sup> Carlos J. Pardo, *op. cit.*, p. 31.

<sup>21</sup> *Idem.*, p. 35.

el primer productor de crudo del planeta. Dos hechos históricos marcaron la pauta para que el petróleo se convirtiera en la fuente energética del siglo XX, primero nos encontramos con la invención de motor de explosión (1860) y la Primera Guerra Mundial (1914-1918), que demandó grandes cantidades de carburantes.<sup>22</sup>

Una vez finalizada esta contienda, las compañías petroleras estadounidenses buscaron petróleo fuera de su territorio, teniendo una fuerte competencia con el Reino Unido por el petróleo de Medio Oriente. El enfrentamiento por el control petrolero internacional, tanto de mercados como de yacimientos, acabó en el “Acuerdo de Achnacarry” de 1928. Éste organizó al mercado internacional del petróleo, basándose en el control estricto de las grandes compañías petrolíferas impidiendo la creación de otros competidores, asegurando la producción y el consumo de petróleo en el mundo.<sup>23</sup>

El petróleo ya era importante cuando se dio fin a la Primera Guerra Mundial es por ello que las compañías petroleras de Estados Unidos y Reino Unido decidieron controlar los mejores yacimientos de Medio Oriente, por ser los más grandes, a través de un acuerdo que monopolizó el control de las zonas petrolíferas sin ningún tipo de competencia. El valor de este acuerdo es el de haber impuesto un orden entre estas compañías, que se reflejó en un suministro confiable para ellos y para sus mercados por varios años.

Si en 1900 el petróleo representaba el 4% del consumo mundial de energía primaria, en 1950 era del 30% y en 1973 era casi del 50%, siendo que en 1987 bajó al 42%. El descenso entre las dos últimas fechas se debe a la crisis del petróleo de los años setenta y al auge del carbón por su consideración como fuente alternativa a la excesiva dependencia del petróleo. Además, éste tiene nuevas ventajas sobre el carbón, ya que ocupa menos volumen y más importante todavía, tiene un mayor poder energético. A comienzos del siglo XX el futuro del petróleo parecía garantizado.<sup>24</sup>

Nos damos cuenta que tuvieron que pasar 50 años para que el petróleo fuera la principal fuente energética a nivel mundial y pasaron otros 70 años para que fuéramos completamente dependientes de este combustible sin imaginar que poco tiempo después se presentaría una de las peores crisis por esta razón y porque nunca se ha puesto en práctica un sistema energético diversificado en donde varios tipos de energía tengan la oportunidad de generar energía útil.

Anteriormente, la madera era la fuente energética más importante y con mayores ganancias económicas. Posteriormente, el carbón tomó su lugar, pero de manera paulatina, ya que no la

---

<sup>22</sup> *Idem.*, p. 45.

<sup>23</sup> *Ibidem.*

<sup>24</sup> *Idem.*, p. 32 y 45.

sustituyó de golpe ni totalmente porque ésta se sigue utilizando. Tuvo que pasar medio siglo para que otra fuente energética ocupara el lugar del carbón, el combustible más comercial en ese momento con una tecnología muy avanzada para su transformación; sin embargo, la llegada del petróleo no impidió que éste dejara de explotarse. Lo cual significa que una vez que una fuente energética ha sido reemplazada por otra, la primera continúa utilizándose aunque en menor proporción.

Para sustituir una fuente energética se tienen que tener ciertas ventajas. En el caso del petróleo obtenemos infinidad de productos gracias a su transformación. En lo referente a su extracción, como éste no se encuentra en minas, se necesitó de menos hombres, dando paso a las máquinas para excavar los pozos petrolíferos.

Sobre los medios de transportación, los trenes y barcos eran óptimos para transportar el carbón a las zonas industriales; sin embargo, eran muy lentos, pero con la llegada del petróleo, los oleoductos y un transporte marítimo más eficiente se hicieron presentes, es decir, el cambio de una fuente energética a otra viene acompañado de una innovación tecnológica para su extracción, transportación y transformación. Además, las empresas petrolíferas se dieron cuenta que con la misma cantidad de petróleo se podría obtener más energía útil que la que obtenían con la misma cantidad de carbón.

Un cambio de fuente energética implica la modificación de algunas cadenas energéticas existentes y la desvalorización de su capital.<sup>25</sup> Este es un punto muy importante para toda la industria que se encarga de la extracción, transporte y transformación de una fuente de energía; tal es el caso de la minería donde la máquina de vapor, hornos y la industria ferrocarrilera poco a poco se vinieron abajo con la llegada del petróleo, destruyendo emporios y arruinando a empresarios que no tuvieron la visión de invertir en la nueva fuente energética que empezaba a surgir.

La rentabilidad de un recurso consta de generar más energía útil que la empleada en su extracción y que su precio en el mercado sea mayor al costo pagado por su obtención.<sup>26</sup> Es decir, el costo de extracción de una fuente energética tiene que ser barato para ofrecerlo al mercado a un precio más alto y de esta forma las compañías puedan tener un buen margen de ganancia. Por otro lado, es primordial que la energía que se gaste en la extracción tiene que ser menor a la obtenida en su transformación, sí esto no pasara, el negocio de fuentes energéticas no sería rentable, ya que se gastaría más energía de la que se podría vender.

---

<sup>25</sup> *Idem.*, p. 18.

<sup>26</sup> *Idem.*, p. 19.

La relación crecimiento-económico y crecimiento-energético juega un papel fundamental porque si las fuentes de energía son abundantes y baratas, favorecen el crecimiento y se demanda una mayor cantidad de energía; si por el contrario, escasean y son costosas, limitan el desarrollo y por ende la demanda energética es menor.<sup>27</sup> Se puede caer en el supuesto de que un país sea altamente desarrollado, pero sin demandar grandes cantidades de energía, ya que puede practicar el ahorro energético dentro de sus procesos productivos y en todos demás sectores.

Se concluye que cuanto más sea el desarrollo económico de un país, la demanda de energía es mayor, lo cual provoca que la fuente energética ya no sea suficiente para cubrir las necesidades de energía que se requieren, dando como resultado la búsqueda de otra fuente y la creación de tecnologías para poder utilizarla. La fuente energética descubierta debe ser barata y abundante, con un mayor potencial energético y con la tecnología necesaria para hacer uso de ella. Por último, los ciclos energéticos son lentos, debido a que son una serie de procesos que pasan por ciertas etapas para desarrollarse completamente.

#### **1.1.4 Demanda de recursos energéticos no renovables**

El mundo tiene una gran dependencia hacia las fuentes energéticas no renovables, inclusive los países que no cuentan con yacimientos energéticos suficientes necesitan del exterior para poder obtener energía y lograr un crecimiento. Los recursos energéticos juegan un papel fundamental en el desarrollo de cualquier país porque la energía se utiliza para la producción de bienes y servicios, para el transporte y distribución de mercancías, y para numerosas necesidades de la vida diaria. Las consecuencias de una falta temporal de ésta serían catastróficas para los procesos productivos y para la sociedad en su conjunto.<sup>28</sup>

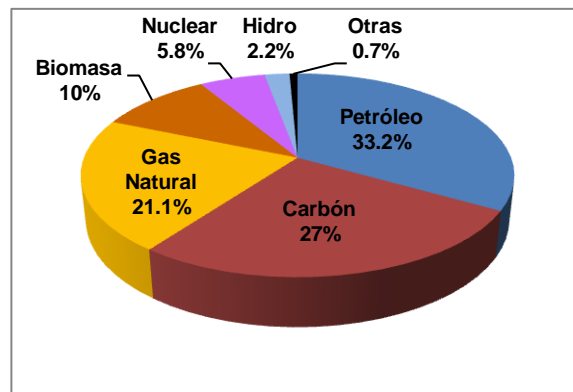
Utilizamos energía útil todos los días y no puede haber un día en que no nos haga falta. La energía sirve para que todo un país pueda funcionar, por ello, una falla en el suministro tendría graves consecuencias de todo tipo, de ahí la importancia de tener fuentes energéticas confiables. La confiabilidad va de la mano de la abundancia, de su distribución y de su ahorro, sin estos elementos siempre vamos a correr el riesgo de enfrentarnos a una escasez de las mismas.

---

<sup>27</sup> *Idem.*, p. 30.

<sup>28</sup> *Idem.*, p. 63.

### Suministro de energía primaria por combustible en 2008 a nivel mundial



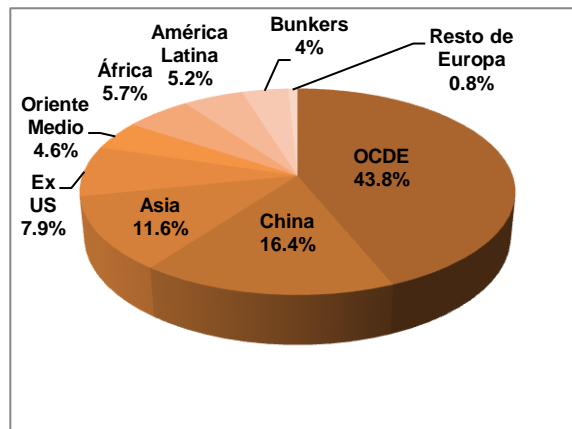
Otras incluye a la energía solar, eólica, geotérmica, etc.

Gráfica 1. Fuente: Informe Estadístico de la Agencia Internacional de Energía de 2010.

Lo que se puede observar en la gráfica es que el petróleo, el gas natural y el carbón son las tres fuentes energéticas más importantes hasta este momento y en quienes recae toda la responsabilidad de proporcionarle al mundo el 81.3% de la energía útil para mantener e incrementar nuestro desarrollo económico. Existe un equilibrio aparente entre los combustibles fósiles dentro del suministro energético, es decir, el petróleo ya no nos proporciona el 50% de la energía necesaria como lo hizo algún tiempo; sin embargo, todavía es el combustible fósil más importante a nivel mundial.

Lo que llama la atención es que la biomasa se encontró muy por encima de la energía nuclear con un 10% y un 5.8% respectivamente ya que es mucho más barato la combustión de misma que la construcción de una central nucleoelectrónica. La energía hidroeléctrica (no se realiza la diferencia entre grandes y pequeñas hidroeléctricas) fue la segunda energía renovable de mayor uso con un 2.2%, mientras que las demás renovables (de las cuales se hablarán más adelante) solamente cubrieron el 0.7% de las necesidades energéticas mundiales. Sin hacer alguna diferencia en el tipo de fuentes de energía renovable, se puede decir que entre todas ellas nos proporcionaron el 12.9% de la energía necesaria a nivel mundial. Con ello se puede observar que este tipo de energías distan mucho de los combustibles fósiles, en el suministro mundial energético.

### Consumo de energía primaria por región en 2008

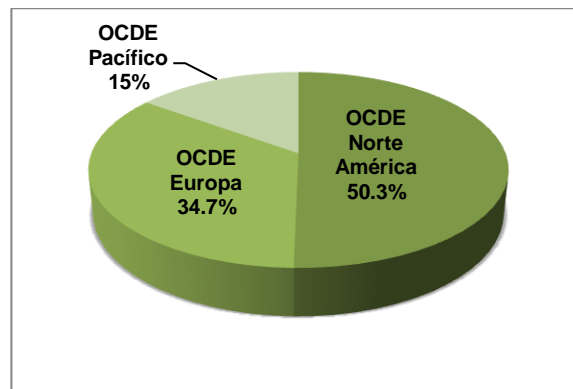


Gráfica 2. Fuente: Informe Estadístico de la Agencia Internacional de Energía de 2010.

Esta gráfica nos muestra que los países de la OCDE consumieron la mayor cantidad de fuentes energéticas en 2008, representado con el 43.8%, ya que casi todos los países que conforman esta organización son altamente industrializados, generando gran parte de los productos que se venden alrededor del mundo. Otra de las cosas que se puede observar, es el papel preponderante de China pues alcanzó el 16.4%, es decir, consume una mayor cantidad de energía primaria en comparación con el resto de los países asiáticos, que juntos suman el 11.6%.

Los países de la Ex Unión Soviética demandaron más energía primaria que Medio Oriente ya que abarcaron el 7.9 y 4.6% respectivamente, siendo que ésta última región, es quién posee los mejores yacimientos de combustibles fósiles. Otra de las cosas más notables es que África consumió un 0.5% más energía que América Latina debido a la quema de biomasa. Por último, se hace referencia a la participación de los bunkers marinos y a todas las aeronaves internacionales alcanzando un 4%, es decir, demandaron más energía que el resto de Europa no perteneciente a la OCDE, pues estos países solamente alcanzaron el 0.8%. Es decir, esta región es la que menos fuentes de energía consumió en 2008.

Los países de la OCDE son los mayores consumidores de energía a nivel mundial; sin embargo, no se puede negar que China se está convirtiendo en una de las naciones más importantes en cuanto a la demanda de fuentes de energía, y según los expertos, su consumo continuará creciendo y a éste se le sumará el de países como India. Son todas estas naciones quienes han optado por el uso de fuentes de energía renovable, puesto que su demanda se elevará requiriendo un suministro confiable futuro, algo que las energías no renovables no pueden dar.

**Consumo de energía primaria de la OCDE en 2008**

Gráfica 3. Fuente: Informe Estadístico de la Agencia Internacional de Energía de 2010

De esto se puede concluir que la OCDE de América del Norte que incluye a Estados Unidos, Canadá y México consumió la mayor cantidad de combustibles que el resto de los países de esta organización gracias al papel preponderante de Estados Unidos, pues es el mayor consumidor de energía mundial. Pero datos preliminares de la Agencia Internacional de Energía indican que en 2009 China superó a Estados Unidos como el máximo consumidor de energía en todo el mundo. Lo sorprendente es que en el año 2000, el consumo de energía chino fue sólo la mitad del de Estados Unidos. China se ha vuelto un país altamente industrializado en menos de una década, no cabe duda que en un futuro, será la máxima potencia mundial.

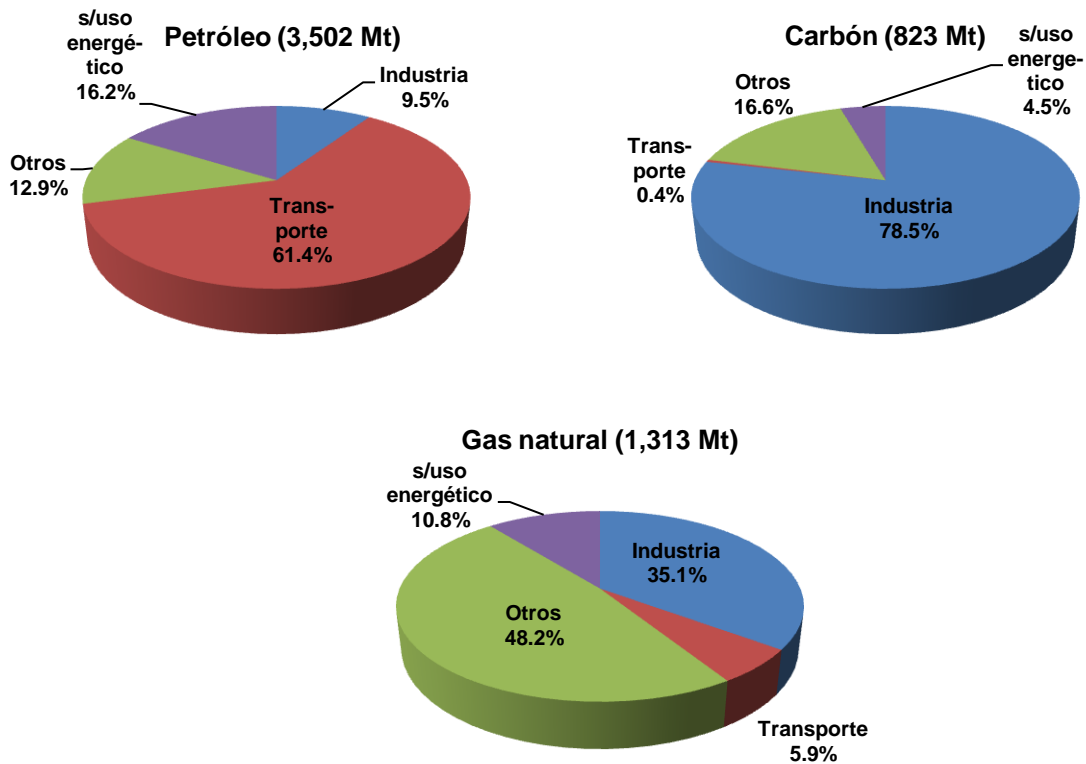
Por otro lado, existe un claro desequilibrio geográfico a nivel mundial en cuanto a la producción y consumo de energía, ya que frecuentemente la localización de los recursos energéticos no coincide con las regiones de mayor consumo como ocurre con Estados Unidos, Alemania, Francia, Italia o España y quizá el caso más significativo, Japón, que representa una dependencia energética del 90%.<sup>29</sup>

Éste es un fenómeno muy interesante, sin embargo, no siempre es una regla. Tal es el caso del carbón, donde los yacimientos más importantes se encuentran en Estados Unidos y China. Sin embargo, la mayoría de los yacimientos de petróleo están en manos de los países en vías de desarrollo, que en teoría no consumen tanta energía como los más desarrollados, pero hay sus excepciones como China e India. La clara dependencia del exterior en cuanto a fuentes energéticas fósiles contribuyó a que varios países emprendieran la búsqueda de otras fuentes de energía para cubrir parte de su demanda energética, lo cual explica su gran adelanto tecnológico y científico en cuanto a éstas.

<sup>29</sup> *Idem.*, p. 34.



## Consumo final por sector económico en 2008



Otros se refiere a la agricultura, sector servicios, uso residencial, etc.

Gráfica 4, 5 y 6. Fuente: Informe Estadístico de la Agencia Internacional de Energía de 2010.

En la gráfica del petróleo nos damos cuenta que el transporte es el mayor consumidor de este combustible alrededor del mundo con el 61.4% y no es de sorprenderse, ya que éste genera la mayor parte del combustible utilizado en ese sector. El segundo lugar se lo llevaron los usos sin un valor energético con un 16.2%, estos se refieren a la infinidad de productos que se derivan del petróleo como el plástico, ropa, fertilizantes, etc. A diferencia de lo que se podría pensar, la agricultura, el sector servicios y las viviendas consumen una mayor cantidad de petróleo que el sector industrial con un 12.9% y 9.5% respectivamente.

En la gráfica del carbón, tenemos que el sector industrial consume la mayor cantidad de éste para la obtención de energía útil con un 78.5%, mientras que el sector agrícola, servicio, el uso residencial, etc., se mantuvieron en segundo lugar con un 16.6%, el carbón que se utiliza sin fines energéticos (productos como tintes, medicinas, explosivos, etc.) tiene el tercer lugar con el 4.5% y como es de esperarse, el carbón es poco utilizado en el transporte obteniendo el 0.4%.

La gráfica del gas natural nos muestra que este combustible es más utilizado en la agricultura, en el sector servicios y en el uso residencial, entre otros, pues obtuvo el primer lugar con un 48.2%. Mientras que el sector industrial queda relegado, ya que se ubica en la segunda posición con un 35.1%, porque como ya vimos, éste prefiere el uso del carbón. De nuevo, el factor llamado sin fines energéticos (fibras acrílicas, colorantes, fertilizantes, desinfectantes, etc.), le gana al transporte en cuanto al consumo de gas con el 10.8 y 5.9% respectivamente.

Resumiendo, el sector transporte y el industrial son los principales consumidores de energía; entre las principales actividades industriales tenemos a la siderurgia, la fabricación de cemento, la industria química y de alimentos y la eléctrica. En el caso del transporte, el número de automóviles que circulan por todo el planeta es enorme emitiendo dióxido de carbono a la atmósfera (gas contaminante) todos los días y a todas horas. Aunque la demanda de combustible en la agricultura y otros servicios es menor (excepto en el uso de gas natural), no se puede negar que éstos consumen cantidades muy importantes de las tres fuentes de energía fósil.

Pareciera que cada sector económico tiene un combustible predilecto, es decir, utilizan la fuente energética que más se adapta a sus necesidades y a la tecnología que poseen para su transformación en energía útil. Por ejemplo, la mayoría de los vehículos poseen un motor de combustión apto para la quema de gasolina (derivado del petróleo), muy pocos utilizan gas natural y la movilidad del transporte por medio del uso del carbón es mínima.

El consumo energético de los países más desarrollados seguirá creciendo y a éste se les unirá el de los países en vías de desarrollo como China, India y Brasil que están intentando satisfacer la creciente demanda energética, creada por sus economías en expansión.<sup>30</sup>

Eso significa que el consumo de energías no renovables crecerá en los próximos años alrededor del mundo. Un mayor nivel de vida y el crecimiento de la población aplican para los países en vías de desarrollo ya que su afán de mantener sus cúpulas de poder y erradicar la pobreza está basado en una mayor industrialización, además existen factores religiosos, ideológicos, culturales y morales que intervienen para tener un mayor crecimiento poblacional ocasionando mayor demanda de energía por medio de bienes, servicios, transporte, recursos naturales, etc. En el caso de los países desarrollados, el sector transporte y el industrial junto con el poder adquisitivo, los convierte en grandes consumidores de energía.

Las repercusiones de tipo espacial, social, económico y medio ambiental derivadas del uso de energía son variadas e importantes.<sup>31</sup> Las consecuencias son de tipo espacial porque ha habido

---

<sup>30</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 18.

conflictos bélicos por apoderarse de los mejores yacimientos de petróleo en el mundo; las consecuencias sociales surgen porque no todas las personas tienen acceso a la energía ya sea por no contar con recursos necesarios o porque el Estado no tiene la capacidad de costear una infraestructura adecuada; las consecuencias económicas radican en que sin fuentes de energía suficientes y baratas es difícil tener un desarrollo económico; y existen repercusiones hacia el medio ambiente porque la quema de fuentes energéticas no renovables producen gases que están intensificando el efecto invernadero y como consecuencia el cambio climático.

### 1.1.5 Crisis de recursos energéticos no renovables

El petróleo es la principal fuente de energía a nivel mundial, pero ¿cuánto tiempo nos queda de este combustible? El informe de la Revisión Estadística de la Energía Mundial de 2010 (Statistical Review of World Energy 2010) elaborado por la British Petroleum (BP) calcula que las reservas probadas<sup>32</sup> de petróleo en todo el mundo durarán 45.7 años y las de gas natural 62.8, siempre y cuando la producción y el consumo de esos combustibles fósiles se mantenga estable hasta su total agotamiento.<sup>33</sup> Mientras que la Asociación Mundial del Carbón (World Coal Association) dice que las reservas probadas de petróleo durarán 46 años y las de gas natural 63. Ambos datos poseen mínimas diferencias, pero sin duda nos confirman que solamente tenemos reservas probadas de petróleo para 46 años y de gas natural alcanzarán para un poco más de 60.

La Asociación para el Estudio del Cenit del Petróleo (ASPO), que alberga a científicos de diversos países que se dedican al estudio de las reservas petrolíferas, nos dice que los expertos en geología y recursos energéticos sostienen que en el siglo XXI se alcanzará el cenit de la producción mundial de petróleo, a partir del cual su disponibilidad comenzará a descender.

Para entender mejor esta situación tenemos que ver que la producción de cualquier pozo de petróleo sigue una curva en forma de campana llamada “curva de Hubbert” (geofísico americano que trabajó para la compañía Shell en Texas). Esta curva explica que al inicio de la explotación de un pozo, la producción de petróleo aumenta de forma rápida y se puede obtener una mayor cantidad de éste con muy poco esfuerzo alcanzando un máximo en su producción llamado cenit del petróleo, pero a partir de éste, la producción comienza su declive hasta el agotamiento del pozo, que siguiendo la forma de la campana, al principio se va dando poco a poco y después más rápidamente.<sup>34</sup>

<sup>31</sup> Carlos J. Pardo, *op. cit.*, p. 35.

<sup>32</sup> Las reservas probadas son yacimientos comercialmente recuperables; las reservas probables tienen un grado de incertidumbre y las posibles mucho más.

<sup>33</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 26.

<sup>34</sup> Fernando, Bullón Miró, *op. cit.*, p. 2-3.

Lo que Hubbert quiso decir, es que la producción de petróleo va a ser menor pasando el periodo de mayor producción de cualquier yacimiento, sencillamente porque es un recurso finito que si se gasta, se agota. La manera de cómo nos podemos dar cuenta cuando algún pozo alcanzó su cenit es cuando se reduce su producción, pero muchas veces esto no es perceptible porque es un proceso lento que después avanza precipitadamente.

Aunque no se puede saber con exactitud la fecha del cenit de la producción mundial de petróleo, los geólogos estiman que se produjo en la década pasada (2000-2010). Conocer esta fecha no es lo que más le preocupa a los expertos, ya que el punto más alto de la curva puede presentar fluctuaciones antes de empezar el declive.

Lo preocupante es que todos los cálculos que hizo Hubbert se están cumpliendo y ya estamos en los años en los que la producción mundial de petróleo no se va a incrementar significativamente. La prueba está en que la producción de algunos países fuera de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) ya han alcanzado su cenit y otros lo están alcanzando. De acuerdo a la “curva de Hubbert”, ya nos acercamos al agotamiento de la mitad del petróleo extraíble del mundo, y queda por extraer la mitad restante.<sup>35</sup>

Si los cálculos de los más expertos se cumplen, durante los próximos años vamos a notar una menor producción de petróleo y aunque no es esencial saber la fecha del cenit de la producción mundial, es urgente que los diversos gobiernos de todo el mundo actúen como si el petróleo se fuera acabar de la faz de la Tierra con las reservas probadas que están calculadas para unas cuatro décadas más. Este petróleo restante tendrá la característica de ser más costoso porque como ya se mencionó, los niveles de producción bajarán y su extracción implicará mayores esfuerzos, lo cual significa que estaremos dependiendo de un combustible más caro.

Aunque se encuentren más yacimientos de petróleo (reservas probables y posibles) tenderán a ser de menor tamaño en comparación con los actuales y con una extracción más costosa y, algunas veces no valdrá la pena explotarlos ya que se gastará más energía en su extracción que la que se obtendría para su venta. Los nuevos yacimientos solamente nos servirían para retardar la caída del petróleo como nuestra principal fuente energética.

Los días de “petróleo y gas baratos” están llegando a su fin.<sup>36</sup> En 2009, el costo por barril de petróleo fue de 113 dólares y es probable que el precio a corto plazo continúe alto.<sup>37</sup> Esto significa que todos los productos derivados del petróleo también van a encarecerse y escasear a medida

<sup>35</sup> *Idem.*, p. 6 y 17.

<sup>36</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 1.

<sup>37</sup> IEA. *Key World Energy Statistics*, [en línea], París, International Energy Agency, 2010. Dirección URL: [http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key\\_stats\\_2010.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf) [consulta: 3 de abril, 2011], p. 7.

que la producción de petróleo disminuya. Esta acción también se extenderá a los demás sectores económicos afectando la economía y el desarrollo de todos los países sin excepción. A pesar de todas estas referencias la mayoría no están haciendo mucho al respecto, tal vez por la falta de compromiso, de visión política, y de no afectar los intereses alrededor de los combustibles fósiles.

El gas natural también sigue una “curva de Hubbert”, en donde se estima que su cenit se alcanzará cerca del 2020 y debido a las características geológicas de sus yacimientos, la curva es más pronunciada, de manera que cuando se alcance el punto más alto, será más rápida la caída que en el caso del petróleo.<sup>38</sup> Las características del gas natural no nos permiten tener la esperanza de que sea nuestra principal fuente energética en el momento en que el petróleo ya no lo pueda hacer porque su producción escaseará abruptamente. Lo que nos queda es cuidar las reservas de gas, ya que este es el combustible fósil menos contaminante a nivel mundial.

Tanto el Informe de la Revisión Estadística de la Energía Mundial 2010 de la BP como la Asociación Mundial del Carbón nos indican que las reservas de este combustible durarán unos 119 años siempre y cuando se mantenga el consumo actual. Estos datos comprueban que el carbón es la fuente fósil con mayores reservas a nivel mundial. Sin embargo, si optamos por este combustible, su costo tenderá a elevarse y sus reservas se verán reducidas, sin olvidar que dependeríamos de la fuente energética más contaminante a nivel mundial.

El uranio es y continuará siendo un recurso muy caro y con reservas finitas. La Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, sostiene que el planeta tiene reservas de uranio para abastecer durante un siglo todos los reactores que se encuentran en funcionamiento, siempre y cuando el consumo sea igual al actual.<sup>39</sup> La Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos AEREN (asociación no lucrativa española) también señala que esta fuente de energía alcanzará para unos 70 o 100 años y que el cenit se producirá en unos 25 aproximadamente. Mientras que el Informe de la Industria Nuclear Española: *El Uranio como fuente energética de 2008*, menciona que quedan extensas zonas sin investigar cuyas características son favorables para la existencia de uranio, por lo que el nivel mundial de reservas está sin concretarse.

Estos datos acerca de la energía nuclear nos hacen ver que todavía habrá uranio para un siglo más, lo cual significa que si todavía no se llega a descubrir la manera adecuada de deshacernos de todos los residuos radioactivos y si las centrales nucleares continúan sin reusar el material que sale del reactor, los residuos seguirá aumentando a niveles críticos.

---

<sup>38</sup> *Idem.*, p. 36.

<sup>39</sup> s/a. “La reserva de uranio duraría un siglo si se sigue el ritmo del consumo actual”, [en línea], Santiago, *La Tercera*, 3 de junio de 2008, Dirección URL: [http://www.tercera.cl/contenido/27\\_18117\\_9.shtml](http://www.tercera.cl/contenido/27_18117_9.shtml) [consulta: 5 de abril, 2011].

Todos hablan que las reservas mundiales de las energías no renovables tienen que tener un consumo igual al actual. Pero no nos hemos puesto a pensar que la población mundial alcanzará la cifra aproximada de 9 mil millones de personas en el mundo durante 2003 a 2050.<sup>40</sup> Por otro lado, el afán de conseguir un mayor desarrollo económico por medio de la industrialización demandarán mayores cantidades de energía alrededor del mundo.

Esto significa que en el momento que las reservas probadas de petróleo escaseen a nivel mundial, las reservas de gas natural, carbón y uranio se verán enormemente reducidas y por ende serán más costosas estancando el desarrollo. Por tal motivo, las energías no renovables no lograrán sostener la demanda energética futura. Tal panorama ha logrado que los miembros de la OCDE, China, India, Brasil, entre otros, estén permitiendo la mayor participación de las fuentes energéticas renovables que son capaces de proporcionarles un suministro confiable sin presentar un problema de escasez.

Aunado a esto, el crecimiento demográfico producirá más destrucción de recursos naturales debido a la explotación sucesiva de los suelos para la producción de alimentos.<sup>41</sup> Como podemos observar, el crecimiento de la población no solamente significará una mayor demanda de energía, sino también la destrucción de más bosques para dar paso a la agricultura alimenticia. Sin duda, este es un panorama muy desalentador. Por ello, los países en vías de desarrollo ya deben planear estrategias con el propósito de superar esta situación, tal como los países más desarrollados.

## 1.2 Energía eléctrica

La vida moderna no se concibe sin energía eléctrica, su consumo tiene el carácter de producto básico. La generación masiva de electricidad comenzó a fines del siglo XIX con la iluminación eléctrica de las calles y las casas hasta sus más recientes aplicaciones en la economía de la comunicación, del entretenimiento y de la informática.<sup>42</sup> Sin duda, los usos de esta energía se han extendido a campos inimaginables a tal grado que sin ella todo el desarrollo económico, social y tecnológico se vería enormemente afectado. Es considerada como un producto de primera necesidad y su demanda es prácticamente incalculable.

Datos de la Agencia Internacional de Energía nos dice que la energía eléctrica es la segunda más consumida a nivel mundial antecedida solamente por el petróleo. Esto nos habla de la enorme importancia que ha llegado a tener durante los últimos años. Su suministro es vital para el

<sup>40</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 27.

<sup>41</sup> Ana, Jesús Hernández. *Temas Ecológicos de Incidencia Social*. Narcea, Madrid, 1987, p. 24.

<sup>42</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p.88.

desarrollo de la humanidad, es por ello que necesitamos una manera confiable y sustentable de obtenerla, pues hasta este momento no hay nada que la pueda sustituir.

Se espera que la demanda mundial de electricidad siga incrementándose con más fuerza que cualquier otra energía útil o de uso final. Pero por otro lado, la Agencia Internacional de Energía calcula que 1,400 millones de personas, es decir, más del 20% de la población mundial carece de energía eléctrica.<sup>43</sup> Esto nos habla de su enorme desigualdad, ya que su demanda aumentará debido al incremento de la población mundial y a las necesidades de crecimiento de las naciones, pero también habrá más personas que carezcan de sus grandes beneficios. Es decir, necesitamos un mundo eléctrico más equitativo, el cual se podría lograr con energías accesibles y menos contaminantes.

El vatio (en inglés watt, símbolo W), es una unidad de potencia (que es el ritmo que se usa o genera energía). Mientras que el kilowatt hora (kWh), es una unidad de potencia equivalente a la energía usada o generada por 1000 watts en una hora. Los watts van a estar muy presentes a lo largo de esta investigación por ello, es importante tener en cuenta lo siguiente:

#### Múltiplos del Sistema Internacional para el vatio (W)

Valor	Abreviatura	Nombre	Equivalencia
$10^3$ W	<b>kW</b>	Kilowatt	<b>Mil watts</b>
$10^6$ W	<b>MW</b>	Megawatt	<b>1 millón de watts</b>
$10^9$ W	<b>GW</b>	Gigawatt	<b>Mil millones de watts</b>
$10^{12}$ W	<b>TW</b>	Terawatt	<b>1 billón de watts</b>

#### 1.2.1 Generación de energía eléctrica

El uso de energía eléctrica no emite ningún tipo de contaminantes, es sumamente limpia y sirve para satisfacer la mayor parte de nuestras necesidades, el problema se presenta al momento de producirla, ya que gran parte de ella se obtiene a través de la quema del carbón y gas natural y en menor proporción del petróleo. Al quemar estas fuentes de energía en las centrales eléctricas se produce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que va a parar a la atmósfera. La presencia de este gas intensifica el efecto invernadero, el cual impide que el calor escape de la Tierra haciendo que su temperatura media se incremente.<sup>44</sup>

<sup>43</sup> IEA. *World Energy Outlook 2010*, Resumen Ejecutivo [en línea], París, International Energy Agency, 2010, Dirección URL: [http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010\\_es\\_spanish.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010_es_spanish.pdf) [consulta: 11 de abril, 2011], p. 17.

<sup>44</sup> Fernando Marín, *op. cit.*, p. 43.

Por un lado, el uso de energía eléctrica se ha vuelto indispensable ya que es un producto básico en nuestras casas, trabajos, escuelas, industrias, etc., pero por otro, la mayoría de los métodos para producirla utilizan combustibles fósiles, los cuales emiten grandes cantidades de gases que afectan a la atmósfera y por ende, el medio ambiente.

**Combustión del carbón.** En una central termoeléctrica de carbón, el combustible pulverizado se coloca en una cámara donde se quema a alta temperatura. Los gases calientes vaporizan agua, ese vapor recorre las tuberías de una caldera activando una turbina de vapor para generar electricidad. Más del 90% de las centrales térmicas de carbón utilizan este sistema y sus capacidades varían de unos cientos a miles watts.<sup>45</sup> El carbón es el combustible por excelencia a nivel mundial para la generación de energía eléctrica porque es barato, abundante y existen los hornos mediante los cuales se genera el suficiente calor para calentar agua y convertirla en vapor. Sin embargo, este proceso implica la emisión de una gran cantidad de gases contaminantes a la atmósfera como se verá más adelante.

**Combustión del petróleo.** Las centrales no utilizan de forma directa al petróleo sino que hacen uso de sus derivados o los residuos que se obtienen de su refinación para quemarlos y así producir altas temperaturas con el propósito de calentar agua y convertirla en vapor, una vez que se obtiene el agua en su estado gaseoso se pasa a través de una turbina de vapor que es capaz de generar electricidad. El hecho de no quemar directamente el petróleo es porque se estaría desperdiciando esta enorme fuente de energía en una termoeléctrica, por ello que se utilizan residuos de bajo costo y poca calidad produciendo dióxido de carbono a la atmósfera.

**Combustión del gas natural.** El gas natural se utiliza en la generación de electricidad mediante el uso de turbinas de gas. Las centrales con este tipo de tecnología emplean el gas a altas temperaturas para operar la turbina directamente. Este carburante es el menos contaminante de los combustibles fósiles, ya que si se quema la misma cantidad de gas y de carbón, éste produce alrededor de un 45% menos de dióxido de carbono.<sup>46</sup>

Otra técnica para la producción de electricidad es la del ciclo combinado de gas natural (CCGT) que es la utilización de una turbina de gas con una de vapor. En una central de ciclo combinado se genera electricidad con un generador que utiliza una turbina de gas. Los gases de escape super calientes provenientes de esa turbina se utilizan para calentar agua que se convierte en vapor generando más electricidad en una turbina de vapor. Esta técnica aumenta la eficiencia de las

---

<sup>45</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 69.

<sup>46</sup> *Ibidem.*



centrales eléctricas ya que no se desperdician los gases que se escapan de la combustión de gas.<sup>47</sup>

El gas natural tiene el segundo lugar en la producción de electricidad a nivel mundial, esto implica una ventaja, es decir, emite menos gases dañinos al medio ambiente por ser la fuente fósil menos contaminante. Pero su desventaja esencial consiste, en que es una fuente no renovable con reservas probadas para unos 60 años que no podrán sostener la demanda energética mundial por mucho tiempo. Su importancia en la electricidad radica en que se cuenta con las turbinas de vapor en donde no es necesario someterlo a procesos de transformación complicados. Por otro lado, el ahorro energético siempre tendrá un valor incalculable en términos medioambientales por medio de las CCGT ya que esto contribuye a generar menos impactos ambientales debido a su eficiencia.

**Uso de la energía nuclear.** La historia del uranio es muy reciente ya que su mercado formal se estableció hasta finales de los años 60. Sin embargo, para 1975 la construcción de nuevas centrales nucleares para producir electricidad quedó limitada debido a la presión de los grupos ecologistas y de ciertos medios de comunicación.<sup>48</sup> Sin duda, los movimientos sociales formaron parte de la decisión de los gobiernos en limitar la construcción de plantas nucleares al servicio del sector eléctrico, es decir, la sociedad es parte importante en la toma de decisiones de su país para saber qué tipo de fuentes de energía son las más convenientes con el propósito de generar la energía eléctrica necesaria.

La mayoría de las centrales nucleares utiliza el método del ciclo abierto en donde el combustible se coloca en un reactor nuclear (que es donde se produce una reacción nuclear controlada) como consecuencia de esto, el combustible es quemado y retirado para tratarlo como desecho. Sin embargo, el potencial energético que permanece en el combustible después de su paso por el reactor puede ser recuperado para su reutilización.<sup>49</sup>

La enorme cantidad de residuos radioactivos nos hace ver, que los países que utilizan la energía nuclear no han puesto en práctica un reciclado eficiente de los residuos nucleares, provocando que año con año se acumulen más y más desechos sabiendo del peligro que implica tal acción; sin embargo, aunque se reutilice el combustible quemado, no cabe duda que seguirá habiendo material radioactivo de desecho por todo el mundo. Los países tienen una responsabilidad con el mundo y eso significa aplicar todas las acciones necesarias para evitar la generación de este tipo de residuos.

---

<sup>47</sup> *Ibidem.*

<sup>48</sup> Carlos J. Pardo, *op. cit.*, p. 46.

<sup>49</sup> Foro Nuclear. *El uranio como fuente de energía, op. cit.*, p. 14 y 17.

**Uso de hidroeléctricas.** Desde la antigüedad, se reconoció que el agua que fluye de una distancia a otra posee una determinada cantidad de energía que puede convertirse en trabajo, como lo demuestran los molinos que se construyeron a través de la historia. De hecho, fue una de las primeras formas que se utilizaron para producir energía eléctrica.<sup>50</sup> La energía del agua posee una enorme capacidad de producir millones de watts, lo que no se pudo prever fueron los enormes impactos que se producirían por el uso de técnicas poco sustentables para el funcionamiento de las presas, es decir, no por el hecho de ser una fuente energética renovable, no significa que no genere daños ambientales o sociales, es por ello que se deben de analizar todas las acciones que minimicen tales impactos.

La energía hidráulica se basa en una presa que es un muro que atraviesa el cauce de un río y que lo divide en dos partes, aguas arriba y aguas abajo con una comunicación casi nula o inexistente entre los dos lados. La presa tiene un conducto que lleva parte del agua embalsada a una turbina a la que hace girar, esto activa un generador eléctrico para transformar la energía mecánica en eléctrica.<sup>51</sup> El conjunto de esta infraestructura se denomina central hidroeléctrica que se pueden dividir por la potencia producida en:

1. Grandes centrales hidroeléctricas. Son presas grandes con capacidades de producción de más de 10 MW.
2. Pequeñas centrales o minihidroeléctricas. Son centrales que producen menos de 10 MW.<sup>52</sup>

Los problemas ambientales y sociales son muy variados y dependen fundamentalmente del tamaño de estas estructuras ya que siempre hay riesgos de producir daños de grandes dimensiones:

- Una gran hidroeléctrica provoca que algunas especies de peces sufran por no poder hacer las migraciones estacionales para su reproducción reduciendo su número.
- Las turbinas utilizadas en las centrales hidráulicas mata a miles de peces cada año.
- El embalsamiento permite que la materia orgánica se fermente en el fondo del agua consumiendo el oxígeno, esta desoxigenación ocasiona que el embalse se llene de CO<sub>2</sub>, aumentando la acidez del agua.
- El embalse es muchas veces refugio de especies que pueden provocar enfermedades, tales como los mosquitos, caracoles, etc. Por ejemplo, en la macropresa de Asuán en Egipto, se han dado condiciones muy adecuadas para la proliferación de caracoles, provocando enfermedades parasitarias al 70% de la población campesina de esa región.

<sup>50</sup> Omar, Guillen Solis. Energías renovables: una perspectiva ingenieril. Trillas, México, 2004, p. 47.

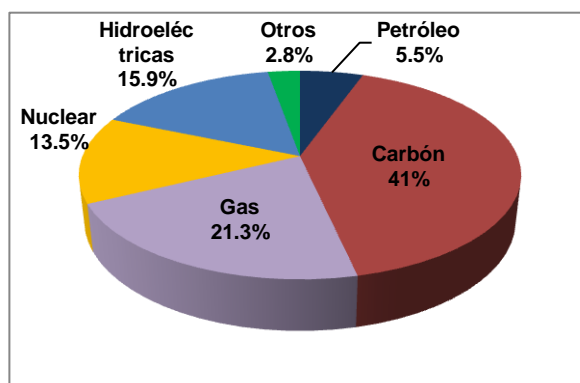
<sup>51</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p.10-11.

<sup>52</sup> Omar Guillen, *op. cit.*, p. 48-49.

- Las aguas que se encuentran debajo de la presa producen nuevos efectos de sedimentación y erosión.<sup>53</sup>

Tales impactos pueden verse reducidos con la ayuda de técnicas especiales, la cuestión es que los gobiernos que aprovechan la energía del agua quieran invertir en ellas para que se reduzcan los efectos que pueden poner en peligro la flora y fauna de los ríos. En lo que respecta a los impactos sociales tales como enfermedades, despojo de tierras, etc., deben ser minimizados porque la sociedad en general es quién puede apoyar las fuentes energéticas que logren un futuro sustentable.

### Generación de energía eléctrica a nivel mundial por combustible en 2008



En 2008, el mundo generó 20,181 billones de watts.

Otros se refiere a las energías renovables con excepción de la energía hidroeléctrica.

Gráfica 7. Fuente: Informe Estadístico de la Agencia Internacional de Energía de 2010.

Lo que se observa es que el carbón es el combustible más utilizado a nivel mundial para la generación de energía eléctrica alcanzando el 41%, siendo que es la fuente fósil más contaminante. El gas queda en segundo lugar con un 21.3%, que es la mitad del porcentaje que representa el carbón. El tercer lugar se lo lleva la energía hidroeléctrica con el 15.9% dejando en cuarto lugar a la nuclear con un 13.5%, este dato la convierte en la energía renovable más utilizada en la industria eléctrica (siendo que no se hace diferencia entre pequeñas y grandes presas).

Un dato a destacar es que el petróleo es poco usado alrededor del mundo como generador de electricidad, pues tiene la quinta posición con el 5.5%. Mientras que el resto de las renovables obtuvo el último lugar con cerca del 3%. Si no hacemos la diferencia entre hidroeléctricas y las demás renovables, podemos decir que su participación en la generación de electricidad a nivel mundial en 2008 fue del 18.7% frente al 81.3% de las no renovables (carbón, gas natural, energía

<sup>53</sup> Antonio Lucena *op. cit.*, p. 12-14.

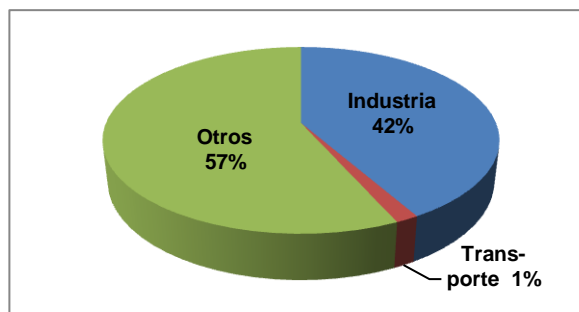
nuclear y petróleo). El uso intensificado de los combustibles fósiles en la generación eléctrica, la convierte en una de las actividades más contaminantes a nivel mundial.

Cuando las reservas probadas de petróleo se agoten en un plazo de 46 años, quién sino las renovables podrán sustituirlas en la generación de energía eléctrica ya que si se dependiera del carbón, su demanda subiría a un 67.8% en el sector eléctrico, es decir, sus reservas disminuirán y como es de esperarse, su precio se elevará por ser la única fuente de energía fósil con las reservas probadas más abundantes. Este escenario nos llevará a un futuro insostenible porque un mayor uso del carbón agravaría el fenómeno del cambio climático; además, solamente retardaría el uso de otras energías capaces de darnos un consumo confiable.

Ahora bien, si todo el peso se le dejara a la hidroeléctrica y a la nuclear tendrían que repartirse el 26.8% de la electricidad producida por el petróleo y gas natural, con ello, la demanda hidroeléctrica subiría a 29.3% y la nuclear 26.9%. En el primer caso se tendrían que buscar más espacios para construir grandes hidroeléctricas (por ser las más utilizadas) siendo que ya no quedan muchos y se provocarían mayores impactos ambientales en las cuencas hidroeléctricas de todo el mundo. En el caso de la nuclear, se reducirían las reservas probadas de uranio, su precio se elevaría y los desechos radioactivos se incrementarían exponencialmente.

Por tal motivo, las naciones más desarrolladas están realizando una transición energética de enorme importancia, es decir, el paso de energías no renovables a renovables en el sector eléctrico, ya que ellas son capaces de sostener nuestra demanda energética futura porque son recursos inagotables, permitiendo un suministro confiable y con la enorme ventaja de que provocan menos impactos ambientales, contribuyendo en la lucha contra el cambio climático.

### Consumo de electricidad por sector en 2008



En 2008, el mundo generó 20,181 billones de watts.

Otros se refiere a la agricultura, comercio, servicios públicos, uso residencial, etc.

Gráfica 8. Fuente: Informe Estadístico de la Agencia Internacional de Energía de 2010.

Lo que se puede observar en la gráfica 8, es que el factor denominado como otros que abarca a la agricultura, el comercio, servicios públicos, uso residencia, etc., consumió la mayor parte de la energía eléctrica generada en 2008 con un 57%, es decir, la industria fue superada en un 15% al contrario de lo que se podría suponer ya que su consumo eléctrico fue del 42%. Mientras que el sector transporte solamente consumió el 1% de energía eléctrica. El sector industrial no es quien domina el consumo eléctrico, pues como ya vimos, los demás sectores son los que demandan mayores cantidades de electricidad. Por otro lado, el uso de carros eléctricos podrá subir el consumo de electricidad en el sector transportes en un futuro no muy lejano.

### 1.3 Efecto invernadero y cambio climático.

La atmósfera de la Tierra está compuesta de muchos gases. Los más abundantes son el nitrógeno y el oxígeno. El resto está formado por los gases de efecto invernadero (GEI). No los podemos ver ni oler, pero están ahí. Los GEI más comunes son: el dióxido o bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), producido principalmente por la quema de combustibles fósiles y la tala de bosques, su concentración en la atmósfera es la más alta; el metano ( $\text{CH}_4$ ) es 21 veces más letal que el primero, pero su concentración es de un 18% ya que se oxida, resultando vapor de agua y  $\text{CO}_2$ . El origen del metano, se encuentra principalmente en los excrementos del ganado, en la quema de combustibles fósiles, y en una agricultura intensiva.<sup>54</sup>

También se incluyen otros gases de menor concentración, pero más letales que los dos anteriores como los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), el ozono ( $\text{O}_3$ ), el vapor de agua y los clorofluorocarbonos (gases industriales)<sup>55</sup>. Para darnos cuenta de lo letales que son, se muestran algunas equivalencias:

- 1 tonelada de metano es igual a 21 toneladas de dióxido de carbono.
- 1 tonelada de óxido nitroso equivale a 310 toneladas de dióxido de carbono.<sup>56</sup>

La presencia de los gases de efecto invernadero es un estado normal de la atmósfera terrestre, con excepción de los clorofluorocarbonos, ya que son gases que provienen de la industria. El problema surgió desde que los GEI alcanzaron y siguen alcanzando grandes proporciones, ocasionando una anomalía de graves consecuencias dentro de los fenómenos naturales

<sup>54</sup> Sven, Teske. [R]evolución Energética. Una perspectiva de energía sustentable para México. Informe: Escenario Energético para México, [en línea], México, Greenpeace México, julio del 2008, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/r-evoluci-n-energetica-una-p.pdf> [consulta: 30 de mayo, 2009], p. 3.

<sup>55</sup> La fabricación y el empleo de CFC fueron prohibidos por el Protocolo de Montreal (1989), debido a que destruyen la capa de ozono. Sin embargo, la producción de CFC tendrá efectos negativos en el medio ambiente durante las próximas décadas.

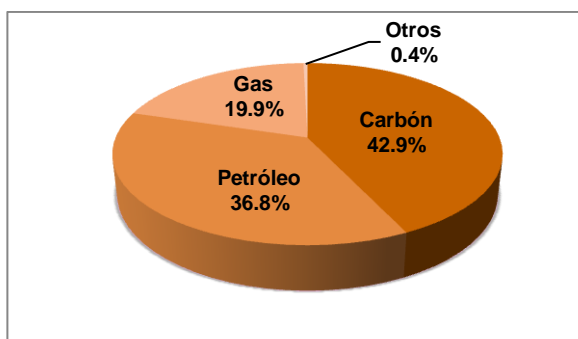
<sup>56</sup> Omar Guillen, *op. cit.*, p. 89-90.

ocurridos en la atmósfera. El aumento en los niveles de concentración de estos gases es, en su mayoría, causados por las acciones del hombre, que de una u otra forma, están poniendo en riesgo la vida en el planeta. Otra cosa que se puede observar, es que el dióxido de carbono o CO<sub>2</sub> es el menos letal de todos los GEI, sin embargo, su abundancia lo ha convertido en el más peligroso.

En pequeñas concentraciones, los gases de invernadero son vitales para nuestra supervivencia (con excepción de los CFC) porque cuando la luz solar llega a la Tierra, un poco de esta energía se refleja con las nubes; el resto la atraviesa y llega al suelo. Como la Tierra es mucho más fría que el Sol, no puede devolver esa energía en forma de calor, pero la envía por medio de "luz infrarroja". Los GEI absorben esta energía infrarroja como una esponja, calentando tanto la superficie de la Tierra como el aire que la rodea para evitar el congelamiento del planeta. El efecto de calentamiento que producen estos gases se llama efecto invernadero: la energía del Sol queda atrapada por los gases, del mismo modo en que el calor queda atrapado detrás de los vidrios de un invernadero.<sup>57</sup>

En una situación normal, los GEI dejan escapar parte del calor acumulado en la Tierra, pero como ya son tan abundantes, no están permitiendo que este fenómeno termine su ciclo, aumentando poco a poco la temperatura del planeta y originando el cambio climático.

**Emisiones de CO<sub>2</sub> en 2008 a nivel mundial por combustibles fósiles**



En 2008 se produjeron 29,381 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Otros incluye al residuo industrial y no renovable.

Gráfica 9. Fuente: Informe Estadístico de la Agencia Internacional de Energía de 2010.

Datos de la Agencia Internacional de Energía señalan que en 2008 se produjeron 29,381 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. El autor principal de tales hechos fue el carbón ya que produjo más dióxido de carbono que el petróleo y gas natural, representado con el 42.9%. Mientras que el

<sup>57</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 10.

petróleo se ubicó en segundo lugar con el 36.8%, lo cual vuelve a confirmar que el carbón es el combustible más contaminante de todas las fuentes de energía utilizadas por el hombre.

El gas natural emitió un poco menos de la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el carbón, pues solamente generó el 19.9% de ellas, convirtiéndolo en la fuente fósil menos contaminante. En lo que respecta a los residuos industriales y no renovables solamente alcanzaron el 0.4% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial.

Del total de las emisiones de dióxido de carbono emitidas por los combustibles fósiles en 2008, la OCDE produjo el 43% de CO<sub>2</sub>, lo cual los convierte en los países más contaminantes del planeta, al igual que China ya que se ubica en segundo lugar con un 22.3% es decir, casi la mitad de las emisiones producidas por los países de la OCDE. El resto de Asia emitió el 10.3% de CO<sub>2</sub>, mientras que los países de la Ex Unión Soviética se ubican cuarto lugar con el 8.3%.

Medio Oriente produjo el 5.1% un porcentaje mayor que América Latina y África ya que emiten el 3.6 y 3% respectivamente. Los bunkers marinos y la aviación internacional generaron el 3.5% de CO<sub>2</sub>, es decir, 0.5% más que toda África, lo cual lo convierte en el continente menos contaminante del mundo. La Europa no perteneciente a la OCDE solamente genera el 0.9% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Todos estos porcentajes van de la mano con el consumo de energía primaria a nivel mundial.

La quema de combustibles fósiles es responsable del aumento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera y, efectivamente, lo es un 80%, el resto se debe a la deforestación y al crecimiento de las aéreas dedicadas a la agricultura.<sup>58</sup> El problema no es el efecto invernadero, ya que como hemos visto, éste sirve para evitar el congelamiento del planeta. Lo que nos está afectando es la enorme concentración de estos gases ocasionada por la industria y demás actividades que sirven al hombre para satisfacer sus necesidades y que seguirán aumentando con el crecimiento de la población mundial.

Los científicos aseguran que la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha pasado de 280 a 390 partes por millón (ppm) en 2009,<sup>59</sup> una cifra que jamás se había alcanzado. Esta concentración se disparó junto con los demás gases desde el comienzo de la era industrial, trayendo como consecuencia el aumento de la temperatura media mundial en 1°C en los últimos 100 años.<sup>60</sup> Esta es una situación muy preocupante ya que los expertos en el clima dicen que para lograr la meta de aumentar la temperatura a sólo 2°C, se necesitaría estabilizar la concentración de gases de efecto

<sup>58</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 20.

<sup>59</sup> Supongamos que tenemos un cubo redondo homogéneo de un metro de arista, cuyo volumen es un metro cúbico. Si lo dividimos en cubitos de un centímetro de lado, obtendríamos un millón de cubitos de un centímetro cúbico. Si tomamos uno de esos cubitos, tendríamos una parte por millón.

<sup>60</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 49.

invernadero en un nivel no mayor de 450 ppm de CO<sub>2</sub>, pero al paso que vamos es muy difícil lograr esto.

El calentamiento global de la temperatura media de la Tierra está originando el llamado cambio climático representado por diversos fenómenos como el derretimiento de los polos, el aumento de las precipitaciones pluviales, huracanes, inundaciones, sequías, olas de calor y heladas en todo el mundo. El aumento del nivel del mar es otro efecto esperable por una doble razón. La primera es por la dilatación de las masas oceánicas debido al aumento de temperatura y la segunda corresponde al deshielo de las regiones árticas y de los sistemas glaciares continentales.<sup>61</sup>

El cambio climático está presente en todas las regiones del mundo entero y no hay nada ni nadie que no esté sufriendo sus efectos. Lo cual, lo cataloga como un problema de tipo universal, esto quiere decir que todos hemos contribuido de alguna u otra manera y por ende debemos ser partícipes en la lucha para evitar el aumento de la temperatura media de la Tierra a niveles catastróficos. A decir verdad, no existe una cantidad exacta de las pérdidas humanas que se han suscitado por los fenómenos naturales que ha ocasionado el cambio climático, ni la cantidad total de los daños materiales, punto importante para empezar a cambiar nuestra forma de obtener energía útil.

Los científicos más reconocidos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), pronostican un incremento de la temperatura mundial de 5.8°C durante los próximos cien años, pero un aumento de 2°C y superior a éste generará niveles catastróficos de ciertos fenómenos naturales. Así que contamos con muy poco tiempo para poder cambiar nuestro sistema energético, lo que significa que tenemos que bajar las emisiones de GEI a finales de la próxima década.<sup>62</sup> Es decir, durante los próximos años tienen que ponerse en marcha procesos más limpios para generar energía eléctrica, no puede haber más retrasos, la comunidad internacional tiene que ser parte de esta transición sino se quiere ver en un mundo destruido por la naturaleza, pero por la negligencia del hombre.

A pesar de que la temperatura media no ha llegado a niveles críticos, toda la Tierra se está viendo afectada. Por ejemplo, poblaciones enteras han abandonado sus hogares que fueron afectados por algún fenómeno natural hasta que éste ya no represente algún peligro, por ende tiene que comenzar desde cero; la economía de la región se ve afectada por la pérdida de negocios y trabajos. La sociedad tarda mucho tiempo en recuperarse y el nivel de vida decae abriendo paso a más pobreza, enfermedades, etc. En los países menos desarrollados, el gobierno ni siquiera les brinda la ayuda suficiente a las familias afectadas por dichos fenómenos.

---

<sup>61</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 21.

<sup>62</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 10-11.



Semejantes cambios climáticos causarán desarraigo y migración a gran escala de regiones enteras<sup>63</sup> porque las regiones azotadas por los fenómenos naturales se vuelven inhabitables y más si son países con territorios pequeños como los europeos. No cabe duda, que si no se hace lo necesario para ponerle fin a este problema, nos veremos en la necesidad de migrar hacia otras regiones, lo que traerá consecuencias muy lamentables tanto para el país receptor como para la gente que se queda sin ninguna protección.

El cambio climático es posiblemente la mayor amenaza que se cierne sobre el mundo. Es absolutamente global, y castiga por igual a los países causantes de las emisiones dañinas que a los que no causan ni la mitad de las mismas.<sup>64</sup> No se puede ir en contra de la naturaleza y no se puede frenar la crudeza y la frecuencia que hoy presentan los fenómenos naturales, lo que sí podemos evitar es la fuente que los está provocando, es decir, la acumulación de gases de efecto invernadero mediante la intervención del hombre.

Es necesario que el mundo controle la emisión de estos gases a la atmósfera sin importar quién es el país que más contamina o el que menos lo hace, porque como bien se dijo, el cambio climático está afectando a todos por igual. Sin embargo, los países en vías de desarrollo presentan mayores problemas puesto que no tienen el poder económico de los más desarrollados para afrontar las pérdidas materiales y económicas ocasionadas por éste fenómeno.

Los científicos aseguran que el cambio climático es irreversible debido a la inercia de la Tierra, lo que sí podemos hacer es disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero a niveles que no permitan el aumento de la temperatura media de la Tierra a niveles críticos, pues esto ayudará a reducir los efectos del calentamiento global.

### 1.3.1 Protocolo de Kioto, Copenhague y la COP 16

**Protocolo de Kioto.** La toma de consciencia del cambio climático dio lugar a una serie de conferencias internacionales, a partir de 1979. Por otra parte, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU) unieron esfuerzos para la creación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climatic Change-IPCC) en 1988.

---

<sup>63</sup> Dieter Holm, D. Arch. *Un futuro para el mundo en desarrollo basada en las fuentes renovables de energía*, [en línea], s/lugar de edición, Sociedad Internacional de Energía Solar, Dirección URL: <http://whitepaper.ises.org> [consulta: 5 de diciembre, 2009], p. 25.

<sup>64</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 23.

El informe preparado por el IPCC establecía claramente la relación entre el CO<sub>2</sub> y el calentamiento global del planeta y formulaba la necesidad de estabilizar e incluso de reducir inmediatamente sus emisiones y las de otros gases de efecto invernadero. Sin embargo, fue incapaz de adoptar compromisos concretos, pero sostenía que se debía negociar un convenio sobre cambio climático con los siguientes elementos: la responsabilidad predominante de los países industrializados; la necesidad de transferir recursos financieros y tecnológicos a los países en desarrollo; el principio precautorio; y la importancia de los bosques.<sup>65</sup>

Posteriormente, el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) de 1992 que entró en vigor dos años después fue un acuerdo de contenido “blando” e impreciso ya que no cuantificaba la limitación de emisiones de GEI ni un calendario preciso respecto a ello. La carga fundamental del régimen acordado recaía sobre los hombros de los países desarrollados, imponiéndose sólo un mínimo de obligaciones a los países en desarrollo, con el fin de hacerlos partícipes en el acuerdo.<sup>66</sup>

El 10 de diciembre de 1997 se adoptó en Kioto, Japón, el Protocolo que Kioto que dio fuerza a lo que en ese entonces no pudo hacer el CMNUCC, con el fin de lograr la estabilización de las concentraciones de GEI. Es un tratado internacional suscrito por 180 países; Estados Unidos lo firmó en 1998, bajo el gobierno de Bill Clinton, pero George W. Bush manifestó su oposición. Algunos críticos creían que el Protocolo acabaría en el olvido por la negativa de este país, ya que para que el tratado pudiera dar los resultados requeridos, era necesario que fuera aceptado por un mínimo de 55 países que tenían que sumar el 55% de todas las emisiones que emitían las economías industrializadas, lo cual se consiguió cuando Rusia se unió al tratado en 2004.<sup>67</sup>

Este acuerdo entró en vigor el 16 de Febrero de 2005 con una fecha de vencimiento en 2012, estableciendo un calendario para reducir las emisiones de GEI en un 5.2% en relación con el nivel base de 1990 dependiendo de las emisiones emitidas por cada país. Por ejemplo, si la contaminación de estos gases en ese año fue del 100%, al término del 2012 deberá ser al menos del 95%. Es preciso señalar que esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5% como mínimo, sino que este es un porcentaje a nivel global, es decir, cada país obligado por Kioto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir.<sup>68</sup>

No se puede negar que la reducción de GEI establecida en Kioto es muy baja, pero es el único acuerdo internacional que se tiene para enfrentar este problema, de ahí radica su importancia. Sin duda, el siguiente tratado debe ser más estricto tanto con los países más desarrollados como los

<sup>65</sup> José, Juste Ruiz. Derecho Internacional del Medio Ambiente. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, 1999, p. 288-289.

<sup>66</sup> *Idem.*, p. 294 y 296.

<sup>67</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 53.

<sup>68</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 12.

que se encuentran en vías de desarrollo porque las excepciones han permitido que estos últimos se aprovechen de esta situación generando cantidades de GEI muy cercanas a los países más industrializados.

Dentro del Protocolo de Kioto existe el Comercio de Derechos de Emisiones que funciona de la siguiente manera: a cada instalación industrial o de producción de energía se le asigna una cuota de emisiones de GEI durante un periodo determinado. Las empresas que emiten por debajo de lo asignado pueden vender sus derechos sobrantes a otras que contaminan por encima de lo que les corresponde.<sup>69</sup> Este tipo de concesiones hace que la posibilidad de reducir la emisión de gases se vuelva difusa ya que el comercio de emisiones permitido por el Protocolo es una forma de obtener permisos para continuar contaminando sin mayor problema.

Otra parte fundamental es el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que permiten obtener certificados que demuestran que un país ha disminuido sus emisiones mediante proyectos basados para este fin. Los objetivos del MDL son, por un lado, contribuir al desarrollo sustentable de los países que desarrollen los proyectos y, por otro, permitir que los países industrializados adquieran bonos para cubrir parte de su cuota establecida en Kioto.<sup>70</sup> Las críticas de este mecanismo van dirigidas a que los países desarrollados pueden financiar proyectos de mitigación de emisiones de GEI dentro de países en desarrollo, y recibir a cambio Certificados de Reducción de Emisiones aplicables a cumplir con su compromiso de reducción propio.

Mientras que el Mecanismo de Desarrollo Limpio reduce el cumplimiento de compromisos para países desarrollados, las economías en desarrollo se benefician del capital de inversión para proyectos de mitigación. No se puede negar que esta situación beneficia a países como el nuestro; sin embargo, el mundo desarrollado continuará con las emisiones de GEI con el pretexto de la obtención de Certificados de Reducción de Emisiones. No cabe duda que tanta ayuda ofrecida en el Protocolo contribuyó a que la mayoría del mundo desarrollado participara en este tratado.

China e India ratificaron el Protocolo pero, por el momento, no tienen que asumir los compromisos en cuanto a las limitaciones de sus emisiones, solamente deben dar señas de un cambio en sus industrias, debido a su menor nivel de desarrollo, ya que el propio Protocolo establece en uno de sus principios inspiradores que la mayor parte de responsabilidad del problema recae en los países más desarrollados.<sup>71</sup>

---

<sup>69</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 55.

<sup>70</sup> *Ibidem.*

<sup>71</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 53.

Cuando se creó el Protocolo de Kioto, se consideraba que solamente los países industrializados eran los que más contaminaban; sin embargo, las cosas han cambiado, ahora muchos de los países en vías de desarrollo o economías emergentes están contaminando de la misma forma que los países industrializados, es decir, es responsabilidad de que cualquier economía menguar un problema que está poniendo en riesgo la vida en el planeta.

“El Protocolo afecta a las empresas de los sectores eléctrico, papelerero, siderúrgico, del cemento, refinerías de petróleo, fabricantes de vidrio y cerámica e industrias con instalaciones de más de 20 megawatts”.<sup>72</sup> Es por ello que países como Estados Unidos, India y China están en una posición muy cómoda, puesto que no han permitido que sus industrias se vean afectadas bajo un estándar “estricto” por así decirlo. Sus complejos industriales funcionan con combustibles fósiles, un cambio en éstos implicaría inversiones que no muchos están dispuestos a hacer. Para estos países, el único sector con cambios significativos es el eléctrico.

**Copenhague.** El objetivo de la Cumbre del Cambio Climático de Copenhague en Dinamarca que se llevó a cabo del 7 al 18 de diciembre del 2009 era lograr un nuevo acuerdo para sustituir al Protocolo de Kioto, una vez que éste expire. El acuerdo alcanzado en Copenhague omitió el monto total de reducción de emisiones de GEI y solamente se solicitaron “profundos recortes” sin un plazo determinado.<sup>73</sup> También se estableció un objetivo no vinculante de limitar el aumento de la temperatura global a 2°C y una meta para que los países industrializados den un financiamiento, para la mitigación del cambio climático y la adaptación en los países en desarrollo, de 100 mil millones de dólares por año hasta el 2020.<sup>74</sup>

Como se puede observar, a los países no les urge tener un instrumento que controle las emisiones de GEI para tratar de “minimizar” los efectos de un cambio climático. Algo que parece poco razonable es que los países determinen cuanto debe ser el aumento de la temperatura media de la Tierra, pues es como dar una aprobación a nivel internacional de cómo se puede seguir contaminando a diestra y siniestra teniendo como tope ese máximo de temperatura, lo cual es sumamente vergonzoso.

Mientras que Alemania seguirá adelante con su plan de reducir un 40% de las emisiones CO<sub>2</sub> en 2020 con respecto a los niveles de 1990, y el resto de los países de la Unión Europea seguirá en el 20%. Sin embargo, para los 27 países comunitarios es más complejo ponerse de acuerdo como Polonia ya que depende en un 90% de la quema de carbón.<sup>75</sup>

<sup>72</sup> *Idem.*, p. 55.

<sup>73</sup> *Ibidem.*

<sup>74</sup> IEA. *World Energy Outlook 2010*, Resumen Ejecutivo, *op. cit.*, p. 3.

<sup>75</sup> s/a. “Copenhague elevará 3 grados la temperatura”, [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 12 de enero del 2010, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/57168.html> [consulta: 15 de enero, 2010].

Alemania es el único país con los objetivos más ambiciosos a nivel de reducción de emisiones, esto lo hace ser un ejemplo para los demás miembros de la Comunidad Europea y para el resto del mundo. Polonia, no es el único país de la Comunidad Europea que enfrenta el enorme problema de la dependencia de los combustibles fósiles, así que lo mejor para ellos es comenzar una transición energética antes que las fuentes de energía no renovables presenten mayores problemas de producción, precio y consumo.

Mientras que China, la mayor potencia emergente, defendió el concepto de “responsabilidades comunes pero diferenciadas”, según el cual, los países desarrollados son los grandes culpables históricos del cambio climático. India, uno de los países más contaminantes en el mundo, propuso una política similar.<sup>76</sup> China no debe escudarse bajo este concepto, en realidad, todos contribuimos al cambio climático, algunos más y otros menos, pero es responsabilidad de todos reducir los GEI. No solamente son las acciones del pasado sino también las del presente las que están contribuyendo a un cambio en el clima.

**COP 16.** En la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP 16), que se celebró en Cancún, Quintana Roo, en diciembre del 2011, no fue nada diferente a lo ocurrido en Copenhague, pues se siguió con la línea de un acuerdo sin verdaderos compromisos, pero ¿por qué no se llega a un acuerdo? El obstáculo principal para un nuevo tratado internacional que regule las emisiones de GEI de los países no es, del todo político, sino económico porque el sistema mundial involucra el sometimiento de los gobiernos a los intereses de las grandes compañías y para ellas, el disminuir sus emisiones implica una baja productividad.

La postura de Estados Unidos y China es un juego de nunca acabar ya que el mundo desarrollado exige que los países en vías de desarrollo como China e India tengan un control sobre sus emisiones, pero los primeros no han optado por un nuevo acuerdo que controle sus GEI, es decir, nadie está dispuesto a ceder nada. Por otro lado, las naciones lideradas por China quieren que los países desarrollados acepten comprometerse a controlar sus emisiones y seguir bajo la línea de Kioto ya que este acuerdo no restringe las emisiones producidas por las naciones en desarrollo.

Los avances sólo fueron en torno al financiamiento destinado a los países en desarrollo para que participen en contra del cambio climático en donde se aceptó la intervención del Banco Mundial para supervisar los recursos. También sirvió para darle la fuerza a los “instrumentos financieros” establecidos en Kioto y asumidos en la COP 16: el Comercio de Derechos de Emisiones y el Programa de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación ambiental (REDD) que es

---

<sup>76</sup> s/a. “China se compromete a reducir sus emisiones”, [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 27 de noviembre del 2009, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/internacional/64581.html> [consulta: 15 de enero, 2010].

un mecanismo que busca reducir las emisiones de gases de invernadero mediante el pago a las naciones en desarrollo para que detengan la tala de sus bosques.<sup>77</sup>

Los propios países legitiman el cómo contaminar, ya que el Comercio de Derechos de Emisiones sirve para que las industrias de los países más desarrollados tengan el visto bueno de emitir GEI porque cuentan con un papel que les autoriza hacerlo, por el simple hecho de que alguna otra industria no emitió los suficientes GEI permitidos por Kioto y vende sus derechos a otras. Mientras que el REDD solamente justifica a los países industrializados de seguir contaminando por el simple hecho de pagar una cuota a las naciones en desarrollo para que no acaben con sus bosques ya que estos absorben parte del dióxido de carbono emitido en el mundo.

Frente a la negativa de varios estados de la verificación, entre ellos China, para permitir el monitoreo externo sobre las acciones que se llevan a cabo para bajar las emisiones en los países en desarrollo, India propuso que sean los propios estados quienes le informen a la ONU sobre sus esfuerzos y el destino del dinero que han recibido de la comunidad internacional para ese fin.<sup>78</sup> La postura de China e India nos muestra que no desean estar controlados bajo ninguna institución de índole internacional sencillamente porque no están dispuestos a ceder ante presiones externas y ante acciones que les impliquen pérdidas económicas. Este mismo escenario se podría reflejar en Durban, Sudáfrica, en la COP 17, pero aún así, se debe tener la esperanza de trabajar sobre un acuerdo jurídicamente vinculante.

#### 1.4 La importancia de la transición energética mundial del siglo XXI

Los combustibles fósiles son indispensables para casi todas nuestras actividades, pues ellas mantienen e incrementan nuestro desarrollo; sin embargo, ya no podrán sostener la demanda energética futura a nivel mundial debido al uso desmedido e irresponsable por parte del hombre. El ciclo energético de las energías no renovables llegará a su fin empezando por el petróleo, el gas natural, el uranio y por último el carbón. Así que cuando las fuentes energéticas más importantes en ese momento, ya no sean capaces de proveernos la energía necesaria, se debe de dar paso a otras que cumpla la misma función.

Para ello, las nuevas fuentes debe ser: abundantes, de fácil acceso y baratas; sin embargo, debido a la amenaza del cambio climático, es necesario agregar otra cualidad, es decir, el ser sustentables. Abundantes porque deben soportar la demanda de energía mundial; deben ser

<sup>77</sup> Angélica Enciso, Georgina Saldierna y Fabiola Martínez, "Estados Unidos descarta hacer obligatorio cualquier acuerdo de la COP 16", [en línea], México, *La Jornada.com.mx*, 10 de diciembre de 2010, Dirección URL: <http://www.jornada.unam.mx/2010/12/10/index.php?section=sociedad&article=044n1soc> [consulta: 23 de febrero, 2011], p. 1.

<sup>78</sup> *Ibidem*.

accesibles porque si no fuera de esta manera, se gastaría más energía en su extracción que la que se obtendría para transformarla en energía útil; y por último, deben ser baratas para que pueda venderse a precios accesibles con el propósito de que los países puedan lograr su desarrollo.

Existen 4 motivos principales que están permitiendo la transición energética mundial del siglo XXI, es decir, el cambio de fuentes energéticas:

**Escasez de reservas probadas de energías no renovables.** Si las reservas probadas de petróleo están calculadas para unos 46 años aproximadamente, al momento de que su suministro sea cada vez menor, las naciones van a provocar una enorme presión en las demás fuentes de energía no renovable provocando la reducción de sus reservas. De esta forma, no podrán soportar la demanda energética futura.

Como ya se mencionó, el mundo no puede quedar desprovisto de energía; las naciones saben que tarde o temprano, los combustibles fósiles pasarán a la historia; aunque se seguirán utilizando, pero en una proporción mucho menor como sucede en cualquier ciclo energético. La abundancia es la primera característica para el éxito de las energías, algo que las no renovables ya no tendrán.

**El aumento de sus precios.** Las fuentes energéticas deben ser baratas para que puedan ofrecerse al mercado a precios accesibles; sin embargo, al momento de que empiecen a escasear su precio se elevará, esto frenará el desarrollo de todas las naciones que no cuenten con yacimientos suficientes de fuentes de energía no renovable. Ahora bien, los ciclos energéticos nos dicen que las fuentes de energía deben ser accesibles y baratas, esto es algo que las no renovables ya no cumplirán.

**Una creciente demanda de energía.** Las naciones requerirán mayores cantidades de recursos energéticos debido al aumento de la población mundial y del afán de los países por adquirir su desarrollo económico mediante la industrialización. Esta situación también traerá como consecuencia el uso de mayores recursos naturales; sin embargo, ya estamos demandando más de lo que el planeta nos puede dar. Por tal motivo, necesitamos un cambio en el sistema económico mundial donde la prioridad sea el ahorro y un uso consciente de todos los bienes que nos proporciona la naturaleza.

**La amenaza del cambio climático.** Por si fuera poco, el mundo está presentando, la peor amenaza ambiental de todos los tiempos, el cambio climático. Este es un fenómeno a nivel mundial con efectos presentes y futuros. Su gravedad radica en la transformación climática de la Tierra, presentándose mediante fenómenos naturales extremos arrojando pérdidas económicas, materiales y humanas. Si bien es cierto que el cambio climático está afectando a todos por igual,

los más perjudicados en todo esto son los países en vías de desarrollo, ya que requieren de recursos económicos suficientes para volver a recuperarse.

Todos estos factores están dando paso a la transición energética mundial del siglo XXI, principalmente en el sector eléctrico, pues esta energía es la segunda más utilizada a nivel mundial después del petróleo. El objetivo de esta transición es que ya no se utilicen combustibles fósiles en la generación de electricidad y en la producción de energía calorífica principalmente para que el resto de las energías no renovables se encarguen de lo más indispensable.

Las nuevas fuentes energéticas deben tener una enorme participación en el suministro energético mundial con ello se logrará una diversificación equitativa compartiendo su gran labor con los combustibles fósiles, permitiendo un suministro confiable, en donde si una fuente falla estará la otra para respaldarla. Con ello, lograremos un desarrollo sustentable donde se satisfagan las necesidades del presente sin afectar a las futuras generaciones. Es decir, el desarrollo sustentable implica pasar de un desarrollo basado en el crecimiento económico a uno donde se conjuguen los aspectos sociales y ambientales, sin que el progreso de uno signifique el deterioro del otro, ya que todos deben marchar al mismo tiempo.

Pero ¿qué tipo de fuentes energéticas nos pueden proporcionar una seguridad en el suministro eléctrico, calorífico y de biogás a nivel mundial con mínimos impactos ambientales para lograr un desarrollo sustentable? El siguiente capítulo nos dará la respuesta a esta gran incógnita.



## Capítulo 2. Energías Renovables

### 2.1 Concepto de energía renovable

Las energías renovables o fuentes de energía renovable son aquellas que, aprovechan la energía de la naturaleza y forman una fuente inagotable de flujo energético, renovándose constantemente. Es el tipo de energía que se puede aprovechar ilimitadamente, es decir, su cantidad disponible (en la Tierra) no disminuye aunque se aproveche.<sup>79</sup> Las fuentes de energía renovable provienen del Sol (excepto la energía geotérmica), entre las cuales están: la solar, la fotovoltaica, la eólica (viento), hidráulica (pequeñas presas), biomasa (materia orgánica), mareomotriz (energía de las mareas) y la energía de las olas.

Las fuentes alternativas de energía o energías alternativas son otras formas de llamar a las energías renovables; sin embargo, es conveniente señalar que en las definiciones más amplias, las energías alternativas son todas aquellas fuentes de energía que no implican la quema de combustibles fósiles, es decir, además de las renovables, está incluida la energía nuclear. Así que debemos de tener cuidado al momento de utilizar estos conceptos.

#### 2.1.1 Diferencia entre energía limpia y energía renovable

La Energía Renovable es aquella que, nunca se agota y se alimenta de las fuerzas naturales. Mientras que la Energía Limpia o verde es aquella que no genera residuos como consecuencia directa de su utilización. Ambas se utilizan como sinónimos, llamándose fuentes energéticas respetuosas con el medio ambiente, pero no debemos confundirlas.

Para entender bien esta diferencia tomemos el ejemplo del gas natural, que es considerado como una energía limpia, pero no es renovable. Este es considerado como una energía limpia porque la proporción y el tipo de contaminante se pueden considerar leves, pero no es una energía renovable porque es un recurso finito. Un ejemplo de energía renovable, pero no limpia es la combustión de la biomasa (masa orgánica, residuos urbanos, desechos agrícolas, etc.), por emitir componentes químicos que perjudican las condiciones naturales de la atmósfera.

---

<sup>79</sup> Omar, Guillen Solis, *op. cit.*, p. 11.

### 2.1.2 Antecedentes

El 16 de octubre de 1973, como parte de la estrategia política derivada de la Guerra del Yom Kippur<sup>80</sup>, la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) detuvo la producción de crudo en un 5% y estableció un embargo para los envíos petrolíferos hacia Occidente, especialmente hacia Estados Unidos y a Israel. Los precios del petróleo tendieron a subir drásticamente para establecer un nuevo nivel de consumo y costos impuestos por esta organización. Como consecuencia, se inició una prolongada recesión global, situación que duraría hasta principios de los años 80 siendo que el embargo finalizó en marzo de 1974.<sup>81</sup>

Se puede observar que la dependencia del petróleo en esos años era enorme a tal grado que fue capaz de provocar una recesión económica a nivel mundial con tan solo 5 meses en la baja de la producción mundial de este combustible. Ahora bien, desde ese momento, la OPEP desarrollo una enorme influencia y poderío en el mercado energético mundial que ha persistido hasta el día de hoy.

Debido a esta crisis, el campo de las energías renovables atrajo fondos y gente especializada para desarrollar su tecnología en la industria eléctrica.<sup>82</sup> Varios centros de investigación en el mundo organizaron grupos de trabajo y analizaron todo lo que ya se había realizado con anterioridad sobre estas energías e iniciaron los diseños, la construcción y operación de prototipos que produjeran electricidad con energías renovables. Asimismo, se crearon empresas para aprovechar las oportunidades que ofrecía el desarrollo de la tecnología, dado los altos precios de las energías convencionales.<sup>83</sup> Gracias a la crisis petrolera de los años setenta se originó el boom de las fuentes energéticas renovables puesto que era más caro importar petróleo que desarrollar la tecnología capaz de aprovechar las energías del Sol y de la Tierra.

El entusiasmo por el uso de las energías renovables continuó hasta mediados de la década de los ochenta, pero con la caída de los precios del petróleo (1985) fueron relegadas.<sup>84</sup> Sin embargo, el interés por ellas jamás se perdió, y hoy en día se han convertido en la mejor opción para hacer frente al alza de precios de los combustibles fósiles y a la lucha contra el cambio climático. El problema es que nos hemos basado en la supremacía de una fuente energética para cubrir la mayor parte de nuestras necesidades, restándoles importancia a las demás. Es decir, no existe un balance energético, permitiendo que las economías sean susceptibles a cualquier falla en el

<sup>80</sup> Un enfrentamiento armado entre Israel y los países árabes de Siria y Egipto llevado a cabo el 6 de octubre de 1973.

<sup>81</sup> Carlos J. Pardo, *op. cit.*, p. 64.

<sup>82</sup> Dieter Holm, D. Arch, *op. cit.*, p. 3.

<sup>83</sup> CONUEE. *Las energías renovables en México y el mundo*, [en línea], México, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Dirección URL: <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7157/1/Semblanza09.pdf> [consulta: 5 de noviembre, 2009], p. 1.

<sup>84</sup> Dieter Holm, D. Arch, *op. cit.*, p. 3.

suministro. Parte de la solución sería desarrollar un sistema diversificado en donde las energías renovables tengan la participación que hoy poseen los combustibles fósiles y viceversa.

### 2.1.3 Principales ventajas y desventajas de las energías renovables

Ventajas	Desventajas
Son fuentes de abastecimiento que respetan el medio ambiente. <sup>85</sup>	La inversión inicial de su tecnología es alta, lo cual se ve reflejado en el costo por kWh.
Las energías renovables tienen la capacidad de crear un gran número de empleos a nivel mundial. <sup>86</sup>	El uso de las energías renovables depende de las condiciones geográficas y climatológicas de cada país.
Disminuyen el uso de combustibles fósiles. <sup>87</sup>	Las industrias temen a la competencia de nuevas tecnologías.

Tabla 4. Fuente: Elaboración propia.

Las energías renovables pueden ocasionar algunos efectos negativos sobre el entorno, pero casi siempre son reversibles e infinitamente menores si los comparamos con los impactos ocasionados por los combustibles fósiles y la energía nuclear. Dentro de las ventajas medioambientales podemos destacar la no emisión de gases contaminantes (con excepción de la energía geotérmica y la quema de biomasa), responsables del calentamiento global del planeta y la no generación de residuos peligrosos de difícil tratamiento y que suponen durante generaciones una amenaza para el medio ambiente como los residuos radiactivos relacionados con el uso de la energía nuclear.

“Se estima que en el mundo hay 2.3 millones de personas trabajando en la industria de las energías renovables”.<sup>88</sup> Esta es una gran oportunidad para los países menos desarrollados, donde los índices de desempleo son muy altos y la gente tiene la necesidad de migrar a las ciudades para tener un mejor nivel de vida. Las personas podrían recibir capacitación para realizar trabajos técnicos relacionados con éstas. Aunque la creación de nuevos puestos laborales no puede erradicar la pobreza porque existen muchos factores como la mala distribución de la riqueza o la falta de apoyo a la educación, puede ser el principio de un cambio sumamente necesario.

Con el uso cada vez mayor de energías renovables para generar electricidad y energía calorífica se evitará en gran medida la importación de combustibles fósiles utilizados para este fin. Además, la dependencia en materia energética es un tema primordial para cualquier economía. A nadie le

<sup>85</sup> Se entiende por medio ambiente todo lo que afecta a un ser vivo. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales que influyen en la vida del ser humano y en las futuras generaciones. Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida sino que también abarca a los seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos.

<sup>86</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 87.

<sup>87</sup> Jennifer, Carless. Energía Renovable. Guía de alternativas ecológicas. Traduc. Laura D. Garibay Bellono, Edamex S.A. de C.V., México, 1995, p. 14.

<sup>88</sup> Claudio, Alatorre Frenk. Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México. Secretaría de Energía, México, 2009, p. 41.

conviene ser dependiente, energéticamente hablando, por el simple hecho de que se tienen que destinar enormes recursos económicos para la importación de combustibles.

La principal desventaja en el uso de energías renovables es que la inversión inicial en la tecnología es alta y en la mayoría de los casos, el precio por kWh es mayor que la energía eléctrica generada a partir de recursos no renovables. Esto sucede porque cuando un modelo o pieza de equipo son nuevos, éstas no se producen a gran escala y, por tanto, su creación es más cara y lenta. Además, sólo porque una fuente de energía no es competitiva hoy, no hay razón para que no lo sea en un futuro.<sup>89</sup>

El punto está en que se debe de invertir en las energías renovables, impulsándolas para que los precios por kWh sean más baratos que los que producen las fuentes no renovables, sobre todo porque estas energías son completamente gratuitas. La inversión en la investigación y desarrollo I+D ayudarán a con este objetivo. Además, los daños colaterales no son tomados en cuenta para calcular los costos por kWh de las energías no renovables, por ello se dice que son más baratas que otras energías.

En los países desarrollados, el uso de estas energías es más importante que en los subdesarrollados debido a su capacidad tecnológica y financiera, y en donde la dependencia respecto al petróleo es muchas veces excesiva.<sup>90</sup> Sin embargo, los países subdesarrollados disponen de un elevado potencial en energías renovables ya que la mayor parte se sitúan en la zona intertropical, en donde la insolación es intensa, las precipitaciones son abundantes y la temperatura y humedad son muy favorables para crear ciertas condiciones climáticas.<sup>91</sup>

Los países más desarrollados tienen la ventaja de contar con el poderío económico para impulsar a las energías renovables y lo hacen a pesar de que sus condiciones climáticas no son tan favorables. La ventaja de los países menos desarrollados es que poseen las condiciones climatológicas ideales para generar energía eléctrica y calorífica de sobra y porqué no pensar en su venta a los países que consumen una gran cantidad de energía.

La mayor parte de las industrias que se basan en la venta de combustibles fósiles y de sus subproductos tienen el temor de la competencia de nuevas tecnologías, y los políticos que las han apoyado se encuentran comprometidos con los empresarios.<sup>92</sup> Es innegable que existen intereses económicos y políticos para no aceptar otro tipo de energías en el mercado. Lo cierto es que si

---

<sup>89</sup> Jennifer Carless, *op. cit.* p. 13 y 18.

<sup>90</sup> Carlos J. Pardo, *op. cit.*, p. 215 y 217.

<sup>91</sup> *Idem.*, p. 189.

<sup>92</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 9.

postergamos la participación de éstas en la producción de electricidad, estaremos forzados a comprar energía a otros países cuando los combustibles fósiles ya no sean suficientes ni baratos. Nuestra dependencia será la doble de la actual, siendo que todo esto se puede evitar con una simple decisión de nuestros líderes, empresarios y de la sociedad en su conjunto.

Además, muchas industrias dedicadas a la explotación y venta del petróleo pueden incursionarse en el campo de las energías renovables para que desarrollen y vendan tecnología verde, de esta forma no tendrán pérdidas económicas cuando se presente la escasez de petróleo a nivel mundial.

#### **2.1.4 Balance general de las energías renovables en el mundo**

Las fuentes de energía renovables deben desempeñar un rol central para conducir al mundo hacia un entorno energético más seguro, confiable y sostenible. Su potencial es incuestionablemente amplio, pero la rapidez con que se aumente su contribución para satisfacer las necesidades mundiales de energía depende sin duda de la solidez del apoyo gubernamental para que sean competitivas en costos frente a otras fuentes de energía, y para impulsar los avances tecnológicos.<sup>93</sup>

A pesar de que se prevé que las renovables se volverán cada vez más competitivas conforme los precios de los combustibles fósiles aumenten y las tecnologías limpias se desarrollen, el apoyo gubernamental debe ser mucho mayor para que éstas tengan un papel importante en el mundo energético y puedan encaminarnos a un futuro sustentable, puesto que no podemos esperar a que el mercado energético ponga en desventaja a los combustibles fósiles, porque para ese entonces, puede ser muy tarde.

El informe estadístico de la Agencia Internacional de Energía de 2010 nos dice que en 2008, las energías renovables nos proporcionaron el 18.7% de la electricidad producida en el mundo, esto se debe en gran parte a la energía hidráulica, pues contribuyó con el 15.9%, mientras que el 2.8% restante le correspondió a las demás energías renovables. La REN21 indica que la generación de éstas en la industria eléctrica en 2008 fue del 18%, es decir, no hay una diferencia significativa en los datos de la AIE, donde la participación de la energía hidroeléctrica fue del 15% en 2008 y el 3% restante le correspondió a las demás fuentes de energía renovables.

La realidad es que con excepción de la energía hidroeléctrica, las demás fuentes de energía renovable deben tener un mayor apoyo por parte del Estados para empezar a construir un

---

<sup>93</sup> IEA. *World Energy Outlook 2010*, Resumen Ejecutivo, *op. cit.* p. 10.

suministro energético diversificado y no caer en el error de que una sola fuente de energía sea la encargada de suministrarle al mundo la mayor parte de la energía necesaria para su desarrollo.

Además, las energías renovables permitieron que las emisiones procedentes del sector eléctrico se redujeran un 21% en 2009, gracias a un aumento en su importancia, en su uso, y en la conciencia de la sociedad. Los datos provienen del estudio elaborado por el Observatorio de la Electricidad del Fondo Mundial para la Naturaleza (en inglés World Wildlife Fund).<sup>94</sup>

Esto no significa que las renovables sean la solución a todos nuestros problemas de CO<sub>2</sub> ni de los demás GEI, pero sí son capaces de contribuir enormemente en la lucha contra el cambio climático, y de construir un futuro sustentable. En realidad, si las naciones se propusieran reducir fuertemente las emisiones de CO<sub>2</sub> en el nuevo tratado que sustituya al Protocolo de Kioto, lo podrían hacer con el simple hecho de producir la mayor parte de la energía eléctrica por medio de las energías renovables.

#### Capacidad eléctrica generada por energías renovables en 2009 (principales países)

Tecnología	Capacidad mundial	China	Estados Unidos	Alemania	España	India	Japón	Resto del mundo
<b>GW</b>								
Eólica	159	25.8	35.1	25.8	19.2	10.9	2.1	40.1
Minipresas	60	33	3	2	2	2	4	14
Biomasa	54	3.2	9	4	0.4	1.5	0.1	35.8
FV	21	0.4	1.2	9.8	3.4	0	2.6	3.6
Geotérmica	11	0	3.2	0	0	0	0.5	7.3
Solar Termoelectrónica	0.7	0	0.5	0	0.2	0	0	0
Energías del mar	0.3	0	0	0	0	0	0	0.3
<b>Total</b>	<b>305</b>	<b>62</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	<b>25</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>101</b>
Hidroeléctrica (pequeñas y grandes presas)	980	197	95	11	18	37	51	571

Tabla 5. Fuente: Reporte del Estatus Global de Energías Renovables 2010.

Estos datos nos muestran que la energía eólica produjo 159 GW en 2009 repartidos de la siguiente manera: Estados Unidos produjo 35.1 GW eólicos, convirtiéndose en la potencia eólica más importante hasta estos momentos, seguido de China y Alemania con 25.8 GW cada uno, esto quiere decir que Estados Unidos los superó por un total de 9.3 GW. Seguido de ellos se encuentra

<sup>94</sup> s/a. "Un 21% menos de emisiones en 2009 gracias a las renovables", [en línea], Blog de Energías Renovables, eRenovable.com, 9 de enero de 2010, Dirección URL: <http://erenovable.com/2010/01/09/un-21-menos-de-emisiones-en-2009-gracias-a-las-renovables/> [consulta: 17 de abril del 2011], p.1.

España con 19.2 GW, el segundo país de la Unión Europea más importante en cuanto al uso de energía eólica. Posteriormente se encuentra la India con 10.9 GW y Japón con tan solo 2.1 GW.

No cabe duda que China ha logrado posicionar a las minihidráulicas en un lugar importante en cuanto a la producción de electricidad a nivel mundial donde ya quedan muy pocos espacios para construir grandes presas. Japón se encuentra en segunda posición con 4 GW, una marca que no pudo superar a los 33 GW chinos. Seguido del país nipón se ubicó Estados Unidos con 3 GW. Mientras que Alemania, España e India produjeron 2 GW minihidráulicos cada uno, con los cuales estuvieron muy cerca de alcanzar a Estados Unidos.

En lo que respecta a la biomasa produjo 54 GW a nivel mundial donde Estados Unidos se posicionó nuevamente en primer lugar con 9 GW, seguido de él se ubicó Alemania con 4 GW. En la tercer posición estuvo China con 3.2 GW muy cerca de alcanzar al país germano. India se ubicó en cuarto lugar con 1.5 GW, mientras que España y Japón se encontraron en los últimos dos lugares con 0.4 y 0.1 GW respectivamente.

La energía FV generó 21 GW alrededor del mundo, convirtiendo a Alemania en el país líder FV, seguido de España con 3.4 GW; sin embargo, Japón no se quedó atrás ya que produjo 2.6 GW quedándose a 0.8 GW de España. Estados Unidos y China fueron enormemente superados por estas naciones ya que solamente contaron con 1.2 y 0.4 GW fotovoltaicos respectivamente. En último lugar se ubicó la India con 0 GW.

La energía geotérmica generó 11 GW a nivel mundial donde los únicos países que destacaron de esta lista fue Estados Unidos y Japón con 3.2 y 0.5 GW respectivamente. No cabe duda que los yacimientos para generar electricidad se ubican mayoritariamente en los países en vías de desarrollo como México o Filipinas. Los dos únicos países que cuentan con proyectos comerciales en cuanto a la generación de electricidad por medio de la energía solar termoeléctrica en todo el mundo son Estados Unidos y España donde el primero generó 0.5 GW en 2009 mientras que España obtuvo el segundo lugar con 0.2 GW.

Lo que se puede concluir es que sin contar a las grandes hidroeléctricas, la energía eólica es la fuente de energía renovable más utilizada alrededor del mundo ya que produjo unos 159 MW en 2009, enseguida se encuentra la energía minihidráulica y biomasa con 60 y 54 GW respectivamente, con una diferencia mínima de 6 GW. En cuarto lugar tenemos a la energía FV produciendo 21 GW, mientras que la geotérmica generó cerca de 11 MW, casi la mitad de los GW producidos por la FV. La solar termoeléctrica y las energías del mar se ubicaron en las dos últimas posiciones con 0.7 y 0.3 GW a nivel mundial respectivamente, con una diferencia de 0.4 GW. Pero

en términos numéricos, la energía hidráulica es la renovable de mayor capacidad y producción a nivel mundial, puesto que generó 920 GW en ese mismo año.

Sin hacer referencia a la energía hidroeléctrica que utiliza grandes presas, tenemos que China es el líder mundial en cuanto al uso de energías renovables a nivel mundial para la generación de electricidad produciendo unos 62 GW principalmente por la energía eólica y la minihidráulica. Estados Unidos se ubica en el lugar número dos de esta contienda con unos 52 GW, es decir, estuvo a 10 GW de alcanzar al país chino debido a la supremacía de la energía eólica y la biomasa.

Alemania y España son los países ejemplares de la Unión Europea en cuanto al aprovechamiento de energías renovables ya que produjeron 42 y 25 GW respectivamente gracias a la ayuda de la eólica y a la FV, con ello, Alemania se convierte en el líder dentro de la UE en el uso de estas energías. India es el segundo país en vías de desarrollo que aprovecha a las energías renovables con 14 GW en mayor parte por la energía eólica y la minihidráulica. Mientras que Japón solamente obtuvo 9 GW especialmente por la participación de la energía eólica y la FV.

#### Costo por kWh de energías renovables a nivel mundial

Energía Renovable	Costo (centavos de dólar por kWh)
FV	20-50
Solar termoeléctrica	14-18
Eólica marina	10-14
Pequeñas hidroeléctricas	5-12
Biomasa	5-12
Eólica terrestre	5-9
Geotermoeléctrica	4-7
Grandes hidroeléctricas	3-5
Solar térmica	2-20
Biomasa (calor)	1-6
Geotérmica (calor)	0.5-2

Tabla 6. Fuente: Reporte del Estatus Global de Energías Renovables 2010.

En términos de generación eléctrica, la energía fotovoltaica es la energía renovable más cara para producir electricidad ya que sus precios por kWh rondan entre los 20 y 50 centavos de dólar; la segunda más costosa es la energía solar termoeléctrica, sus precios se encuentran entre los 14 y 18 centavos de dólar; la tercera más onerosa es la eólica marina con unos costes de 10 y 14 centavos de dólar por kWh; las pequeñas hidroeléctricas y la biomasa se ubican en cuarto lugar ya



que las dos rondan entre los 5 y 12 centavos de dólar ubicándose como medianamente competitivas; en quinto lugar se ubica la eólica terrestre con precios que rondan entre los 5 y 9 centavos de dólar; la energía menos costosa (sin contar a la energía hidráulica de grandes presas) es la geotermoeléctrica porque sus precios se encuentran entre 4 y 7 centavos de dólar.

Para la obtención de energía calorífica tenemos que la solar térmica (paneles de baja y mediana temperatura) es la energía renovable más costosa, ya que sus precios rondan entre los 2 y 20 centavos de dólar; la quema de biomasa y la producción de biogás tienen la segunda posición, puesto que los costos se ubican entre 1 y 6 centavos de dólar siendo medianamente competitiva; mientras que la energía geotérmica se ha convertido en la energía renovable más competitiva con 0.5 y 2 centavos de dólar.

## 2.2 Energía solar térmica o termosolar

La energía solar térmica o termosolar es la energía que se capta directamente del sol mediante paneles o colectores solares teniendo diversos usos, pero el más importante hasta estos momentos, es la obtención de agua caliente. Los orígenes del uso de la termosolar se remontan a los griegos, quienes la utilizaron para calentar sus hogares y el agua de los baños públicos mediante enormes ventanales que daban al sur, al mismo tiempo, edificaron muros y pisos para almacenar el calor. Los europeos del siglo XVII usaban la energía calorífica para el cuidado de sus plantas tropicales importadas.<sup>95</sup>

Si por medio de los colectores solares obtenemos agua caliente, podemos ahorrar toneladas de combustibles fósiles que se usan para este fin, un ejemplo de ello es el gas natural o el gas licuado de petróleo LP que se usan a diario para calentar el agua de nuestras casas, hospitales, albercas, hoteles, centros recreativos, etc. Estos ejemplos, nos muestran el enorme mercado que puede tener la energía termosolar. Además, el hecho de que las culturas antiguas utilizaran este tipo de recurso, nos hace ver que podemos adaptarnos a los beneficios del Sol obteniendo un mismo resultado, es decir, satisfacer nuestras necesidades de agua caliente todos los días.

Los primeros colectores planos comerciales se hicieron en Baltimore, cuya patente era de C.L. Kemp (1891), se conocían como Climax y para 1900 ya estaban instalados más de 1,600 sistemas en California.<sup>96</sup> En 1909, William J. Bailey empezó a vender unos innovadores sistemas solares que suministraban agua caliente las 24 horas del día aunque estuviera nublado, esto lo conseguía

<sup>95</sup> Jennifer, Carless. Energía Renovable. Guía de alternativas ecológicas. Traduc. Laura D. Garibay Bellono, Edamex S.A. de C.V., México, 1995, p.18.

<sup>96</sup> Marta Jofra, Pep Puig. Energías renovables para todos. Haya Comunicación, España, 2008, p. 6.

separando el sistema de captación del de almacenamiento, instalando más de 4 mil sistemas, bajo la marca comercial Day and Night.<sup>97</sup>

Como se puede observar, la creación de los primeros colectores solares se realizó antes de la crisis de 1973, permitiendo que los científicos e investigadores tuvieran la facilidad de mejorar la tecnología que ya existía en esos momentos. Sin duda, esto les redujo mucho trabajo, ya que no tuvieron que inventar un sistema que les brindara agua caliente de día y de noche ni cayeron en la necesidad de buscar una nueva fuente de energía que les proporcionara el calor suficiente para este fin.

### 2.2.1 Tipos de colectores termosolares

**Colectores solares de baja temperatura.** Son colectores planos que pueden alcanzar temperaturas menores a 65°C en un día soleado. Son ideales para calentar agua de uso doméstico, piscinas y de actividades industriales en donde el calor del proceso productivo no sea mayor a dicha temperatura.<sup>98</sup>

La luz solar se convierte en calor al tocar una placa térmica que llega a los tubos para que se caliente el agua que circula por ellos.<sup>99</sup> El principio del funcionamiento del colector solar se basa en el efecto invernadero. La radiación del sol atraviesa el cristal y es absorbida por una superficie que se calienta (placa térmica), esta superficie emite radiación térmica, que queda atrapada por el cristal.<sup>100</sup> Lo siguiente se explica porque el cristal es transparente para las radiaciones del Sol, pero es opaco para las radiaciones que emiten los cuerpos de temperaturas más bajas; de esta forma el colector permite la entrada de las radiaciones, pero no su salida.<sup>101</sup>

**Colectores de mediana temperatura.** Para alcanzar temperaturas de entre 100 y 300°C se utilizan colectores tubulares de vacío que tienen casi la misma forma y componentes de un colector plano. En el interior del colector de mediana temperatura se hace el vacío para evitar cualquier pérdida de calor. Además, la superficie metálica que absorbe el calor es tratada para que esta operación se realice con la máxima eficacia.<sup>102</sup> Asimismo, no tienen una superficie de captación plana sino que utilizan dispositivos cilíndricos, a pesar de ello, la estructura le da una apariencia parecida a la de un colector plano.<sup>103</sup>

<sup>97</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op cit.*, p.163-164.

<sup>98</sup> *Ibidem.*

<sup>99</sup> Fernando Marín, *op. cit.*, p. 14.

<sup>100</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 162.

<sup>101</sup> Antonio Lucena, *op cit.*, pág. 52.

<sup>102</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 162.

<sup>103</sup> Marta Jofra Pep, *op. cit.*, p. 9.

El uso de estos colectores solares está diseñado para su uso en industrias donde el nivel de la temperatura del agua llegue hasta los 300°C. Negocios como las lavanderías o el tipo de empresas que requieran estas temperaturas podrían ahorrarse la compra de combustible fósil gracias a un sencillo sistema termosolar (el número de colectores va a depender del tamaño de la producción).

### 2.2.2 Ventajas y desventajas de los colectores termosolares

Ventajas	Desventajas
Agua caliente de día y de noche, aún en días nublados.	Los colectores solares son caros.
Se evita el consumo de gas natural o gas LP.	No se pueden utilizar en temporada de nieve.
Los costos de mantenimiento son bajos.	Se necesita más de un colector para abastecer a más de 4 personas.
Su limpieza es sencilla, pero debe ser constante.	Durante la fabricación de estos colectores puede haber algún tipo de contaminación por líquidos, pinturas, etc.
No emite ningún tipo de contaminante.	Uso de otras fuentes de energía en ciertos casos.

Tabla 7. Fuente: Elaboración propia.

La ventaja económica más significativa es que los gobiernos que promuevan el agua caliente por medio de los colectores solares se pueden ahorrar en la importación tanto de gas natural como de gas licuado de petróleo. El ahorro obtenido se puede utilizar para que el costo de los colectores solares sea accesible a todo tipo de familias sin importar su situación económica, pues su desventaja principal radica en el encarecimiento de estos sistemas.

En la mayoría de los países en desarrollo se utiliza el boiler o calentador de Gas LP o gas natural en donde un solo tanque de gas cuesta un poco más de 200 pesos que en promedio puede durar dos semanas o escasas tres. Tal vez el costo del gas no sea mucho para unas familias, pero para otras es extremadamente caro siendo que el colector solar no requiere de ningún tipo de combustible más que la luz del sol.

La ventaja ambiental más importante radica en la cero emisión de gases de efecto invernadero, esto hace que esta tecnología valga la pena, ya que su funcionamiento no contribuye al calentamiento global. El hecho de que la producción de estos sistemas se realice gracias a la quema de combustibles fósiles debe ponerse en una balanza, puesto que podemos obtener energía limpia a partir del uso indirecto de energía no renovable.

La solución que se puede dar cuando está nevando o se cuenta con un clima donde en ciertas temporadas no haya suficiente radiación solar, es el uso del boiler eléctrico o en dado caso el

combustible convencional, pero solamente para esos casos. Otra fuente que se podría utilizar es la biomasa, lo cual se hará cuando los gobiernos apoyen la producción de biogás, que servirá para la sustitución de gas natural y gas LP.

En torno al uso de más de un colector solar para más de 4 personas es dependiendo de la cantidad de agua caliente utilizada, ya que este promedio está calculado para su uso en el baño, la lavadora, el lavabo, etc. Pero, tenemos una infinidad de formas de ahorrar agua caliente, así es que podemos empezar desde ahora aunque no contemos con algún colector solar.

### 2.2.3 Los colectores termosolares en el mundo

Datos del Reporte sobre el Estatus Global de la Energía Renovable de 2010 publicado por la REN21 nos dice que el mundo produjo 149 GWTh, es decir, 149 billones de watts térmicos en 2008, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

#### Producción de agua caliente a nivel mundial en 2008

Países	GWTh	Porcentaje
China	105	70.5
Unión Europea	18.3	12.3
Turquía	7.5	5
Japón	4.1	2.8
Israel	2.6	1.7
Brasil	2.4	1.6
Estados Unidos	2	1.3
India	1.8	1.2
Australia	1.4	0.9
Corea del Sur	1	0.7
Otros	3	2
<b>Total</b>	<b>149</b>	<b>100</b>

Tabla 8. Fuente: Reporte sobre el Estatus Global de la Energía Renovable de 2010

El dominio total de la obtención de agua caliente por medio de colectores solares, le corresponde a China, hoy más de 10 millones de familias chinas cuentan con agua caliente gracias al Sol con un 70.5%, su demanda creció gracias a un programa gubernamental que logró llevar estos sistemas a

las zonas rurales chinas.<sup>104</sup> El segundo lugar lo tienen los países de la Unión Europea con tan solo el 12.3%, la diferencia es enorme contra el gigante chino.

Turquía también utiliza los colectores solares, pero solamente en un 5%, lo cual le bastó para superar a Japón y a Israel, ya que éstos tienen el 2.8 y 1.7% respectivamente. Brasil superó a Estados Unidos con solamente el 0.3%, la importancia es que es el único país latinoamericano que entró en la lista de los 10 más importantes en el uso de colectores solares. India se encuentra casi a la par con Estados Unidos, pues la diferencia es del 0.1%. El resto de los países del mundo tiene el 2% acercándose a la generación de agua caliente que posee Israel, es decir, el resto de los países juntos casi alcanza la producción de un solo.

En Israel el 85% de las viviendas están equipadas con colectores solares térmicos,<sup>105</sup> debido a una legislación que hizo obligatoria la instalación de sistemas solares para el calentamiento de agua en todas las construcciones residenciales que se realizaran a partir de 1980.<sup>106</sup> Con ello nos damos cuenta, que las políticas públicas que fomentan los gobiernos pueden lograr un avance notorio en el uso de tecnologías limpias, que no produzcan ni generen ningún tipo de contaminantes a la atmósfera.

Actualmente se estima que 70 millones de hogares usan esta tecnología para calentar agua en todo el mundo ya sea en las escuelas, hospitales, en el gobierno y edificios públicos.<sup>107</sup> Como podemos observar, algunos de los países con un gran desarrollo económico confían en los colectores solares para cubrir parte de su demanda energética, lo mismo están haciendo algunas economías como China e India en donde se ahorran el uso de combustibles fósiles para que sean utilizados en otras actividades industriales. Las sociedades también tienen que aprender a vivir con la tecnología de las renovables como lo ha hecho con la de los combustibles fósiles, porque su apoyo es vital para impulsar popularizar a las energías del Sol. En este momento, el mundo necesita de leyes que obliguen el uso de éstas para que tengan el lugar que les corresponde como generadoras de energía.

**Cocinas solares.** La cocina solar más elaborada es un espejo de 1 metro de diámetro en forma de un faro de coche; en medio del paraboloide (que es donde se concentran los rayos del Sol) se

<sup>104</sup> Ren21. *Global Status Report, Renewables 2010*, [en línea], París, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2010, Dirección URL: [http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21\\_GSR\\_2010\\_full\\_revised%20Sept2010.pdf](http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR_2010_full_revised%20Sept2010.pdf) [consulta: 13 de abril, 2011], p. 23.

<sup>105</sup> Marta Jofra Pep, *op. cit.*, p. 17-18.

<sup>106</sup> CONUEE, *op. cit.*, p. 4.

<sup>107</sup> s/a. "Las renovables vuelven a superar a las convencionales", [en línea], Madrid, Energías Renovables, 21 de julio de 2010, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=14&Cod=21026&Tipo=&Nombre=Inicio> [consulta: 7 de octubre, 2010].

coloca un soporte en forma de aro para la olla.<sup>108</sup> Las cocinas solares se pueden utilizar en los poblados alejados de las grandes ciudades, ya que su adaptación es difícil en los centros urbanos sobre todo porque hay que adecuarse a los tiempos del Sol. Sin embargo, en las ciudades se puede ocupar biogás para continuar ocupando las estufas de gas o las eléctricas que serán el doble de eficientes cuando la mayor parte de la energía eléctrica provenga de las renovables. El segundo punto es que las cocinas solares evitan que las familias que viven en zonas rurales compren leña contribuyendo a la tala de árboles para poder cocinar.

### 2.3 Energía solar termoelectrica

La energía solar termoelectrica como su nombre lo dice, es el aprovechamiento de la concentración de la luz del Sol para generar electricidad por medio de concentradores solares. Tanto las compañías eléctricas como las industrias pueden beneficiarse de las centrales termosolares para generar energía de manera limpia y sustentable, y en el caso de las segundas tendría un doble valor, ya que el calor obtenido se puede utilizar en la producción de bienes. Con la limitante de que se deben establecer en los lugares donde casi siempre irradie el Sol.

Tipos de concentradores solares para producir electricidad:

- a) **Concentrador de cilindro parabólico.** Este concentrador es un espejo en forma de U o medio cilindro que concentra la luz del Sol en un tubo receptor térmico de vidrio al vacío o de metal que va colocado en la línea central del medio cilindro.<sup>109</sup> Los tubos se llenan con aceite térmico sintético que alcanzan temperaturas de hasta 400°C, el cual es bombeado hacia la zona de generación para calentar agua y producir vapor super caliente que se convierte en energía eléctrica por medio de una turbina de vapor.<sup>110</sup>
- b) **Concentrador de disco parabólico.** Este sistema es un espejo en forma de disco (como una antena parabólica) para concentrar la luz solar en un receptor situado en el punto medio, al frente del disco. Actúa como una caldera calentando un fluido a unos 750°C.<sup>111</sup> Los concentradores parabólicos necesitan seguir los movimientos del Sol por medio de dos ejes; este hecho encarece el sistema. Así que sólo una fabricación en serie puede llegar a ser eficaz para obtener precios que puedan popularizar estas construcciones.<sup>112</sup> Como podemos observar un concentrador de disco alcanza una mayor temperatura que los cilíndricos, pero son mucho más caros debido a su diseño.

<sup>108</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 60-61.

<sup>109</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 32

<sup>110</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 73.

<sup>111</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 56.

<sup>112</sup> *Idem.*, p. 58.

- c) **Central solar de tipo torre.** En una central de tipo torre se utilizan espejos enormes y planos llamados heliostatos, que se mueven de forma independiente para concentrar la luz solar en un receptor central ubicado en la parte superior de una torre, de ahí su nombre. El receptor absorbe la radiación de alta concentración reflejada por todos los heliostatos convirtiéndola en energía térmica que baja a través de la torre concentrándose en depósitos fuertemente aislados para calentar aire, agua o sales fundidas a temperaturas de entre 500 a 1,000°C que hacen funcionar una turbina para la generación de electricidad.<sup>113</sup>

La elección de cada concentrador dependerá de que tanta temperatura y electricidad se quiera producir, y de los recursos con los que se dispongan, pues la diferencia entre un sistema y otro varía. El punto es que el mundo ya cuenta con la tecnología necesaria para aprovechar en grandes cantidades la luz del Sol.

### 2.3.1 Ventajas y desventajas de la energía solar termoeléctrica

Ventajas	Desventajas
Generación de electricidad sin generar desechos o algún tipo de contaminación.	Las centrales solares necesitan ubicarse en los lugares donde haya una mayor radiación solar.
Las centrales termosolares pueden ser híbridas, es decir, son compatibles con cualquier otro tipo de fuente energética como el gas natural o la eólica para generar electricidad.	Se requiere el almacenamiento de energía ya que la necesidad de calor surge justamente en la época del año en que los días nublados y oscuros son comunes.
Utilizan menores cantidades de agua que una central nuclear o de carbón.	La tecnología y el costo por kWh todavía es caro.
Un solo concentrador solar puede generar calor a altas temperaturas de entre 400 y 1000°C.	Las centrales solares utilizan grandes porciones de tierra.
	Puede haber escapes de fluidos caloportadores, pinturas, etc., al momento de producir cualquier tipo de concentrador solar.

Tabla 9. Fuente: Elaboración propia.

La energía termoeléctrica es considerada como una energía limpia, puesto que al momento de generar electricidad no produce ningún tipo de desecho o gas contaminante a la atmósfera. El hecho de contar con una planta híbrida tiene grandes beneficios, ya que se puede producir electricidad al momento que el Sol no lo permita y si se ocupa el gas natural solamente produce pocas emisiones de CO<sub>2</sub> y metano.

Otro gran beneficio que nos otorga la energía termosolar es que ocupa menos cantidades de agua en la generación de electricidad en un momento en que este vital líquido es cada vez más escaso. El hecho de que un solo concentrador reúna tan elevadas temperaturas permite que las plantas

<sup>113</sup> *Ibidem.*

solares sean un negocio rentable, ya que pueden generar una mayor cantidad de electricidad y calor útiles para las actividades industriales.

En cuanto a las desventajas tenemos que la energía solar termoeléctrica necesita la luz solar para producir electricidad, la cual debe ser muy abundante, por este motivo deben ubicarse en los lugares de mayor radiación.

El almacenamiento masivo subterráneo puede retener energía durante varios meses, para que se use en invierno. Se están investigando sistemas de almacenamiento eléctrico (baterías avanzadas, imanes superconductores, y aire comprimido).<sup>114</sup> Poco a poco se está innovando en el tema de almacenamiento de energía solar, lo cual es muy importante ya que eliminaría una gran barrera que ha obstaculizado (en cierta forma) el uso de esta fuente energética. Sin embargo, la opción de las baterías para este fin podría ocasionar un problema serio en un futuro ya que estas son muy contaminantes y no se pueden reciclar debido a sus componentes químicos, es decir, se debe encontrar otra solución que no afecte en la medida de lo posible al medio ambiente.

Otros inconvenientes son principalmente de tipo espacial y económico ya que una central termosolar ocupa grandes porciones de tierra en donde son ubicados los concentradores, lo cual es un problema para los países que cuentan con una superficie pequeña como los Europeos, en esos casos se tendría que hacer un estudio para ver que tan conveniente es un planta termosolar y en lugar de ella utilizar otro tipo de fuente energética renovable. Los concentradores solares todavía son una tecnología cara porque son espejos que deben tener un terminado perfecto para que concentren la mayor cantidad de luz solar porque una sola falla en ellos significa grandes pérdidas de calor y, por lo tanto, los costos por kWh todavía no son competitivos.

En definitiva, la producción de tecnología renovable no es 100% limpia hasta el momento, pero esto no se compara con la contaminación que emiten las energías no renovables y que hemos tolerado hasta el día de hoy. Las empresas que se encargan de la producción de estos concentradores deben tener estrictas medidas de seguridad para evitar una posible contaminación. La verdad, es que los aspectos positivos de la energía termoeléctrica son infinitamente mayores por el simple hecho de no producir gases de efecto invernadero a la atmósfera, así que cualquier desventaja tendrá que verse como algo a superar y no como un obstáculo que impida el uso de esta energía por todo el mundo.

---

<sup>114</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 53-55.



### 2.3.2 La energía solar termoeléctrica en el mundo

Datos de Protermosolar, Asociación Española de la Industria Solar Termoeléctrica, nos dicen que en 2010 se produjeron 854 MW a nivel mundial. España tuvo el primer lugar produciendo 432 millones de watts (MW) anuales con sus 11 centrales y cerca de 20 están en fase de construcción avanzada para que tenga una capacidad nueva de 600 MW.<sup>115</sup>

No cabe duda que España le está apostando a la energía solar termoléctrica pues planea la construcción de más plantas de este tipo, convirtiéndolo en el líder mundial de la energía solar por medio de concentradores solares. Ahora bien, cabe señalar que esto significa que España tiene un clima favorable, es decir, posee una importante radiación solar, ya que no se atrevería apostarle a esta tecnología si fuera de otra forma.

En 2006 España inauguró la PS10, la primera planta comercial tipo torre del mundo, su producción puede abastecer las necesidades eléctricas de 6,000 hogares todos los días. En 2009 puso en funcionamiento la segunda planta de este tipo llamada PS20 con una potencia de 20 MW anuales para abastecer el doble de viviendas.<sup>116</sup> España no solamente se ha convertido en una potencia termoeléctrica sino que le ha mostrado al mundo que la energía solar es una de las más confiables ya que antes de 2006 ningún país había construido una central de tipo torre para fines comerciales. Además de ser una potencia en este rubro, hay un gran número de compañías españolas dedicadas a la producción y venta de concentradores solares como Abengoa Solar, Iberdrola, Acciona, entre otras, dedicadas a la construcción de plantas solares alrededor del mundo.

Ese mismo año, Estados Unidos tuvo el segundo lugar en la generación de electricidad por medio de la solar termoeléctrica ya que produjo un total de 422 MW anuales.<sup>117</sup> Cuenta con 9 centrales de concentradores cilíndricos en el desierto de Mojave en California desde los años 80, produciendo 354 MW al año, lo cual es suficiente energía eléctrica para unos 170 mil hogares por apenas 0.08 centavos de dólar por kWh, es decir, el precio ya es competitivo con los costos máximos de energía en el sur de California. Además, son plantas híbridas pues utilizan 75% de energía solar y 25% de gas natural, suministrando energía confiable.<sup>118</sup> Este país cuenta con 4 centrales más: Nevada Solar 1 (60 MW), y las de Kimberlina (5 MW), Lancaster (5 MW) y Maricopa (1.5 MW).<sup>119</sup>

<sup>115</sup> s/a. "España se convierte en el primer productor mundial de energía solar termoeléctrica", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 12 de julio del 2010, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/energias/renovables/index/pag/termoelectrica/botid/23/colright/termoelectrica/tip/articulo/title/lr%20a%20Sol ar/pagid/9556/> [consulta: 12 de julio, 2010], p. 1.

<sup>116</sup> Marta Jofra Pep, *op. cit.*, p.13.

<sup>117</sup> s/a. "España se convierte en el primer productor mundial de energía solar termoeléctrica", *op. cit.*, p. 1

<sup>118</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 33-34.

<sup>119</sup> s/a. "España se convierte en el primer productor mundial de energía solar termoeléctrica", *op. cit.*, p. 1.

Gracias al Estado de California, Estados Unidos se ha convertido en la segunda potencia mundial de energía solar termoeléctrica. El aspecto más relevante es que este país que ya puede producir energía eléctrica a precios sumamente competitivos por medio de una fuente de energía renovable. Esto comprueba que entre más se le invierta a este tipo de energías, su costo por kWh disminuirá, siendo el resultado de un poco más de 20 años, ya que estas centrales fueron construidas en los años 80. El otro hecho a destacar es que las plantas solares californianas son híbridas, lo cual disminuye el costo por el almacenamiento de calor y puede producir electricidad confiable todos los días.

La empresa alemana Solar Millennium y la estadounidense Chevron Energy Solution participan en el proyecto para la construcción de la mayor planta solar termoeléctrica en el mundo llamada Blythe, la cual se construirá en el condado de Riverside, California. Tendrá una capacidad de 1,000 MW anuales y su construcción concluirá a mediados del 2013. El proyecto se basa en la construcción de cuatro grupos de 250 MW de producción con concentración lineal de espejos parabólicos.<sup>120</sup> El hecho de que Estados Unidos quiera construir una planta de mayor tamaño, significa que piensa a lo grande porque está aprovechando un recurso que es gratis y que puede producir electricidad a precios bajos, esto también nos muestra que los países están en una carrera tecnológica y de generación de electricidad por medio de las energías renovables.

El Plan Solar Mediterráneo es un proyecto estratégico para instalar plantas de energías renovables –mayoritariamente termosolares– en el norte de África y Medio Oriente. Su objetivo es "impulsar el desarrollo económico e industrial de estas regiones mediante la mejora de su infraestructura eléctrica, el autoabastecimiento energético, la creación de empleo y la exportación de electricidad a Europa, lo que a su vez ayudará a cumplir los objetivos de la Unión Europea en la reducción de emisión de gases de efecto invernadero para 2020". El Plan Solar Mediterráneo es concebido por la UE como un proyecto estratégico frente al incremento de la demanda energética en la región y a la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.<sup>121</sup>

Este gran proyecto de enorme envergadura significa una cosa: la exportación futura de energía eléctrica a gran escala del Norte de África y Medio Oriente a los países de la Unión Europea por dos sencillas razones, esta región posee el espacio adecuado para la construcción de este tipo de plantas y dos, el clima es sumamente favorable ya que cuentan con enormes extensiones desérticas en donde la mayor parte del día la radiación solar es muy fuerte.

<sup>120</sup> s/a. "California aprueba Blythe, la mayor planta mundial de energía solar de concentración", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 28 de septiembre de 2010, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/energias/renovables/index/pag/termoelectrica/botid/23/colright/termoelectrica/tip/articulo/title/lr%20a%20Sol ar/pagid/9812/> [consulta: 7 de octubre, 2010], p. 1.

<sup>121</sup> s/a. "Hoy comienza en Valencia la Conferencia Europea sobre el Plan Solar Mediterráneo", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 11 de mayo de 2010, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/Contenidosecciones.asp?ID=14&Cod=20301&Tipo=&Nombre=Inicio> [consulta: 12 de mayo, 2010], p.1.

El Plan Solar Mediterráneo podría verse como una nueva forma de explotación de los recursos naturales de los países menos desarrollados, sin embargo, ellos podrían verse beneficiados por las mejoras en la infraestructura eléctrica para que la gran parte de la población cuente con los beneficios de la energía eléctrica proveniente del Sol. Los líderes de los países involucrados tanto de África como de Medio Oriente tienen la oportunidad de negociar un acuerdo en donde todos salgan ganando.

La compañía española Abengoa Solar y la industria petrolera francesa, Total, han sido seleccionadas en un concurso internacional por Masdar, la compañía de las energías del futuro de Abu Dhabi, para asociarse en el desarrollo y operación de la mayor planta solar termoeléctrica de Oriente Medio. Shams-1, que tendrá una potencia de 100 MW anuales, la cual comenzará a operar en 2012 para abastecer a unos 62 mil hogares. La puesta en funcionamiento de Shams-1 se realiza de acuerdo con la decisión del gobierno de Abu Dhabi de introducir las energías renovables en una región actualmente muy dependiente de los hidrocarburos. La central será en un 60% propiedad de Masdar, y en un 40% del consocio formado por Abengoa Solar y Total.<sup>122</sup>

Se podría pensar que la región de Medio Oriente no necesita de la energía solar para producir electricidad ya que cuenta con suficientes reservas probadas de petróleo para dentro de muchos años, sin embargo, los líderes árabes han logrado tener la visión de abrirle el camino a las renovables, en este caso a la solar termoeléctrica por dos motivos: saben que el mundo desarrollado se está dirigiendo a un sector en donde las renovables deben de tener la supremacía por eso no se quieren quedar a la zaga de estos países y dos, el uso de fuentes de energía limpias les ahorrará el consumo de hidrocarburos como el petróleo aumentando sus reservas que pueden utilizar para su venta en el mercado internacional cuando el mundo exija una mayor demanda de este carburante.

## 2.4 Energía fotovoltaica (FV)

La base de esta energía se encuentra en el efecto fotovoltaico, descubierto en el siglo XIX por el físico francés, Antoine Becquerel. El efecto se produce cuando la luz del sol incide sobre un material semiconductor capaz de absorber la radiación y transformarla en energía eléctrica. Los fotones (partículas de luz) transmiten su energía a los electrones (partículas de carga negativa que son la base de la electricidad) del material semiconductor, activándolos y haciendo que se muevan a través de un circuito, generando una corriente eléctrica.<sup>123</sup> “A mayor intensidad de luz, mayor

<sup>122</sup> s/a. “Abengoa instalará 600,000 m<sup>2</sup> termosolares en el desierto de Abu Dhabi”, [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 9 de junio del 2010, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=14&Cod=20620&Tipo=&Nombre=Inicio> [consulta: 9 de junio, 2010], p.1.

<sup>123</sup> Pepa Mosquera Martínez y Luis Merino, *op. cit.*, p. 146-147.

será el flujo de electricidad, aunque un sistema fotovoltaico no necesita de luz solar potente para funcionar, ya que puede generar electricidad incluso en días nublados".<sup>124</sup>

La tecnología FV se desarrolló después de la producción de la primera celda fotovoltaica moderna en 1954 por el interés del gobierno estadounidense para proveer de energía a sus satélites artificiales en órbita. Las ventajas del uso de las celdas FV fuera de la Tierra eran: peso reducido, espacio mínimo, larga vida y un nivel de insolación alto por estar fuera de la atmósfera terrestre, aunque sus costos eran muy elevados.<sup>125</sup>

Las celdas fotovoltaicas modernas fueron el producto de una necesidad del gobierno americano que les produjo sus satélites espaciales, ya que ninguno de los combustibles fósiles podía proveerlos de energía. Así que la mejor solución fue la energía solar por medio de paneles solares, los cuales tienen una serie de características que los convierten en los mejores candidatos para estar en órbita y funcionando la mayoría del tiempo.

También se puede notar que el uso de energía FV se remonta antes de la crisis del petróleo de 1973, permitiendo un nivel de desarrollo más rápido y acorde a las necesidades que requería el mundo desarrollado, principalmente Estados Unidos, ya que el embargo de la OPEP fue directo hacia ellos, es por ello que gran parte de la tecnología verde fue desarrollada en ese país.

En 1973, la filial Solar Power Corporation de la compañía Exxon (entonces denominada Esso) comercializó celdas FV competitivas con las fuentes de energía convencionales teniendo un coste de 10 dólares por kWh que era vendido a 20 dólares.<sup>126</sup> Aquí se puede analizar dos cosas: la primera, es que Exxon, una empresa petrolera estadounidense se dirigió a la producción de celdas FV que producían electricidad por el simple hecho de ser expuesta al Sol, es decir, tuvo la visión de invertir en una tecnología en auge en momentos donde el petróleo era escaso; la segunda, el costo de kWh de 20 dólares era muy caro, pero se volvió competitivo porque la producción de electricidad mediante combustibles fósiles subió de precio.

Posteriormente, la tecnología FV llegó a países donde no existía ningún tipo de infraestructura eléctrica. Una de las primeras regiones en beneficiarse fue el Sahel en África, donde se utilizó para bombear agua de pozos y disponer de ésta para el riego.<sup>127</sup> El costo de la energía FV se hace muy competitivo cuando se utiliza en lugares alejados de la red eléctrica, ya que es mucho más caro construir toda la infraestructura necesaria para que la electricidad llegue a esas zonas.

<sup>124</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 72.

<sup>125</sup> Omar Guillen, *op. cit.*, p. 27.

<sup>126</sup> Pepa Mosquera Martínez y Luis Merino, *op. cit.*, p. 146.

<sup>127</sup> *Idem.*, p. 147.

### 2.4.1 Tipos de celdas fotovoltaicas

El componente básico de un generador o panel solar FV es la celda solar. Aunque es posible usar diversos materiales, el más común es el silicio que es muy abundante, pero presenta costos muy altos.

**Células monocristalinas.** Se fabrican a base de lingotes puros de silicio (el mismo que se utiliza en la fabricación de chips electrónicos). Estas celdas poseen una gran eficiencia y durabilidad. Su desventaja es que son bastante caras porque se ocupan grandes cantidades de silicio debido al grosor de las celdas.<sup>128</sup>

**Células policristalinas.** Se elaboran a partir de la fundición de polvo de silicio puro o monocristalino, aunque su rendimiento es ligeramente inferior, pero es menos costosa. Hasta la fecha son las celdas que han predominado el mercado mundial debido a su madurez, confiabilidad, costo y sobre todo, a su vida útil que va de los 20 a los 30 años.<sup>129</sup>

**Células de silicio amorfo.** Se le conocen como celdas de “película delgada” porque son una centésima parte del grueso de los modelos monocristalinos. Como su nombre lo indica están hechas de una capa muy delgada de silicio pulverizado que se mezcla con otros materiales para una producción masiva. Han alcanzado a posicionarse en el mercado debido a su bajo costo; sin embargo, se sitúan por debajo de las otras dos debido a su baja durabilidad.<sup>130</sup>

Las células policristalinas y las de silicio amorfo son la mejor opción hasta el momento en términos económicos; sin embargo, las empresas dedicadas a la producción de celdas FV están realizando varias investigaciones para encontrar el material más adecuado que baje el costo por kWh FV, y hacerlo competitivo con las fuentes de energía no renovables.

### 2.4.2 Ventajas y desventajas de la energía FV

Ventajas	Desventajas
La vida útil de los paneles solares FV es de 30 años.	La producción de electricidad varía en función de la radiación solar.
Su mantenimiento es sencillo y de bajo costo, pues solo se deben limpiar con regularidad.	Posible contaminación química en la producción de las celdas solares.
Los sistemas son silenciosos y no generan	Los generadores FV son caros en los lugares

<sup>128</sup> Jennifer Carless, *op. cit.* p. 41.

<sup>129</sup> Bárbara Angélica, Rodríguez. *Sistemas Fotovoltaicos*, [en línea], México, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Dirección URL: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_606\\_fotovoltaica?page=1](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_606_fotovoltaica?page=1) [consulta: 5 de noviembre, 2009], p. 1.

<sup>130</sup> *Ibidem*.

residuos y ningún tipo de gas contaminante.	donde ya existe el cableado eléctrico.
Las celdas solares FV pueden colocarse en nuevas construcciones y en las ya establecidas.	Se necesita el apoyo de baterías que guarden la energía generada, encareciendo el sistema.
Las células son dispositivos económicamente viables para los lugares alejados de las redes eléctricas.	Es la fuente de energía renovable más cara en términos de costo por kWh.
	Se necesita más de un sistema para generar la suficiente energía eléctrica en un hogar promedio. <sup>131</sup>

Tabla 10. Fuente: Elaboración propia.

Los paneles no ocupan mucho espacio en casa, ya que se colocan en las azoteas o techos que algunas veces están vacíos. El hecho de que no produzcan ningún tipo de ruido es muy beneficioso porque éste es un factor primordial para la aceptación de la gente. Además se puede poner un calentador solar y un sistema FV en una misma superficie sin mayor problema. En países en vías de desarrollo donde las casas no cuentan con un techo firme, los sistemas se pueden ubicarse en el suelo.

La energía generada se podría vender al sistema eléctrico o utilizarla para el consumo propio vendiendo solamente el excedente, pero eso depende de la legislación de cada país. En la actualidad, los generadores FV tienen mayor éxito en zonas remotas alejadas de la red eléctrica, puesto que implicaría muchos gastos poner toda una infraestructura para tener una extensión de la red, así que un sistema o varios es la opción más barata.

Las celdas fotovoltaicas pueden producir electricidad aún en días nublados, pero no van a generar tantos kWh como lo harían con una radiación solar intensa. Sin embargo, países como Alemania que no tienen un clima como el nuestro, confían ampliamente en la energía FV por qué no habrán de hacerlo los demás. Por otro lado, la producción de estas celdas no es 100% limpia al igual que las demás tecnología verde, lo único que se puede hacer es exigirles a las autoridades competentes que cualquier producción que implique una contaminación química se rija por estrictas reglas de seguridad para no causar graves impactos ambientales.

La mayoría concuerda en que la desventaja de la energía FV es el encarecimiento de los sistemas, y mientras este no baje, el costo por kWh no será competitivo en el mercado eléctrico mundial. Existe otra desventaja que no es tomada en cuenta por la mayoría de los autores debido a que los sistemas FV no han podido popularizarse, es decir, el uso de pilas para poder almacenar la energía requerida por las noches y no por el hecho de que encarezcan al sistema, sino que cuando este tipo de energía se popularice, la demanda de pilas va a crecer, y al momento de que su vida

<sup>131</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 156.

útil termine, se van a generar millones de pilas alrededor del mundo causando graves daños al medio ambiente ya que contienen sustancias químicas muy contaminantes.

### 2.4.3 La energía FV en el mundo

La REN21 nos dice que en 2009 se produjeron 21 GW gracias a la energía fotovoltaica en más de 100 países y continua creciendo rápidamente al igual que su tecnología.

#### Producción de Energía FV por país en 2009

Principales países	Porcentaje
Alemania	47
España	16
Japón	13
Estados Unidos	6
Italia	5
Corea del Sur	2
Resto de la UE	7
Otros	4
<b>Total</b>	<b>100</b>

Tabla 11. Fuente: Reporte del Estatus Global de Energías Renovables de 2010.

Estos datos nos dicen que Alemania fue el líder en la producción de energía FV en 2009, superando al resto del mundo y no es para menos, ya que produjo el 47%, es decir, casi llegó a producir la mitad de la energía FV generada a nivel mundial. El segundo lugar le corresponde a España, sin embargo, está muy alejado de Alemania ya que solamente tuvo el 16%. Japón fue la potencia mundial asiática en términos de energía FV pues cuenta con el 13% de la energía generada, mientras que Estados Unidos tiene el cuarto lugar muy lejos de Japón, pues sólo cuenta con el 6%, un nivel muy bajo en comparación con los tres primeros.

Italia tuvo una buena posición dentro de la UE, y se podría decir que ocupa el tercer lugar de esta comunidad en la producción de energía FV con el 5%. Corea del Sur es el segundo país asiático que produce más energía FV pues contó con el 2%, sin embargo, dista mucho de lo que generó Japón. El resto de la Unión Europea (sin contar a los países europeos ya mencionados) ganó la séptima posición con tan solo el 7%. En lo que respecta a los demás países sólo alcanzaron el 4%.

Esto significa que la Unión Europea domina la producción de la energía FV con un 75% gracias a Alemania, España e Italia principalmente. La región Asia-Pacífico generó el 15% de la energía FV

gracias a Japón y a Corea del Sur. Mientras que América del Norte se queda en tercer lugar a nivel de continentes al producir el 6% donde Estados Unidos es el único país participante.

Alemania ha basado su crecimiento en energías renovables gracias a un adecuado balance de programas de investigación y desarrollo, asociados a una política fiscal que incentiva el uso de estas energías. A pesar de que la radiación solar anual es menor que en otros países, el dominio alemán en la energía FV es indudable.<sup>132</sup> Con este gran ejemplo, los demás gobiernos del mundo no tienen que poner como pretexto que la radiación solar es insuficiente para producir energía eléctrica por medio de la FV porque Alemania es un país que sufre de nevadas y aún así es la potencia mundial en energía fotovoltaica. Sin embargo, esto no lo hubiese logrado sin la ayuda gubernamental, pues ésta favorece a las empresas que hacen uso de esta energía.

Existe una planta fotovoltaica en el tejado del centro logístico de Goodyear Dunlop en Alemania. La instalación produce 7.4 MW anuales evitando la emisión de 5,000 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera cada año. El almacén central europeo es uno de los más modernos de logística mundial y el centro de distribución más grande de la industria del neumático.<sup>133</sup>

Este es tan solo un ejemplo de cómo las empresas alemanas hacen uso de la energía FV para producir su propia energía eléctrica, convirtiéndose en productores en lugar de consumidores. Y no es cualquier empresa, puesto que Goodyear es una compañía que tiene renombre internacional que confía en una fuente de energía renovable construyendo una central FV en uno de sus centros logísticos más importantes y avanzados en cuestión tecnológica.

La empresa española, Ríos Renovables, llevará a cabo la instalación de 60 MW FV en Italia. La energía producida por las instalaciones que realice la empresa en ese país equivaldrá al suministro eléctrico de una población de 60,000 habitantes y evitará la emisión de 23,400 toneladas de CO<sub>2</sub>.<sup>134</sup> En 2010 se conectaron once parques FV en Italia que suman una potencia de 17 MW anuales. También vale la pena mencionar la construcción de la nueva planta solar fotovoltaica que producirá unos 5 MW cada año.<sup>135</sup>

<sup>132</sup> Luis Manuel, Hernández García. "Energía, energía fotovoltaica y celdas solares de alta eficiencia", [en línea], México, *Revista Digital Universitaria*, vol. 8, núm. 12, diciembre del 2007, Dirección URL: [http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art89/Dic\\_art89.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art89/Dic_art89.pdf) [consulta: 12 de noviembre, 2009], p. 8.

<sup>133</sup> s/a. "Un almacén de neumáticos acoge la tercera instalación FV más grande del mundo", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 10 de enero de 2011, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=15&Cod=22391&Tipo=&Nombre=Solar%20fotovoltaica> [consulta: 20 de enero, 2011], p. 1.

<sup>134</sup> s/a. "Navarra fabricará 60 MW para plantas fotovoltaicas italianas", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 20 de enero de 2011, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=14&Cod=22519&Tipo=&Nombre=Inicio> [consulta: 20 de enero, 2011], p. 1.

<sup>135</sup> s/a. "OPDE Italia construirá 200 MW fotovoltaicos hasta 2012", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 25 de enero de 2011, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=14&Cod=22588&Tipo=&Nombre=Inicio> [26 de enero, 2011], p. 1.



Nos damos cuenta que Italia es el tercer país más importante dentro de la Unión Europea en cuanto a la generación de energía eléctrica por medio de la FV y esto es porque ha puesto en marcha numerosos proyectos que implican el uso de esta fuente energética. Ahora bien, la relevancia más significativa es la disminución de miles de toneladas de CO<sub>2</sub> con el simple hecho de utilizar energías renovables.

Dentro de la Unión Europea, Alemania y España son los líderes en la producción de generadores fotovoltaicos.<sup>136</sup> Pero el liderazgo europeo no ha servido para crear una industria capaz de competir con los costes laborales chinos. El resultado de todo ello ha sido que los paneles “made in China” han inundado el 40% del mercado mundial.<sup>137</sup> La rapidez con que ha invadido el mercado chino de sistemas FV es impresionante, sabemos que China no solo copia tecnología sino que puede crearla y mejorarla a precios competitivos ya que la mano de obra es muy barata, ahora bien, se tendría que ver la calidad que tienen esos sistemas para determinar que tan convenientes son.

La empresa española Solarpark y la Corporación Nacional del Cobre (Codelco) han llegado a un acuerdo para construir la primera planta industrial solar de Sudamérica. Una de sus características fundamentales es que el proyecto se realizará sin ayuda ni subvención oficial. Los cálculos realizados por los promotores del proyecto indican que la planta generará 2,600 MW al año. Esto es posible porque el lugar donde se instalará la planta (al norte de Chile) es una de las zonas con mayor radiación en el planeta.<sup>138</sup>

De esto se pueden sacar varios puntos importantes, el primero es que España cuenta con varias empresas reconocidas en el mundo de las energías renovables que se están encargando de numerosos proyectos en varios países, un ejemplo es Solarpark, quien es la que llevará a cabo el proyecto en Chile; el segundo punto es que las grandes empresas no requieren del apoyo de sus gobiernos para que las renovables participen en sus sistemas eléctricos siendo que ellas pueden iniciar su transición sin mayor problema; y el tercer punto es que los países Latinoamericanos cuentan con una excelente radiación solar permitiéndoles la construcción de plantas FV o solar termoeléctricas para la generación de electricidad sin la intervención de los combustibles fósiles.

<sup>136</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p.151.

<sup>137</sup> s/a. “Europa y China se enfrentan en Valencia, capital mundial fotovoltaica”, [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 7 de septiembre de 2010, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=15&Cod=21187&Tipo=&Nombre=Solar%20fotovoltaica> [consulta: 20 de septiembre, 2010], p. 1.

<sup>138</sup> s/a. “La paridad de red fotovoltaica llega a una mina chilena” [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 15 de noviembre del 2010, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=14&Cod=21881&Tipo=&Nombre=Inicio> [consulta: 15 de noviembre, 2010], p.1.

**Transporte eléctrico.** Hay tres tipos de autos que pueden darnos la independencia absoluta del petróleo, los autos eléctricos o los autos que generen su propia electricidad por medio de un sistema dual.

Como lo indica su nombre, los autos eléctricos son impulsados por electricidad, sin embargo, su expansión tiene un ligero inconveniente, es decir, una mayor demanda de energía eléctrica que actualmente se produce por medio de fuentes de energía fósil, pero si proviniera de energía renovable no habría mayor problema.

Un paso aun más grande es el desarrollo de autos que se cargan directamente del sol con el uso de celdas fotovoltaicas. Las celdas transmiten la electricidad directamente al motor del auto y a las baterías recargables en el tablero. Si bien no se puede disponer de estos carros ampliamente, su mejoramiento continuo es un gran paso.<sup>139</sup>

En 2009, Renault (fabricante francés) presentó cuatro conceptos de autos eléctricos; uno de ellos fue el **Zoe Zero Emissions Concept 2009**, que cuenta con un diseño muy diferente a los demás de su tipo ya que el techo está recubierto de células fotovoltaicas que recargan y suministran energía a las baterías de iones de litio. Su motor le brinda 95 HP (caballos de fuerza), cuya velocidad máxima es de 140 km por hora. También se puede recargar entre cuatro y ocho horas mediante un enchufe convencional y sólo 20 minutos en una toma de alto voltaje.<sup>140</sup>

Los automóviles eléctricos que generen su propia energía serán los automóviles inteligentes del futuro, en este caso, la empresa automotriz Renault ha creado un sistema dual que permite el suministro de energía por paneles FV y por cables (sistema dual). Sin duda, un carro eléctrico dejaría de producir grandes cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmósfera porque ya no tendría que consumir gasolina. La cuestión es que estos autos tengan costos competitivos, pues al ser una tecnología nueva, sus precios son elevados, pero con el apoyo de los gobiernos hacia la industria automotriz este panorama puede cambiar. El futuro será cada vez mejor con el uso de tecnología que genere su propia energía.

Alemania inició una campaña con el fin de poner un millón de automóviles eléctricos en sus calles para el 2020. El programa está financiado con 705 millones de dólares procedentes de un plan de gastos extraordinarios. Además, destinará unos 240 millones de dólares en proyectos de investigación sobre baterías para hacer al país un líder en ese campo.<sup>141</sup>

<sup>139</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 60.

<sup>140</sup> s/a. "Renault, innovación en autos eléctricos", [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 18 de septiembre, 2009, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/55731.html> [consulta: 3 de marzo, 2010], p. 1.

<sup>141</sup> s/a "Alemania tendrá 1 millón de autos eléctricos en 2020", [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 19 de agosto del 2009, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/55209.html> [consulta: 3 de marzo, 2010], p.1.

El gobierno alemán sabe que es necesario dejar de depender de los combustibles fósiles, debido a que en algún momento escasearán y sus costos se elevarán; es decir, están pensando por adelantado al realizar de forma temprana investigaciones sobre estas baterías para que en un futuro sea uno de los líderes mundiales en su venta. Sin embargo, queda en duda la acumulación de baterías cuando ya no sean útiles, puesto que se convertirán en residuos peligrosos, es decir, es buena la estrategia alemana, pero también deberían de invertir en la investigación de baterías no contaminantes o que sus componentes puedan reciclarse.

## 2.5 Energía eólica

Como la mayoría de las energías renovables, la eólica tiene su origen en la radiación solar. La atmósfera de la Tierra absorbe la radiación de manera irregular por factores como elevación del suelo, nubosidad, alternancia del día y la noche, etc., esa irregularidad permite que existan masas de aire con diferentes temperaturas y presiones, haciendo que el aire se dirija de las zonas de alta presión hacia las bajas, tal movimiento se le conoce como viento.<sup>142</sup>

A la energía contenida en el viento se le conoce como energía eólica, su ventaja frente a las demás renovables radica en que el viento sopla de día y de noche, es decir, puede generar energía la mayor parte del tiempo, además, este recurso se encuentra muy bien distribuido por todo el mundo, desde las zonas costeras hasta los desiertos e inclusive en los lugares exageradamente fríos. Es una muy buena alternativa para muchos sitios que no cuentan con una excelente radiación solar ya que pueden poner en marcha tecnología que funcione con energía eólica.

Los científicos han calculado que entre el 1 y el 2% de la energía solar que llega a la Tierra se convierte en viento. Esto supone un potencial inmenso de energía eólica, que puede cubrir de sobra, las necesidades energéticas de todo el mundo. Sin embargo, todavía no podemos aprovechar todo este potencial por cuestiones de espacio y porque los únicos vientos que el hombre tiene la posibilidad de aprovechar van de los 2 m/s hasta los 25 m/s por parte de los aerogeneradores conectados a la red.<sup>143</sup>

Una de las enormes desventajas que muestran todas las energías renovables es que aunque el Sol genere enormes cantidades de energía útil a través del agua, el viento, biomasa, etc., no podemos aprovecharla en su totalidad ya sea por cuestiones de espacio y limitaciones tecnológicas, es decir, aunque se podría generar una gran cantidad de watts anuales por medio de las renovables, existen ciertas limitantes muy importantes que lo impiden, pero a pesar de ello, no

<sup>142</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p.117.

<sup>143</sup> *Ibidem.*

necesitamos tanta energía de su parte, pues si solamente captamos parte de ésta, nos darían toda la energía eléctrica y calorífica necesaria para todo el mundo y hasta de sobra.

No se puede precisar cuándo se inició el uso del viento por primera vez, pero los documentos históricos mencionan que tiene varios milenios de antigüedad.<sup>144</sup> La referencia histórica más antigua aparece con los molinos de viento para la molienda de grano. Estos artefactos se encontraron en la región del Sijistán, situada entre Irán y Afganistán, donde sopla un viento muy constante llamado “viento de los 20 días”.<sup>145</sup> Los chinos también construyeron molinos de viento para este propósito.<sup>146</sup> Los molinos del siglo XIX, tanto de Estados Unidos como de Europa, también producían energía mecánica para el bombeo de agua, molienda e impulsar barcos de vela.<sup>147</sup>

Todas las culturas antiguas pudieron desarrollarse gracias a las fuentes de energía renovables, por qué nosotros no podemos hacer lo mismo. Desde luego que podemos continuar con nuestro propio desarrollo y mucho más, gracias a éstas. Además tienen un plus, es decir, casi todas son amigables con el medio ambiente, cualidad que hasta estos momentos, ninguna otra fuente energética posee.

A finales del siglo XIX, el danés Poul la Cour confirmó que el viento es una fuente de energía eléctrica. Además, descubrió que las turbinas eólicas de giro rápido con pocas palas eran más eficientes para la producción de electricidad. Durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) una compañía danesa empezó a fabricar aerogeneradores bipala y tripala, y en los años 50 aparecieron las primeras turbinas de corriente alterna. Pero se tuvo que esperar hasta la primera crisis del petróleo (1973) para que la energía eólica despertara un gran interés en varios países europeos, fundamentalmente en Holanda y Dinamarca. El problema era que las turbinas solían ser bastante caras, lo cual les restó popularidad y aceptación en el resto del mundo.<sup>148</sup>

No cabe duda que Dinamarca fue la cuna de la electricidad proveniente de la energía eólica debido a sus investigaciones. Por otro lado, la crisis del petróleo permitió que este tipo de energía tuviera cierta relevancia en un momento de escasez de combustibles fósiles, sobre todo en los países más desarrollados. Pero a pesar de esta ventaja en un tiempo histórico tan importante, no se logró su despliegue a nivel mundial debido al alto costo de su tecnología.

---

<sup>144</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 71.

<sup>145</sup> Omar Guillen, *op. cit.*, p. 39.

<sup>146</sup> Fernando Marín, *op. cit.*, p. 17.

<sup>147</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 64 y 65.

<sup>148</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 138.

Las mejoras se hicieron posibles para 1986 cuando en Estados Unidos, el mercado de las turbinas eólicas evolucionó desde las pequeñas turbinas que servían a clientes agrícolas y locales hasta el mercado relacionado con los servicios públicos utilizando máquinas más grandes y potentes.<sup>149</sup> Estados Unidos dio un gran salto en la evolución del tamaño de las turbinas eólicas, su potencia y a los sectores en las que fueron utilizadas, es decir, este país logró popularizar la tecnología eólica ya que se dirigió a otro tipo de mercado en donde había una mayor fuerza económica que permitía realizar grandes inversiones en esta tecnología.

### 2.5.1 Tipos de turbinas eólicas

Las máquinas utilizadas para transformar la fuerza del viento en electricidad se llaman turbinas eólicas o aerogeneradores. Van situadas sobre una columna o torre debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura. Las turbinas se deben colocar lejos de obstáculos (árboles o edificios) y de ser posible, en lugares donde el viento sopla con una intensidad parecida todo el tiempo. Los actuales aerogeneradores alcanzan rendimientos del 50%, un porcentaje muy alto si tenemos en cuenta que la energía del viento que captura un aerogenerador es del 59%<sup>150</sup> porque las palas desvían parte del aire antes de que éste llegue al rotor.<sup>151</sup>

Hay que recordar que no puede haber una transformación íntegra de energía, ya que existen pérdidas de la misma, lo cual repercute en la obtención de energía útil, sin embargo, todo esto puede mejorar con los avances tecnológicos, pero tenemos que tener claro que no existe una conversión de energía al 100%, puesto que las propias leyes de la naturaleza así lo indican.

**Turbinas eólicas conectadas a la red eléctrica.** Son máquinas de gran tamaño que por lo general se conectan a la red eléctrica convencional para contribuir con la alimentación de la misma y satisfacer la demanda de electricidad total o parcialmente. Hoy en día se ofrecen al mercado turbinas eólicas terrestres de hasta los 2 MW.<sup>152</sup>

Para tener una idea de las dimensiones de una turbina, un aerogenerador de 300 mil watts tiene un rotor de 30 metros de diámetro con una torre de 30 metros de altura, la torre de un aerogenerador de 2 MW alcanza los 100 metros.<sup>153</sup> La mayoría de los aerogeneradores modernos son tripalas ya que si hay más, la máquina baja de rendimiento porque cada pala choca con las turbulencias que el viento llega a provocar. Los aerogeneradores bipala ahorran el coste de una pala, sin embargo,

<sup>149</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 65.

<sup>150</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 118 y 119

<sup>151</sup> Omar Guillen, *op. cit.*, p. 41.

<sup>152</sup> *Idem.*, p. 45.

<sup>153</sup> Roberto Cadenas Tovar. "Central Eoloeléctrica La Venta II", [en línea], México, *Revista Digital Universitaria*, vol. 8, núm. 12, diciembre del 2007, Dirección URL: [http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art90/dic\\_art90.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art90/dic_art90.pdf) [consulta: 12 de noviembre, 2009], p. 5.

necesitan de vientos más fuertes para producir la misma energía que un tripala.<sup>154</sup> Una turbina de 300 mil watts provee de electricidad a un conjunto de 100 departamentos. Mientras que una turbina más grande puede producir electricidad para unos 5,000 hogares.<sup>155</sup>

Como nos podemos dar cuenta, el tamaño de estas turbinas son enormes, son los sistemas más grandes en materia de energías renovables, es por ello que la instalación es llevada a cabo con mucho cuidado y precisión. Su importancia radica en que un conjunto de turbinas pueden producir la electricidad suficiente para abastecer a miles de familias sin necesidad de los rayos del Sol.

**Turbinas eólicas aisladas.** Estos sistemas son pequeñas turbinas que no se encuentran conectadas a la red eléctrica, por lo tanto, requieren de baterías para almacenar la electricidad generada y poder suministrarla en cualquier momento.<sup>156</sup> Un pequeño aerogenerador puede funcionar con ráfagas de viento de 2 m/s en adelante; los diámetros de su hélice son de 5 metros produciendo unos 2,500 watts.<sup>157</sup> Los aerogeneradores de pequeña o mediana potencia se utilizan con muchos otros fines: generación de electricidad en lugares aislados de la red eléctrica como casas, explotaciones agrarias, refugios de alta montaña, pequeñas instalaciones industriales, bombeo y riego, para alimentar sistemas aislados de telefonía o televisión, para cargar baterías e iluminar faros, etc.<sup>158</sup>

Los sistemas eólicos contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas, pues les brinda la energía eléctrica necesaria para diversas actividades relacionadas con la agricultura, ganadería y para el uso doméstico y mejor aún, se puede utilizar un sólo sistema dependiendo del consumo eléctrico. Nuevamente la tecnología verde se puede adaptar a las necesidades de los poblados más aislados. De esta forma, tanto los aerogeneradores como los sistemas FV nos brindan excelentes resultados en regiones alejadas de las ciudades donde no hay la infraestructura ni el presupuesto necesario para extender el cableado eléctrico. La decisión de utilizar un sistema eólico o un FV depende estrictamente del clima de cada región, es decir, un sistema FV se puede utilizar en lugares de mediana insolación y los sistemas eólicos en sitios donde el viento alcance los 2 m/s o más, inclusive se pueden utilizar ambos sistemas si las condiciones y necesidades lo requieren.

<sup>154</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p.119.

<sup>155</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 74.

<sup>156</sup> Omar Guillens, *op. cit.*, p. 45.

<sup>157</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 75.

<sup>158</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 125.

### 2.5.2 Parques eólicos

**Parque eólico en tierra.** Los grupos de turbinas constituyen los parques o centrales eólicas. Cada parque cuenta con una central de control para regular la puesta en marcha de los aerogeneradores y controlar la energía generada.

Antes de instalar un parque eólico se deben estudiar varios aspectos, entre los más importantes se encuentra la velocidad del viento, pues ésta va a determinar la cantidad de energía que un aerogenerador puede transformar en electricidad, de manera que cuanto más pesado sea el aire, más energía recibirá la turbina. Una variación de un 1 m/s puede equivaler a mucha potencia eólica.<sup>159</sup> Hay que reconocer otros factores como períodos de calma, huracanes, etc.<sup>160</sup> Por otro lado, los parques eólicos deben aprobar un examen de carácter ambiental que mida el impacto de las obras y de tendidos eléctricos, daños a la fauna y flora y a los valores culturales e históricos del lugar. Este análisis determina si el lugar elegido es el adecuado y, qué medidas correctoras deben realizarse.<sup>161</sup>

La puesta en marcha de los parques eólicos no es tan sencilla, ya que se deben estudiar diversos factores que determinen si es viable o no el proyecto, pues puede haber pérdida económicas importantes si se llega a cometer un error. Otro aspecto interesante es que este tipo de construcciones debe ser responsable con el medio ambiente; insisto en la idea de un futuro sustentable, donde haya escasos impactos ambientales que no perjudiquen a la flora y fauna de la región y a las comunidades cercanas a estas mega estructuras. Los gobiernos tienen la responsabilidad de ver que esto se cumpla más allá de velar por el beneficio de las empresas que se encargan de tales proyectos.

**Parque eólico marino (offshore).** La mayoría de los países que han alcanzado un alto desarrollo eólico ya pusieron sus miradas en el mar. Lo que sucede es que en alta mar los vientos son extraordinariamente fuertes de los cuales se puede obtener mucho más energía eléctrica que la que se obtiene en los parques eólicos terrestres. Un buen parque eólico marino puede estar formado por unas cuantas turbinas con la capacidad de producir varios MW, considerando que una sola turbina eólica marina puede generar hasta 6 MW.<sup>162</sup> Los costes de construcción de estos parques son muy superiores a los construidos en tierra, pero a cambio su producción de energía es mucho mayor, por lo que tienen un futuro prometedor.<sup>163</sup>

<sup>159</sup> *Idem.*, p. 122-123.

<sup>160</sup> Carlos J. Pardo, *op. cit.*, p. 200.

<sup>161</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 123.

<sup>162</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 74.

<sup>163</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 127.

Las costas también son lugares muy favorables para la construcción de turbinas eólicas, ya que los vientos son extremadamente fuertes; sin embargo, el viento producido en alta mar tiene mucho más energía que el que reciben otros lugares. El desarrollo tecnológico continúa sorprendiéndonos cada día ya que la construcción de parques eólicos sobre el mar requiere de una ingeniería muy avanzada y más al momento de transportar la energía eléctrica al lugar del consumo. El coste es mucho mayor porque evidentemente no es una tarea fácil de hacer, pero la inversión se compensa con la energía eléctrica producida. Estos parques son de gran ventaja al momento de no contar con los lugares adecuados para una central terrestre y más para aquellos países que tienen con un territorio pequeño como los europeos.

### 2.5.3 Ventajas y desventajas de la energía eólica

Ventajas	Desventajas
Las reservas de viento son enormes y se encuentran distribuidas por todo el mundo.	Se requieren de ciertas condiciones de viento para que un parque eólico pueda producir la energía eléctrica necesaria.
La energía eólica no genera ningún tipo de residuos ni emisiones dañinas al medio ambiente.	Si las normas de cada país no son estrictas, los parques eólicos pueden causar graves impactos ambientales y sociales.
Las instalaciones de los parques eólicos son reversibles y compatibles con otras actividades.	Los sistemas más viejos producen mucho más ruido que las turbinas más modernas.
La energía eólica es capaz de originar muchos empleos.	Los parques eólicos utilizan una proporción vasta de tierra.
Los parques eólicos terrestres son medianamente competitivos en términos de costos por kWh.	El costo del kWh producidos por los parques eólicos marinos todavía no es competitivo.
Las turbinas tienen una vida útil de 20 años.	Las turbinas eólicas matan a miles de aves cada año.
Los parques eólicos trabajan el 98% del año con un mantenimiento cada 6 meses.	
Los parques eólicos no necesitan del almacenamiento de energía, ya que pueden trabajar de día y de noche.	
La tecnología eólica moderna puede funcionar con vientos fuertes o moderados, climas desérticos y árticos.	

Tabla 12. Fuente: Elaboración propia.

La primer ventaja que sobre sale, es que el potencial eólico mundial es enorme. El segundo aspecto positivo, es que la energía eólica no emite ningún tipo de residuo o emisión de GEI, es decir, esta energía es completamente limpia. Además, al momento de desmantelar un parque eólico, el terreno puede volver a su estado original, una situación muy diferente si se estuviera hablando de las fuentes no renovables, ya que su desmantelamiento no elimina por completo los rastros de combustible como el polvillo del carbón.



Es necesario que las construcciones se realicen lo más humanamente posible para con el medio ambiente y con las poblaciones más cercanas a estas estructuras. Desde el comienzo se deben hacer las cosas con responsabilidad con el propósito de que la construcción de estos parques no ocasione conflictos futuros de ningún tipo.

La industria eólica ha creado muchos empleos. Según la Asociación Eólica Mundial (World Wind Energy Association, WWEA), existen 550 mil personas trabajando en este sector.<sup>164</sup> La energía eólica al igual que las demás energías renovables son capaces de proporcionar miles de empleos en todo el mundo, esto puede mejorar la situación económica de los países en vías o menos desarrollados ya que la falta de oportunidades es muy común en ellos. Las personas pueden tener un futuro prometedor por medio de las renovables gracias a la capacitación, estudios e investigación.

La mayoría de la tecnología verde posee una enorme durabilidad y las turbinas eólicas no son la excepción, así que podemos confiar en estos instrumentos sin mayor problema. Además, los sistemas eólicos son capaces de funcionar día y noche, lo cual depende de vientos constantes, es por ello que antes de poner en marcha un proyecto eólico, es indispensable realizar los estudios adecuados para saber si esa zona tiene el potencial para producir millones de watts. Una de las ventajas esenciales es que no requieren de sistemas de almacenamiento de energía, cosa contraria a la energía solar, pues con ello no se propaga el uso de baterías contaminantes.

Sin duda, la energía eólica es capaz de producir energía eléctrica en cualquier tipo de clima con vientos de los 2 m/s hasta los 25 m/s, lo cual va a depender del modelo y características de la turbina o el aerogenerador. Pero no hay que olvidar que la tecnología avanza a pasos agigantados, así que en cualquier momento, las turbinas podrán funcionar fuera de los parámetros establecidos actualmente, es decir, serán capaces de producir electricidad con vientos menores o con vientos muy fuertes. A decir verdad, ninguno de los combustibles fósiles puede competir con estas enormes ventajas hagan lo que hagan.

Las turbinas eólicas solamente pueden funcionar con ciertas condiciones de viento, como se dijo anteriormente. Las manchas urbanas se han apartado de los lugares ventosos, y por tanto éstos han sido parte de la riqueza natural, pero al mismo tiempo se han convertido en los mejores lugares para instalar turbinas eólicas. Es imposible no ver un aerogenerador ya que se debe de colocar en un punto elevado para la mejor captación de los vientos.<sup>165</sup>

---

<sup>164</sup> s/a. "El sector eólico, primer creador de empleo en el mundo", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 1 de abril del 2010, Disponible en: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=9&Cod=19958&Tipo=&Nombre=Eólica> [consulta: 1 de abril, 2010], p. 1.

<sup>165</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 79-80.

No cabe duda que alrededor del mundo existen paisajes muy hermosos, en donde si se llega a construir un parque eólico perdería todo su esplendor, sin embargo, se deben de realizar estudios muy minuciosos de impactos ambientales para que no se destruyan este tipo de lugares, es por ello que se recomienda crear una legislación que imponga reglas sobre la construcción de los parques, no solamente por la cuestión visual sino también por seguridad, además de respetar los lugares de patrimonio cultural e histórico.

Las granjas eólicas han sido criticadas por ocupar demasiada tierra, pues imaginemos el diámetro de esas enormes torres, además también están los caminos de servicio, la subestación y el centro de control. En Europa, los espacios que quedan vacíos se utilizan para la agricultura, en donde las cosechas se siembran justo en la base de las torres.<sup>166</sup> Tenemos que poner en una balanza los pros y los contras de las energías renovables, ya que por un lado vemos que ocupan grandes porciones de tierra, pero por el otro, no emiten ningún residuo o gases contaminantes a la atmósfera. Además, se pueden reducir tales inconvenientes utilizando los espacios vacíos entre una torre y otra para la agricultura o pastoreo como en los países europeos, es decir, hay que buscar soluciones en lugar de ver solamente los inconvenientes.

La contaminación acústica ocasionada por las turbinas eólicas de los años ochenta y noventa ha dejado de ser un problema, ya que las emisiones sonoras se han reducido más de la mitad.<sup>167</sup> Legislaciones como la europea, fijan una distancia mínima entre las turbinas y las zonas pobladas de 200 metros. Además, los estudios han demostrado que el ruido de las turbinas modernas está por debajo del tráfico normal de una calle.<sup>168</sup>

Es muy importante que las poblaciones cercanas a los parques no sean afectadas por el ruido que producen las turbinas, ya que es la sociedad quien debe apoyar a las energías renovables y solamente se va a lograr si se respeta su derecho a vivir sin perturbaciones que afecten su salud. Para este propósito se tendrá que trabajar sobre una buena legislación al respecto y para reemplazar todas aquellas turbinas que generan ruidos muy fuertes.

Una pala que se mueve a más de 120 km/hora, indudablemente puede terminar con la vida de cualquier ave.<sup>169</sup> Estudios científicos indican que la tasa de colisiones de aves es del 0.1% al año, es decir, un ave es afectada por cada mil cada año.<sup>170</sup> El choque de aves con estructuras similares

---

<sup>166</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 132.

<sup>167</sup> *Ibidem*.

<sup>168</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 90.

<sup>169</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 80-81.

<sup>170</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 131-132.

en tamaño como puentes, edificios y torres de comunicación da por resultado al menos 5 millones de muertes de aves anualmente en Estados Unidos.<sup>171</sup>

Desgraciadamente no podemos evitar las muertes de aves ocasionadas por las turbinas eólicas, pero sí podemos hacer que esos impactos sean menores, para ello sirven los estudios de impactos ambientales en donde si se rebasan los límites, se debe buscar otro lugar más adecuado para la construcción de los parques eólicos. Los gobiernos deben crear reglas de construcción y apegarse a ellas sin ninguna objeción, respetando la fauna y flora y los derechos de las poblaciones cercanas a estas mega estructuras.

#### 2.5.4 La energía eólica en el mundo

Datos del Reporte de la REN21 de 2010, nos dice que cerca de 82 países utilizan la energía del viento produciendo 159 GW o 159 mil millones de watts en 2009, los cuales están repartidos de la siguiente manera:

**Capacidad eólica mundial en 2009**

<b>País</b>	<b>Potencia agregada en 2009 (GW)</b>	<b>Potencia acumulada en 2009 (GW)</b>
Estados Unidos	10	35.1
China	13.8	25.8
Alemania	1.9	25.8
España	2.5	19.2
India	1.3	10.9
Italia	1.1	4.9
Francia	1.1	4.5
Reino Unido	1.1	4.1
Portugal	0.6	3.6
Dinamarca	0.3	3.5
Resto del mundo	4.3	21.6
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>159</b>

Tabla13. Fuente: Reporte del Estatus Global de Energías Renovables 2010.

En 2009, Estados Unidos fue el líder en cuanto a la producción de energía eólica ya que generó 35.1 GW eólicos; China y Alemania se ubicaron en el lugar número dos de los 10 países de mayor producción de energía eólica a nivel mundial con 25.8 GW cada uno, pero muy alejados de la

<sup>171</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 90.

producción estadounidense. España tuvo el tercer lugar con 19.2 GW, mientras que la India produjo 10.9 GW eólicos. A esta lista le siguen Italia, Francia y Reino Unido con 4.9, 4.5 y 4.1 GW respectivamente. Los últimos lugares se los lleva Portugal y Dinamarca con 3.6 y 3.5 GW eólicos.

A pesar del dominio estadounidense, no se puede negar que la energía eólica tiene gran presencia en los países de la Unión Europea, pues juntos produjeron 65.6 GW eólicos, mientras que China e India generaron el 36.7 GW, es decir, estos dos países son los que dominan el continente asiático en cuanto a la producción de esta energía. Mientras que el resto del mundo no pudo alcanzar a Alemania y a China, esto quiere decir que por un lado, hay países con enorme empuje hacia estas energías, pero por el otro, los demás están muy por debajo de estos rangos.

En lo que se refiera a la potencia que agregaron los 10 países más importantes en materia de producción de energía eólica, se puede observar que China fue el país que más invirtió en este rubro en 2009, incluso por encima de Estados Unidos, pues agregó 13.8 GW. Estados Unidos fue superado por China, pues sólo aumentó 10 GW. España tuvo el tercer lugar con 2.5 GW agregados; sin embargo, se encuentra muy alejado de los dos primeros, desde aquí se comienza a observar que la potencia agregada es mucho menor en los demás países. Alemania está en cuarta posición pues solo agregó 1.9 GW nuevos. Los demás se encuentran entre el 0.3 y 1.3 GW instalados en 2009.

Es interesante observar como dos de los países más contaminantes del planeta (Estados Unidos y China) poseen lugares importantes en el uso de energías renovables. La respuesta se encuentra en que estas naciones se han concentrado en el sector eléctrico, pero el sector industrial todavía está muy protegido por parte del gobierno y los empresarios ya que todavía no están dispuestos a realizar las inversiones necesarias para producir energía eléctrica y calorífica por medio de energías renovables.

El Tehachapi Pass, en California, es el área eólica más poderosa del mundo. Sus granjas eólicas representan MW anuales y producen más electricidad que cualquier otro lugar de Estados Unidos.<sup>172</sup> Como podemos ver, el Estado de California es el líder de las energías renovables en ese país y todo un ejemplo a seguir. Lo cual quiere decir, que si un gobierno estatal se propone poner a las renovables como sus principales fuentes energéticas en la producción de electricidad, lo puede hacer lograr.

No hay ninguna duda de que los países más desarrollados están abriéndole paso a las energías renovables dentro de sus sistemas eléctricos, lo cual no es una simple casualidad, más bien,

---

<sup>172</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 78.

responde a una necesidad de tener un suministro energético confiable cuando el petróleo, la fuente fósil más importante hasta estos momentos, sea un combustible caro, que en un determinado momento será ocupado en procesos productivos muy específicos mientras que, la mayor parte de la energía eléctrica generada en el mundo podrá obtenerse por medio de las energías renovables, ya que un “combustible” como lo es el viento no requiere de ningún costo y es sumamente limpio.

Los parques eólicos marinos u offshore produjeron 2 GW o dos billones de watts en 2009 gracias a 11 países, en su gran mayoría europeos, donde el Reino Unido tiene una capacidad instalada de 883 MW y Dinamarca 639 MW, ambos ubicándose como los mayores productores de energía eléctrica proveniente de los offshore.<sup>173</sup> Los parques eólicos en el mar han tenido mucho éxito en Europa porque la cantidad de energía eléctrica producida es mucho mayor de la que se genera en tierra. Aunque sus costos son mayores por ubicarse en el lecho marino, éste no ha sido un impedimento para construir más parques eólicos de este tipo con el propósito de reducir las importaciones de combustibles fósiles, por su compromiso en la lucha contra el cambio climático y porque desean ser los líderes mundiales en la venta de tecnología verde.

El gobierno británico autorizó la construcción de la granja eólica marina más grande del mundo, llamada London Array, que se construirá al sudeste de Inglaterra con 341 turbinas, produciendo 750 MW. Se espera que la primera fase de la edificación finalice en 2012 con la instalación de 175 turbinas.<sup>174</sup> Esto nos permite ver que Reino Unido no pretende depender de los combustibles fósiles cuando estos suban de precio, es por ello que está emprendiendo enormes proyectos eólicos que le brinden MW, los cuales son sumamente costosos, pero si no lo hace, el costo de una dependencia energética será mucho mayor.

Para Bélgica, un país densamente poblado y sin recursos energéticos propios, la energía eólica marina se está convirtiendo en la única solución para alcanzar los objetivos medio ambientales marcados por la Unión Europea, que prevén una reducción del 20% de las emisiones de CO<sub>2</sub> para 2020. Parte de la estrategia de este país, es construir el parque eólico marino, Thornton Bank, con una potencia total de 300 MW. La inversión será de 900 millones de euros, que se pretende recuperar en doce años después de su puesta en marcha.<sup>175</sup>

Bélgica es otro ejemplo de que la energía eólica es una de las renovables que más confianza produce entre los países del mundo. Por otro lado, también se hace notar que la inversión que se otorga a un parque eólico marino se recupera a largo plazo, lo cual es compensado con la cantidad

<sup>173</sup> *Ibidem*.

<sup>174</sup> s/a. “Aprueba RU construir granja eólica marina”, [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 3 de diciembre del 2008, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/51196.html> [consulta: 13 de julio, 2010], p. 1.

<sup>175</sup> s/a. “Bélgica apuesta por la energía eólica”, [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 10 de septiembre del 2009, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/55600.html> [consulta: 13 de julio, 2010], p. 1.

de energía eléctrica producida por ellos. Otra de las cosas que se puede observar es que la construcción de los parques eólicos es llevada a cabo por varias etapas debido a que el montaje de las turbinas son estructuras gigantes que se deben de colocar de forma adecuada para su buen funcionamiento y para que no ocurra un accidente que puede arrojar costos más elevados.

Datos de la REN 21 indican que Estados Unidos pretende construir su primer parque eólico marino por medio de la compañía Siemens (fabricante alemán de equipos eólicos marinos del mundo). El parque será ubicado en las costas de Massachussets, llamado "Cape Wind" de unos 420 MW. No solamente Europa le apuesta a la energía eólica marina, sino que también Estados Unidos, situación a reflexionar, puesto que esta potencia no invertiría en energía renovable nada más porque sí, éste país sabe que las renovables serán las fuentes energéticas del siglo XXI y no pretende quedarse atrás del viejo continente.

Lo que se puede observar por parte de las empresas que fabrican tecnología verde, es que también controlan la construcción de las centrales eléctricas impulsadas con energía renovable, eso quiere decir, que el negocio de la venta de esta tecnología abarca el final de todo el proceso y que por lógica existe una clara competencia para obtener las concesiones de los proyectos más ambiciosos.

Realmente la energía eólica es una pieza fundamental para dejar de depender de los combustibles fósiles y reducir los GEI, pero también para cubrir parte de la demanda energética de un país con el propósito de prevenir los estragos causados por los altos precios del petróleo en un futuro. Los países más desarrollados son un gran ejemplo para que los menos industrializados comiencen una transición energética rápida, pero bien planeada a través de políticas y objetivos que promuevan el uso de las fuentes de energía renovable.

## 2.6 Energía minihidráulica

La energía del Sol da lugar, entre otros fenómenos, a la evaporación del agua contenida en la superficie de la Tierra. La humedad se acumula en las nubes que recorren grandes distancias y se deposita en forma de lluvia sobre diversas zonas, formando ríos.<sup>176</sup> La idea detrás de la fuerza hidroeléctrica es bastante directa: se aprovecha la energía cinética del agua, la cual fluye naturalmente a lo largo de un río, pasa a través de una turbina, que a su vez enciende un generador y produce electricidad. La hidroelectricidad es considerada como una de las energías

---

<sup>176</sup> CONUEE, *op. cit.*, p. 2.

renovables más confiables como la eólica, aunque las sequías pueden afectar notablemente su suministro.<sup>177</sup>

El agua es un elemento básico para la vida y un recurso que ha determinado el desarrollo humano. Necesitamos agua para beber, para nuestra higiene, para la agricultura, para la industria y una enorme cantidad de cosas más. Pero también tiene un doble valor ya que es sumamente indispensable para la generación de electricidad. A pesar de tal importancia, estamos contaminando los ríos por medio de desechos generados por el hombre, una acción que nos hará perder el enorme potencial proveniente de la energía hidráulica. Hasta estos momentos, esta fuente energética es una de las más confiables, ya que pueden producir electricidad a todas horas y todos los días del año.

Se sabe que los egipcios (3,000 años a. de C.) fueron uno de los primeros pueblos en aprovechar la energía del agua al construir ruedas hidráulicas. Los pueblos del Medio Oriente contaban con ruedas similares para el abastecimiento de agua y molienda de granos.<sup>178</sup> También los molinos de agua romanos son ejemplos del aprovechamiento de su fuerza.<sup>179</sup> En la Inglaterra medieval había más de 5,000 molinos de agua y otros tantos por toda Europa, posteriormente su fuerza fue utilizada para telares, sistemas de bombeo, trituradoras de madera, etc.<sup>180</sup>

Las civilizaciones antiguas conocían muy bien el gran potencial del agua, es por ello que la aprovecharon enormemente no solamente para el consumo humano sino como una fuerza de trabajo, es decir, si ellos pudieron lograr su desarrollo con la fuerza de la naturaleza, ¿por qué nosotros no?

Con la invención de la electricidad y su aplicación a finales del siglo XIX, el agua se convirtió en una fuente esencial para la producción de energía eléctrica, adquiriendo un gran valor en el ámbito energético. La primera central hidroeléctrica se construyó en Northumberland, Gran Bretaña, en el año de 1880, la instalación aprovechaba la fuerza del agua que caía desde una cierta altura para accionar una turbina que hacía girar un alternador produciendo electricidad. Aunque para otros, la primera hidroeléctrica del mundo se construyó en Appleton, en el Estado de Wisconsin, Estados Unidos, en 1882.<sup>181</sup>

---

<sup>177</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 100.

<sup>178</sup> Bárbara Angélica Rodríguez. *Energía Minihidráulica*, [en línea], México, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Dirección URL: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_631\\_energia\\_minihidraulica](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_631_energia_minihidraulica) [consulta: 5 de noviembre, 2009], p. 1.

<sup>179</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 213.

<sup>180</sup> Bárbara Angélica Rodríguez. *Energía Minihidráulica*, *op. cit.*, p. 1.

<sup>181</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 213.

A principio del siglo XX se extendieron pequeñas centrales hidroeléctricas en Europa con capacidades de varias decenas y centenas de watts. Pero, después de la Segunda Guerra Mundial surgió un gran auge en el desarrollo de la hidroelectricidad con centrales de millones de watts. Aunque la construcción de minicentrales continuó principalmente en varios países de Europa y Asia.<sup>182</sup>

El agua fue una de las primeras formas de producir electricidad mediante pequeñas hidroeléctricas, sin embargo, las necesidades de una mayor cantidad de esta energía permitió el desarrollo de presas de gran tamaño para producir MW, dejando a un lado a las pequeñas con excepción de Europa y Asia. Esto también significó un desarrollo tecnológico de grandes dimensiones, ya que no es lo mismo construir una pequeña que una macro presa, lo cual trajo como consecuencias que los costos fueran mucho más elevados para su construcción, pero a cambio se producen MW al año.

### 2.6.1 Funcionamiento de una minihidráulica

Aunque no hay consenso a nivel mundial respecto a la potencia máxima instalada que puede tener una central para ser calificada como minicentral hidroeléctrica, aquí se considera como tal a las que no sobrepasan los 10 MW, que es el límite aceptado por la Comisión Europea.

Una central minihidráulica aprovecha la energía del agua de un río para convertirla en energía mecánica (movimiento de una turbina) y posteriormente en electricidad.<sup>183</sup> Este tipo de construcciones cuentan con un río en el que se hace un azud (barrera pequeña) para el desvío de una parte de su caudal; este azud puede ser mínimo e incluso inexistente dependiendo de las condiciones topográficas. Pero si lo hay, éste no debe ser de más de 15 metros de altura, ya que de otra manera perdería su condición de mini. Cabe la posibilidad de poner azudes inflables de tal manera que cuando se necesite desviar agua de un río, el azud se llena de aire para incrementar el nivel de las aguas arriba, con el propósito de alimentar el canal de toma de la central. Cuando no se produzca electricidad en la central, el azud se puede desinflar permitiendo que el río vuelva a su estado original.<sup>184</sup>

Afortunadamente se tiene la opción de los azudes inflables que permiten que el río tenga su apariencia original cuando no se necesite producir energía eléctrica. Además, esta técnica permite que el agua se embalse solamente en el momento de producir electricidad permitiendo que ésta corra a través del río en los momentos en que no se utilice. Pero, si la idea de un azud inflable no es la más conveniente, se pueden construir presas de pocos metros de altura para cumplir la

<sup>182</sup> CONUEE, *op. cit.*, p. 6.

<sup>183</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 218.

<sup>184</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 81-82.



misma función, pero con la diferencia de que el agua permanece más tiempo estancada. Una de las características más sobresalientes de las renovables a diferencia de las no renovables es que sus estructuras pueden removerse sin dejar huellas evidentes de su construcción.

El canal envía el agua a una tubería forzada hacia una turbina para ponerla en movimiento, permitiendo que ésta accione un generador eléctrico. La toma de agua se realiza de manera que ésta pierda el mínimo de energía. El rendimiento de una instalación de este tipo puede llegar a superar el 90%.<sup>185</sup> En realidad, las minihidroeléctricas no son simplemente una reducción de las grandes hidroeléctricas, pues la diferencia principal radica en que las minicentrales no embalsan grandes cantidades de agua.<sup>186</sup>

No se puede negar que el uso de la energía hidráulica no es completamente limpio ya que como pudimos ver en el Capítulo I provoca grandes impactos al medio ambiente. Pero las ventajas de las minicentrales es que su impacto ambiental y social es mucho menor. Por tal motivo, se deben apoyar los proyectos minihidráulicos dejando a un lado las grandes presas y si estas últimas ya se encuentran en funcionamiento hay que realizar diversas medidas que minimicen sus daños.

Para reducir los impactos ambientales de pequeñas y grandes presas se recomienda el caudal ecológico. El caudal de un río es esencial porque si se desvía una pequeña parte de la corriente de un río hasta una central, el agua sólo se vuelve a incorporar a su caudal original terminado este proceso. Sin embargo, la distancia puede ser de unos metros a unos cuantos kilómetros provocando que los niveles del río bajen, lo cual es perjudicial para la vida acuática. Por esta razón se debe de limitar la cantidad de agua que se va a desviar para que el río tenga suficiente corriente con el propósito de que los animales y plantas puedan continuar con sus procesos normales de crecimiento. A este tipo de técnica se le conoce como caudal ecológico.<sup>187</sup>

Hay varias alternativas para que la producción de energía eléctrica por medio del agua provoque menores impactos de tipo ambiental y social. El punto es que se pongan en práctica porque sabiendo todo esto no hay ningún pretexto para no hacerlo, la cuestión es que los gobiernos tomen consciencia de que las grandes presas están perjudicando la fauna y flora acuática de los ríos y a las poblaciones aledañas a estas construcciones. Como se puede ver, el mundo está generando energía eléctrica de forma limpia gracias a la hidroeléctrica, pero carece de una total sustentabilidad, pero esto puede cambiar si se minimizaran tales impactos.

---

<sup>185</sup> *Idem.*, p. 82.

<sup>186</sup> Greenpeace México. *Energía limpia sin límites*, [en línea], México, Greenpeace México, junio del 2008, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/energ-a-limpia-sin-l-mites.pdf> [consulta: 30 de mayo, 2009], p. 7.

<sup>187</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 82.

### 2.6.2 Ventajas y desventajas de la minihidráulica

Ventajas	Desventajas
Su producción de energía eléctrica no produce residuos ni gases contaminantes a la atmósfera.	La principal desventaja económica, es que las minicentrales producen una menor cantidad de kWh que una gran hidroeléctrica.
De 5 millones de watts que se produzcan en una minicentral, se evita la emisión de 20 mil toneladas de CO <sub>2</sub> a la atmósfera. <sup>188</sup>	Puede producir varios impactos ambientales sino se tiene el debido cuidado. Por ejemplo, la erosión de los ríos, reduciendo la disponibilidad de agua dulce; las turbinas utilizadas son un grave peligro para los peces; el embalsamiento de agua genera emisiones de CO <sub>2</sub> y la acidez del río.
La construcción de una mini presa es mucho más barata que una macro presa.	Si se colocan varias minicentrales provoca la sobreexplotación del río.
En los países en vías de desarrollo todavía existen muchos lugares de gran potencial para explotar la fuerza del agua.	Durante la fase de construcción es necesario abrir paso a la maquinaria para construir la minicentral, y tendidos eléctricos provocando ciertos daños al medio ambiente.
La energía minihidráulica puede producir cerca de 51 GW en 2020 a nivel mundial. <sup>189</sup>	El costo por kWh es poco competitivos en comparación con las grandes centrales hidroeléctricas.

Tabla 14. Fuente: Elaboración propia.

La energía minihidráulica no genera residuos ni gases contaminantes a la atmósfera si llevan a cabo ciertas técnicas que reduzcan los impactos ambientales ocasionados por el embalsamiento del agua de un río. Por otro lado, es una fuente de energía totalmente confiable porque puede producir energía eléctrica las 24 horas del día, presentando problemas solamente en la época de sequías.

Es más barato construir una pequeña presa a una de mayor tamaño, inclusive se pueden colocar varias de ellas a través de un mismo caudal, pero para ello se debe hacer un estudio por parte de los ingenieros expertos con el propósito de evitar una sobreexplotación de la cuenca. En los países más desarrollados, la mayoría de los ríos importantes ya cuentan con una o varias presas de enorme tamaño, y en los países en vías de desarrollo, los grandes proyectos pueden enfrentarse con obstáculos de carácter financiero, ambiental y social. Sin embargo, la generación de electricidad con minicentrales hidroeléctricas es la opción más viable, debido a la diversidad de caudales que pueden ser aprovechados con las nuevas tecnologías.

Hay varios lugares donde se pueden aprovechar la energía del agua, por ejemplo, los diques utilizados para el control de inundaciones y de navegación o reservas de suministro de agua

<sup>188</sup> *Idem.*, 84.

<sup>189</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 217-218.

pueden modificarse para que puedan generar energía eléctrica.<sup>190</sup> Realmente se desconoce el verdadero potencial que pueden producir los ríos que existen en todo el mundo, pero sin duda es enorme. Sin embargo, tenemos que considerar que cada vez se encuentran más contaminados por el hombre, por tal motivo, este recurso debe protegerse para brindarnos junto con las demás fuentes de energía renovable la independencia de los combustibles fósiles.

Es verdad que una minicentral produce una menor cantidad de energía eléctrica, pero para un mejor aprovechamiento de las mismas, se pueden utilizar turbinas modernas para producir hasta unos 10 MW; además, como ya se dijo, la construcción de varias de ellas en un solo caudal puede hacer más rentable este tipo de centrales, siempre y cuando no se produzcan daños de gran impacto ambiental y social.

Se pueden aplicar varias técnicas bien conocidas para aminorar los impactos ecológicos. Por ejemplo, la colocación de mallas u otras barreras son útiles para evitar que los peces y otros animales queden atrapados en las turbinas, además de optar por los diques ecológicos para mantener el nivel de oxígeno y no provocar la erosión de los ríos y de la reducción de la disponibilidad de agua dulce.<sup>191</sup>

El hecho de construir minihidráulicas no significa que se deba descuidar el impacto al medio ambiente, para ello, las leyes nacionales deben establecer las mejores técnicas de construcción y así evitar cualquier omisión de las mismas. Por otro lado, el daño que causa la quema de los combustibles fósiles siempre va a ser mayor que los que provocan las renovables, es por ello que el apoyo que se les debe de brindar es sumamente indispensable, ya que las energías más limpias y generosas con nuestro medio son las que pueden contribuir a la lucha contra el cambio climático.

En realidad hay más aspectos positivos a favor de la expansión de las minicentrales, es por ello que los países deben optar por sistemas más sustentables para el beneficio de las nuevas generaciones.

### **2.6.3 La energía minihidráulica en el mundo**

Según la REN21, la energía hidroeléctrica nos proveyó el 15% de la electricidad producida a nivel mundial en 2008, mientras que la AIE nos dice que fue el 15.9%, es decir, la diferencia es mínima. Datos de la REN21 indican que esta fuente energética generó 980 GW en 2009 a nivel mundial, incluyendo los 60 GW producidos por las pequeñas hidroeléctricas, esto quiere decir que

---

<sup>190</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 107-108.

<sup>191</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 84.

solamente el 6.7% proviene de éstas; es decir, la mayor parte de la energía eléctrica producida por las hidroeléctricas proviene, en su mayoría de las grandes presas.

China encabeza la lista en el uso de energía hidroeléctrica, ya que en 2009 produjo 197 GW gracias a ella; Estados Unidos conserva el segundo lugar con 81 GW superado enormemente por China. Brasil y Canadá generaron casi lo mismo, es decir, 76 y 74 GW respectivamente. Mientras que el resto del mundo generó 552 GW. Esta importancia en materia hidroeléctrica se debe a que dichos países cuentan con cuencas hidrológicas que son favorables para el uso de esta fuente energética.

Algunos países en vías de desarrollo continúan con el impulso de la hidroeléctrica por medio de pequeñas y grandes presas. Aunque se considera que la mayor capacidad vendrá de los grandes proyectos, hay un incremento considerable en los más pequeños.<sup>192</sup> Esto nos confirma que las grandes hidroeléctricas seguirán prosperando alrededor del mundo porque es muy difícil frenar su funcionamiento por motivos ambientales y sociales, lo que se puede hacer es aplicar en ellas técnicas para disminuir sus impactos.

## 2.7 Energía geotérmica

La palabra geotermia se refiere al calor natural que existe en el interior de la Tierra. También se le da este nombre al estudio de la energía térmica del planeta y a su utilización.<sup>193</sup> La energía geotérmica tiene su origen en una serie de reacciones naturales que suceden dentro de la Tierra produciendo enormes cantidades de calor. Esta energía da origen a fenómenos como el volcanismo o terremotos, y en sus últimas fases: géiseres, fumarolas y aguas termales. Su potencial almacenado supera 2,000 veces a las reservas mundiales del carbón.<sup>194</sup>

Como se puede observar, la fuente energética de la energía geotérmica no es el Sol como en la mayoría de las renovables. El poder de esta energía es tan grande que sus reservas superan a las del carbón, la fuente fósil más abundante. Pero como ya se ha mencionado no es posible aprovechar todo ese potencial por cuestiones tecnológicas y porque hay yacimientos que no pueden generar electricidad debido a su baja temperatura, sin embargo, pueden ser aprovechables para otros usos como se verá más adelante.

<sup>192</sup> Ren21. *Global Status Report, Renewables 2010, op. cit.*, p. 21.

<sup>193</sup> Víctor M., Arellano Gómez; Eduardo, Iglesias Rodríguez y Alfonso, García Gutiérrez. "La energía geotérmica: una opción tecnológica y económicamente madura", [en línea], México, *Boletín IIE*, julio-septiembre del 2008, Dirección URL: <http://www.iie.org.mx/boletin032008/tendencias.pdf> [consulta: 8 de diciembre, 2009], p. 103.

<sup>194</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 227.

El país pionero en utilizar la energía geotérmica para producir electricidad fue Italia cuando puso en servicio una estación de 250 kW en 1913.<sup>195</sup> Pero no fue sino hasta la crisis del petróleo de 1973 que empezó a aprovecharse de manera comercial, contribuyendo en la satisfacción de demanda de energía de los países con yacimientos geotérmicos. No se le considera la esperanza del futuro, pero es reconocida como un recurso explotable económica y técnicamente confiable con una gran variedad de aplicaciones, entre las que se encuentran: generar electricidad, calentar espacios habitables, balneología, turismo, invernaderos, criaderos de peces, procesos industriales entre otros.<sup>196</sup>

De nuevo se vuelve a observar el gran impacto que tuvo la crisis de 1973 en materia de energías renovables, ya que permitió que otro tipo de fuentes energéticas participaran en el suministro energético mundial en momentos en que la producción de petróleo era muy limitada y el precio de este combustible era muy elevado. La energía geotérmica no es considerada como la fuente energética del futuro porque es la más limitada de todas las energías renovables, puesto que sólo unos cuantos países poseen yacimientos geotérmicos para generar electricidad; sin embargo, es muy competitiva en cuestión de costos porque posee una tecnología muy desarrollada.

El recurso geotérmico es renovable solamente si se extrae la misma cantidad de fluidos con la que se recarga el yacimiento, sea por medios naturales o artificiales. De esta forma, la cámara magmática se enfriará en unos miles de años.<sup>197</sup> Con esto se entiende que la energía geotérmica es renovable si el hombre explota de forma adecuada el vapor y el agua de los yacimientos, regresando la misma cantidad de líquidos que se extraen mediante máquinas o por medio de su ciclo natural para que los depósitos no se sequen y se pueda producir electricidad por mucho tiempo.

### 2.7.1 Sistemas o yacimientos geotérmicos

Existen cinco tipos de sistemas geotérmicos: hidrotermales (agua y vapor), roca seca caliente, geopresurizados (agua y metano), marinos y magmáticos.

La industria geotérmica explota exclusivamente los yacimientos hidrotermales. Sin embargo, en poco tiempo se hará posible el uso de roca seca caliente, por lo que actualmente se está desarrollando la tecnología apropiada. En un lapso más grande se podrán utilizar los recursos geopresurizados, los geotérmicos marinos y la energía térmica de los sistemas magmáticos, lo cual

<sup>195</sup> Carlos J. Pardo, *op. cit.*, p. 207.

<sup>196</sup> Víctor M. Arellano, *op. cit.*, p. 103.

<sup>197</sup> Raúl, Maya González y Luis, Gutiérrez Negrín. "Recursos geotérmicos para generar electricidad en México", [en línea], México, *Revista Digital Universitaria*, vol. 8, núm. 12, diciembre de 2007, Dirección URL: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art91/int91.htm> [consulta: 12 de noviembre, 2009], p. 4.

depende tanto del desarrollo de la tecnología, materiales apropiados y de las variables económicas que determinan la competitividad de las fuentes energéticas.<sup>198</sup>

En ese último punto agregaría las variables ambientales y sociales puesto que se tendría que hacer un estudio de las posibles afecciones o impactos a los ecosistemas y a las comunidades cercanas a este tipo de yacimientos, sin olvidarnos que se debe recurrir a los expertos para saber sino existe un problema de enorme magnitud al extraer tanta energía de la Tierra. Estos dos últimos deberían de tener más peso que los precios competitivos de un recurso energético.

Los yacimientos geotérmicos de una temperatura de 300°C o más, se explotan a través de pozos profundos por donde sube el vapor seco o vapor de agua o una mezcla de agua con sales disueltas (salmuera). Ya en la superficie, el vapor es separado de esas mezclas y transportado hacia las centrales de generación, donde echan andar las turbinas de vapor para producir electricidad.<sup>199</sup> Cuando el vapor termina de realizar este proceso muchas veces es enfriado en un condensador, y una vez que llega a su estado líquido se reinyecta al acuífero, volviendo a empezar todo el ciclo.<sup>200</sup> Si hay algún tipo de salmuera se conduce hacia lagunas de evaporación o a pozos inyectoros que la regresan a los yacimientos, con el doble propósito de recargarlo y de prevenir cualquier contaminación a los acuíferos que se encuentran en la superficie.<sup>201</sup>

La mejor técnica que se puede utilizar en la producción de electricidad es regresar el vapor en forma de agua para que la geotérmica sea una energía sustentable. El riesgo persiste cuando el agua contiene salmuera y no es regresada ya que puede contaminar el agua dulce de la superficie y secar al yacimiento, siendo que debe ser regresada con el propósito de continuar con un ciclo para generar más energía eléctrica sin provocar grandes impactos ambientales.

Los yacimientos de una temperatura menor a 200°C son los más abundantes y se aprovechan para su uso directo y bombas de calor geotérmico. Los usos directos en el caso de Estados Unidos y en varios países europeos sirven para desarrollos turísticos y balnearios de agua caliente, calefacción de viviendas y oficinas, procesos industriales que utilizan agua caliente, invernaderos, deshidratación de frutas y verduras, etc. Además, las sales que contiene la salmuera pueden depositarse en lagunas o estanques especialmente diseñados para ello, y comercializarse.<sup>202</sup>

Los Estados que recurren al uso directo de esta energía se ahorran la compra de toneladas de combustibles fósiles y su subsecuente contaminación de GEI, representando un ahorro económico

---

<sup>198</sup> *Idem.*, p. 112.

<sup>199</sup> *Ibidem.*

<sup>200</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 228.

<sup>201</sup> Raúl Maya y Luis Gutiérrez, *op. cit.*, p. 4.

<sup>202</sup> *Idem.*, p.10.

y ambiental. Otra cosa que se puede observar es que los yacimientos geotérmicos se pueden utilizar en diversas actividades, es decir, no se desperdicia ningún tipo de temperatura. Lo que llama la atención es que la salmuera posee un valor económico adicional, puesto que las sales contenidas se pueden vender, pero esto significa el deterioro de los yacimientos porque para extraer la salmuera se requiere que el agua que las contiene se evapore, es decir, este líquido ya no es regresado a su depósito original.

Las bombas de calor geotérmicas (BCG) representan una tecnología de crecimiento a nivel internacional y su futuro es realmente prometedor, pues sirven para proporcionar frío y calor a nivel industrial y residencial. Las bombas captan calor en un lado para liberarlo en otro, es decir, enfrían un lado a costa de calentar otro. En diversos países europeos y en Estados Unidos hay más de 1.5 millones de unidades instaladas. Por otro lado, las BCG reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> en más del 50% comparada con los calentadores.<sup>203</sup>

Las bombas de calor pueden popularizarse en los países que cuenten con campos geotérmicos de baja temperatura para dejar de usar los calentadores y el aire acondicionado. Sin embargo, no hay que abusar en el uso de la energía aunque ésta se encuentre catalogada como renovable porque el ahorro debe ser un estilo de vida para las generaciones actuales y futuras.

### 2.7.2 Tipos de unidades geotermoeléctricas

**Unidades a contrapresión.** Es la técnica más sencilla en la que el vapor se escapa directamente a la atmósfera después de pasar por una turbina. Son más baratas, ya que carecen de un condensador, pero menos eficientes porque necesitan mayores toneladas de vapor para generar luz eléctrica.<sup>204</sup>

Las unidades a contrapresión son las menos sustentables, debido a que dejan escapar el vapor siendo que se puede reutilizar para producir más energía eléctrica. Se dice que son relativamente más baratas por no contar con el equipo adecuado para devolver el agua al acuífero. Sin embargo, se necesita sacar mucho más vapor para generar una mayor cantidad de kWh, lo que se traduce a más horas de trabajo y un mayor consumo de energía por parte de la maquinaria. Este tipo de plantas deberían de prohibirse por medio de las legislaciones de cada país porque su explotación es insostenible.

**Unidad a condensación.** Permite que el vapor que sale de una turbina, se lleve a un condensador para transformarlo en estado líquido y enviarlo de nuevo al yacimiento. Esto genera una mayor

<sup>203</sup> Víctor M. Arellano, *op. cit.*, p. 110.

<sup>204</sup> Raúl Maya y Luis Gutiérrez, *op. cit.*, p. 6.

inversión pero son más eficientes, ya que se necesitan menores cantidades de vapor para producir electricidad.<sup>205</sup> Este tipo de plantas son mucho más benignas con el ambiente y mantiene a la energía geotérmica en su calidad de renovable. Pero esto implica más recursos económicos por parte del Estado, sin embargo, esta inversión es solventada porque se necesita menos vapor para producir energía eléctrica.

**Unidad de ciclo binario.** Estas plantas utilizan el agua o vapor de un yacimiento para calentar otro tipo de fluido con un punto de ebullición inferior al del agua (por lo general es un refrigerante). El proceso es el siguiente: el vapor pasa por una turbina generando electricidad, posteriormente es condensado con el propósito de que el agua transmita su calor al refrigerante y pase por una turbina de vapor produciendo más electricidad; el proceso se repite una y otra vez. Estas unidades son más caras por el tipo de tecnología, pero permite aprovechar fluidos geotérmicos de temperaturas inferiores que, de otro modo no podrían utilizarse para generar energía eléctrica.<sup>206</sup>

Las plantas o unidades de ciclo binario son las mejores en su tipo ya que no permite que el vapor de agua se escape a la atmósfera. El gran valor de este tipo de centrales es que con ellas se pueden aprovechar los yacimientos de menores temperaturas para generar energía eléctrica, desde luego se tendría que analizar si esta técnica es rentable o no, ya que se pueden dar casos en que los yacimientos no posean el suficiente vapor o agua caliente haciendo improductiva la planta.

### 2.7.3 Ventajas y desventajas de la geotermoelectrica

Ventajas	Desventajas
La generación de electricidad por medio de la energía geotérmica es menos contaminante que la producida por combustibles fósiles.	Los yacimientos hidrotermales emiten vapor de agua en más de un 95% en peso, el resto es CO <sub>2</sub> , y otras sustancias químicas como el mercurio y compuestos de azufre <sup>207</sup>
La energía geotérmica es un recurso mineral, que pertenece al Estado, <sup>208</sup> reduciendo la dependencia energética del exterior.	Un campo geotérmico puede agotarse ante una explotación prolongada, como ha ocurrido en algunos yacimientos de Italia y Nueva Zelanda. <sup>209</sup>
Sus costos son totalmente competitivos con los de los combustibles fósiles.	No todos los yacimientos sirven para la producción de electricidad.
Es un recurso confiable para producir energía eléctrica y térmica.	

Tabla 15. Fuente: Elaboración propia.

<sup>205</sup> *Ibidem.*

<sup>206</sup> *Ibidem.*

<sup>207</sup> Raúl Maya y Luis Gutiérrez, *op. cit.*, p. 6.

<sup>208</sup> Ana Jesús, *op. cit.*, p. 103.

<sup>209</sup> Carlos J. Pardo, *op. cit.*, p. 205.



La emisión de CO<sub>2</sub> es del orden de una quinta parte de la que emite una planta termoeléctrica convencional para generar la misma cantidad de energía eléctrica. El ácido sulfhídrico es otra sustancia que se encuentra presente en la industria geotérmica, el cual está dentro de los límites de seguridad internacionales que establecen un límite de 0.05 partes por millón como promedio y no implica un impacto al ambiente más que su mal olor característico.<sup>210</sup> La energía geotérmica es una de las pocas energías renovables que emiten gases de efecto invernadero como el vapor de agua y el dióxido de carbono, pero su contaminación no se puede comparar con la emitida por los combustibles fósiles.

El Estado tiene todo el derecho de explotar esta fuente renovable de forma sustentable, permitiendo que la línea de dependencia hacia los combustibles fósiles se haga más delgada. El punto crucial es que las compañías productoras de electricidad practiquen técnicas más acordes con el medio ambiente, a pesar de que esto implique una inversión mucho mayor, puesto que las plantas más eficientes producen luz eléctrica con menos cantidades de fluido geotérmico.

Sus costos son totalmente competitivos con los de los combustibles fósiles en la producción de electricidad porque posee una tecnología muy bien desarrollada como en el caso de la energía hidráulica. Esto significa que es muy barato producir energía eléctrica por medio de la energía de la Tierra. La geotérmica es un recurso confiable ya que puede producir electricidad durante el día y toda la noche, pues no depende de las bondades del Sol.

Las plantas geotermoeléctricas utilizan un recurso renovable (fluido geotérmico). Sin embargo, esta característica se puede perder si los fluidos se dejan escapar a la atmósfera cuando no son regresados a su acuífero natural produciendo su secado. Esto ocasiona la pérdida de valiosos yacimientos geotérmicos que nos proporcionan electricidad a muy bajos costos de una manera más limpia y sustentable en comparación con los combustibles fósiles.

Es verdad que no todos los yacimientos sirven para generar energía eléctrica; sin embargo pueden utilizarse para otras actividades a nivel industrial como lo hacen otros países, por ejemplo: en la calefacción, procesado de alimentos, el lavado y secado de lana, producción de ácido sulfúrico, etc.<sup>211</sup> El ahorro de combustibles fósiles es enorme para los países que aprovechan los fluidos geotérmicos de bajas temperaturas, pero lo más importante es que no se produzcan impactos ambientales ya que esto provocará mayores consecuencias.

---

<sup>210</sup> Raúl Maya y Luis Gutiérrez, *op. cit.*, p.10-11.

<sup>211</sup> Víctor M. Arellano, *op. cit.*, p. 107.

### 2.7.4 Potencial geotérmico en el mundo

Según la Asociación Geotérmica Mexicana, 24 países tienen una capacidad geotermoeléctrica instalada de más de 10.71 GW (datos a mayo de 2010) de acuerdo con lo informado en el pasado Congreso Geotérmico Mundial 2010, celebrado en Bali, Indonesia.

#### Países de mayor producción geotermoeléctrica (datos a mayo de 2010)

País	MW
Estados Unidos	3,093.5
Filipinas	1,904.0
Indonesia	1,197.3
México	958.0
Italia	842.5
Nueva Zelanda	628.0
Islandia	574.6
Japón	536.0
El Salvador	204.4
Kenia	167.0
Resto del mundo	611.6
<b>Total</b>	<b>10,716.9</b>

Tabla 16. Fuente: Asociación Geotérmica Mexicana.

Estados Unidos encabeza la lista de los países de mayor producción geotermoeléctrica con 3,093 MW, Filipinas ocupa el segundo lugar con 1,904 MW que no son nada despreciables, pero se encuentra un poco alejado de la producción americana. Indonesia tienen la tercera posición con unos 1,197 MW. Estos tres países generaron el 57.8% de la energía eléctrica producida por yacimientos geotérmicos, es decir, un poco más de la mitad a nivel mundial.

México se ubica en la cuarta posición con 958 MW, mientras que Italia, el primer país en explotar su energía geotermoeléctrica le sigue los pasos con unos 842.5 MW. Nueva Zelanda, tiene la sexta posición con unos 628 MW; los siguientes en la lista son Islandia y Japón con 574 MW y 536 MW respectivamente mostrando una mínima diferencia entre ellos. El Salvador se encuentra en el noveno lugar con 204.4 MW y Kenia se ubica en la última posición con unos 167 MW; el resto de los países llegan a 611.6 MW produciendo un poco menos que Nueva Zelanda.

También nos podemos dar cuenta que esta es la primer lista en donde algunos países en vías de desarrollo se ubican entre los 10 países productores de una fuente de energía renovable, en este

caso de la energía geotérmica, lo cual nos indica que es un recurso energético con costos muy competitivos permitiéndoles un menor uso de combustibles fósiles en la producción de electricidad.

Como ya se mencionó solamente 24 países producen electricidad gracias a la energía geotérmica, la cual la hace muy limitada ya que ciertos yacimientos tienen la temperatura adecuada para hacerlo. Sin embargo, los depósitos de menores temperaturas están más distribuidos alrededor del mundo, los cuales pueden ser muy aprovechables para la generación de calor para nuestras casas, procesos productivos, etc.

España ya utiliza sus yacimientos de baja temperatura, puesto que la empresa sueca Cristal Growing Systems (CGS), está aprovechando el calor que hay bajo la superficie terrestre para cubrir el 93% de calefacción y el 28% de refrigeración de un centro comercial español, evitando la emisión de 160 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales a la atmósfera. El proyecto es muy adecuado para grandes superficies comerciales, pero también para edificios de viviendas e industrias.<sup>212</sup>

Esto nos muestra que la geotérmica no debe estar limitada para la producción de energía eléctrica, ya que los usos directos también dan excelentes resultados. Además, se necesitan proyectos como éste para que los grandes consorcios también inviertan en las energías renovables, ya que los centros comerciales están acostumbrados a desperdiciar grandes cantidades de electricidad sin pensar en los enormes impactos ambientales que generan.

La estación *Pacífico* del metro en Madrid es la primera en aprovechar la energía del subsuelo para la climatización de sus instalaciones gracias a la geotermia. Una serie de bombas de calor geotérmico transfieren el calor extraído del subsuelo al sistema de distribución para llevar la calefacción a la estación. En las áreas donde se requiera de temperaturas bajas, se absorberá el calor para mantener la refrigeración requerida. Este sistema, permitirá ahorrar hasta un 75 por ciento de energía y reducir en un 50 por ciento las emisiones de CO<sub>2</sub>. La medida, se suma a otras ya implantadas en el suburbano madrileño para ahorrar energía, como la ralentización de las escaleras mecánicas cuando no son utilizadas, la colocación de cristales en los accesos de las estaciones para aprovechar la luz solar y la instalación de acumuladores en los trenes que permiten recuperar parte de su energía de frenada.<sup>213</sup>

<sup>212</sup> s/a. "El Ikea de Jerez que se inauguró en abril de este año, es el primer centro comercial de España climatizado con energía geotérmica", [en línea], Madrid, *Energías renovables*, 18 de febrero del 2010, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=10&Cod=19578&Tipo=&Nombre=Otras%20fuentes> [consulta: 18 de febrero, 2010], p. 1.

<sup>213</sup> s/a. "Metro de Madrid recibe un premio por la instalación geotérmica de la estación Pacífico", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 2 de junio de 2010, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=10&Cod=20521&Tipo=&Nombre=Otras%20fuentes> [consulta: 2 de febrero, 2011], p. 1.

Los países que no exploten los yacimientos de baja temperatura porque no son aptos para generar electricidad, tienen la oportunidad de aprovecharlos para proporcionar calefacción y enfriamiento, siempre y cuando se exploten de una manera sustentable y sin provocarle graves impactos al medio ambiente. El metro en Madrid es un gran ejemplo de cómo se puede ahorrar energía aplicando técnicas muy útiles que se pueden poner en práctica en muchos lugares más.

La empresa italiana Enel Green Power y el grupo industrial turco Uzun contarán con varios permisos que les permitirán realizar exploraciones en la zona occidental de Turquía para localizar recursos geotérmicos capaces de generar energía eléctrica y calor. Este acuerdo coincide con la política de desarrollo de energías renovables del gobierno turco, que tiene previsto instalar unos 600 MW de nueva capacidad geotérmica antes de 2015 a los 86 MW anuales de capacidad geotérmica instalada. Con la introducción de la ley del 29 de diciembre de 2010 sobre el régimen de incentivos para la producción de electricidad a partir de recursos renovables, Ankara prevé un estímulo de 10 años explotando la energía de la Tierra.<sup>214</sup>

La unión entre empresas es una forma muy adecuada para realizar proyectos que hagan uso de las fuentes de energía renovable, y la energía geotérmica no es la excepción, puesto que vemos que una empresa italiana se va a asociar con una Turca dedicada a la industria para localizar los mejores yacimientos geotérmicos. Pero esto no proviene de la nada, pues atrás se encuentra el interés del gobierno turco por producir electricidad mediante energías renovables dando una serie de incentivos a las empresas que realicen tal acción. Los incentivos son esenciales ya que es una forma de premiar a las compañías por los esfuerzos que implica el aprovechamiento de estas energías.

## 2.8 Biomasa

La biomasa significa “materia derivada de seres vivos”, mientras que la bioenergía es la energía que se obtiene de la biomasa para generar electricidad, calor y biocombustibles. “Quedan excluidos del término biomasa los combustibles fósiles y todos los productos agrícolas y pecuarios que sirven de alimento al hombre y a los animales.”<sup>215</sup> Esta energía proviene del Sol, ya que las plantas obtienen su alimento, a través de la fotosíntesis.<sup>216</sup>

<sup>214</sup> s/a. “Enel Green Power y el grupo industrial turco Uzun desarrollarán varias plantas geotérmicas en Turquía”, [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 26 de enero de 2011, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=10&Cod=22612&Tipo=&Nombre=Otras%20fuentes> [consulta: 2 de febrero, 2011], p. 1.

<sup>215</sup> Omar, Maserá Cerutti (Coordinador). *La bioenergía en México. Un catalizador del desarrollo sustentable*. Mundi-Prensa México, México, 2006, p. 2.

<sup>216</sup> Las plantas son capaces de producir sus propios alimentos mediante la fotosíntesis que es un proceso que transforma la luz del Sol en energía química. Consiste, básicamente, en la elaboración de azúcares a partir del CO<sub>2</sub>, minerales y agua con la ayuda de la luz solar.

Se puede decir que la biomasa son todos los residuos orgánicos generados por las acciones del hombre, la naturaleza y los animales. Como la mayoría de las energías renovables, la biomasa es generada por la luz del Sol, ya que gracias a ella se realiza la fotosíntesis con la cual, las plantas obtienen su alimento. El hecho de que el concepto de biomasa excluya a los productos agrícolas y pecuarios es para no ocasionar un desabasto que genere el alza en los precios de estos productos y su falta en el mercado deje sin alimento a las poblaciones.

Aunque la biomasa está de moda, el hombre la comenzó a explotar desde que habitó la Tierra. Lo que sí es nuevo, es el intento de utilizarla para producir energía eléctrica.<sup>217</sup> Ante la actual crisis energética de los combustibles fósiles, los líderes mundiales se están replanteando el uso de la biomasa como una fuente energética que, tiene el carácter de ser renovable, poniendo en marcha políticas para recurrir a todas las fuentes de energía que puedan sustituir al petróleo.<sup>218</sup>

Los países altamente desarrollados, son en su mayoría dependientes de los combustibles fósiles, esto ha ocasionado la búsqueda de otras fuentes de energía competitivas y abundantes para que puedan sustituir a estos combustibles con el propósito de abastecer su propia demanda de energía eléctrica cuando éstos ya no lo puedan hacer y, al mismo tiempo, puedan cumplir con lo establecido en Kioto.

La biomasa es utilizada de una forma poco sustentable, cuando el consumo es mayor a la velocidad natural de su regeneración. Esta acción destruye los bosques, degrada los suelos, reduce la biodiversidad y daña los mantos acuíferos, produciendo un impacto en el ambiente.<sup>219</sup> La biomasa es una energía renovable siempre y cuando se permita la generación de residuos por medios naturales, si nosotros tomamos esos residuos no habrá problema en la medida que permitamos su acumulación. En el caso de las actividades realizadas por el hombre es diferente ya que los desperdicios se generan en cantidades considerables todos los días sin tener la necesidad de esperarnos a su recuperación. Es decir, la bioenergía no debe ser una vía para contribuir con la hambruna ni para generar impactos ambientales.

Los árboles no deben utilizarse como fuentes de calor o para la generación de electricidad, ni para la obtención de biocombustibles o como materia prima en las industrias por ser los que captan las mayores cantidades de CO<sub>2</sub> y nos proporcionan el oxígeno que necesitamos para respirar. Lo que si podemos aprovechar de ellos, sin ningún problema, son sus residuos.

---

<sup>217</sup> Carlos J. Pardo, *op. cit.*, p. 188-189.

<sup>218</sup> Ana Jesús, *op. cit.*, p. 97.

<sup>219</sup> Dieter Holm D. Arch, *op. cit.*, p. 28.

Los materiales biomasa usados en un país o región en particular varían debido a los recursos locales. En climas tropicales, el bagazo de la caña de azúcar es un tipo común de biomasa; los países en donde se cultiva el arroz, la cáscara de este grano es la principal biomasa; o las zonas que cuentan con bosques densos emplean los residuos de madera.<sup>220</sup> Es decir, cada región cuenta con diversos tipos de biomasa y en cantidades diferentes, es por ello que es sumamente variada. Con el propósito de saber qué tipo de biomasa puede ser más explotable, los países tienen que realizar estudios para averiguar cuáles son los residuos orgánicos que más se producen y poder aprovecharlos en la creación de electricidad, calor y como combustible (biogás).

### 2.8.1 Clasificación de la biomasa

Para fines prácticos, la biomasa puede clasificarse de la siguiente forma:

**Biomasa natural.** La biomasa natural se produce en la naturaleza sin ninguna intervención humana.<sup>221</sup> Puede ser la madera que se obtiene del piso y otras labores que no afecten la madurez del bosque y que no lo pongan en peligro.<sup>222</sup> Otra forma de biomasa natural son las algas, que se generan en grandes cantidades y el lirio acuático, que es una plaga en las presas del mundo.<sup>223</sup>

Solamente se debe considerar como biomasa natural todos aquellos residuos que genera la propia naturaleza como la madera tirada o podrida, hojas secas, frutos que ya no son útiles para el consumo humano, ramas, pasto, etc., que se acumulan originando una gran cantidad de basura orgánica que se puede utilizar para la producción de energía, pero que comúnmente se deja en el suelo o se tira a la basura. Por otro lado la opción de las algas y el lirio acuático resulta muy interesante, pues pueden removerse para utilizarse en la generación de electricidad sin generar impactos ambientales.

**Biomasa residual.** Se genera como consecuencia de cualquier actividad humana, principalmente de procesos agrícolas, ganaderos y desechos sólidos municipales.<sup>224</sup> El hombre utiliza sólo una parte de ellos y el resto no es aprovechable en su mayoría.<sup>225</sup> De todos los tipos de biomasa, la residual genera millones de toneladas de desperdicios todos los días, la cual va a parar a los basureros, rellenos sanitarios, a los mantos acuíferos de agua dulce, al mar, a nuestras calles, etc., desperdiciando un enorme potencial energético y provocando una mayor contaminación.

<sup>220</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 175.

<sup>221</sup> Omar Guillen, *op. cit.*, p. 61.

<sup>222</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 88.

<sup>223</sup> Omar Guillen, *op. cit.*, p. 66.

<sup>224</sup> *Idem.*, p. 62.

<sup>225</sup> Ana Jesús, *op. cit.*, p. 100.

Los procesos agrícolas generan millones de toneladas de desperdicios en los campos, que en la mayoría de los casos, ya no poseen ningún valor económico. Ahora, en lugar de que vayan a la basura y se descompongan liberando metano, tenemos la oportunidad de utilizarlos en la producción de biogás y generar electricidad o como combustible en nuestras casas e industrias como sustitución del gas LP.

Los residuos del ganado se han utilizado tradicionalmente como fertilizantes de los suelos agrícolas; sin embargo, este uso ha perdido importancia con la aparición de abonos químicos.<sup>226</sup> En esta división se deben incluir los residuos de mataderos: recortes, sangre, cuero, grasas, etc. Todos estos desechos son residuos biodegradables, pues existen organismos que acaban con ellos, pero en su espera son altamente contaminantes.<sup>227</sup> Regularmente los mataderos depositan sus residuos a la basura o se van directamente a los ríos. Este es un problema que no está regulado, pero que si se quisiera, toda esta materia orgánica serviría para la producción de energía eléctrica.

Dentro de los desechos sólidos municipales encontramos: las aguas negras de las ciudades, excremento de animales domésticos y basura orgánica generada en nuestras casas, negocios, mercados o industrias.<sup>228</sup> Todos los desechos orgánicos generan un problema de contaminación dentro y fuera de las ciudades, éste ha sido minimizado por los gobiernos al crear espacios para depositarlos, lo cual es una solución a medias debido a que estos lugares siguen contaminando, pero de una forma más lenta. Si esta biomasa se utilizara directamente para fines energéticos, se solucionarían problemas relacionados con la basura como la contaminación de aguas y de grandes porciones de tierra, enfermedades y plagas. La solución al respecto es que se utilice toda esta biomasa para generar energía útil para el hombre.

**Biomasa producida o agroenergética.** La agroenergética es una nueva faceta de la agricultura en la cual, cultivos específicos sirven para producir biomasa con el propósito de obtener energía.<sup>229</sup> Desgraciadamente, la mayor parte de la producción de biocombustibles se obtiene de cultivos que el hombre utiliza para poder alimentarse, haciendo que los países que practican la agroenergética tengan que utilizar tierras fértiles, incrementando la tala de árboles y la producción de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Necesitamos cultivos que no compitan con la agricultura alimentaria, que se den en tierras poco fértiles y que requieran de poca agua con el propósito de aprovechar los terrenos que han sido abandonadas debido a su poca eficiencia sin la necesidad de abrir más espacios para la

---

<sup>226</sup> *Idem.*, p. 101.

<sup>227</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 86.

<sup>228</sup> *Idem.*, p. 87.

<sup>229</sup> Ana Jesús, *op. cit.*, p. 98.

agricultura. Esta podría ser una buena solución para aquellas comunidades que viven en extrema pobreza a causa de la poca fertilidad de sus tierras, ya que serían las encargadas de estos cultivos, obteniendo recursos económicos para el mantenimiento de sus familias sin la necesidad de migrar a otros lugares. Este tipo de cultivos se le denominan de segunda generación, ya que no intervienen con la agricultura alimentaria.

El etanol a base de maíz y otros granos ponen en riesgo la agricultura alimentaria, acabando con ecosistemas y utilizando grandes cantidades de agua, es por ello que no cumplen con los criterios para ser cultivos energéticos sustentables como el caso de Estados Unidos, el cual produce la mayor parte del etanol a base de maíz. El biodiesel producido a partir del aceite de palma y la soya también es inaceptable ya que propicia la deforestación para la disposición de tierras, caso concreto el del Amazonas y el sureste de Asia.<sup>230</sup>

Cualquier tipo de cultivos que sirvan para la alimentación del ser humano deben ser excluidos de la palabra biomasa, ya que sus impactos ambientales y sociales son enormes, puesto que propician la tala de bosques y el uso de enormes cantidades de agua, por otro lado, producen la erosión y el agotamiento de minerales del suelo. Muchos de estos problemas obligan a abandonar esas tierras para utilizar otras nuevas que, a su vez, se agotan, creando un círculo vicioso que va destruyendo el medio ambiente.

### 2.8.2 Biogás

El biogás es el producto que se obtiene de la descomposición de la materia orgánica por bacterias. Es una mezcla de gases constituida principalmente por metano (entre un 40% y un 70%), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), y cantidades menores de otros gases como ácido sulfhídrico, nitrógeno, oxígeno, vapor de agua, entre otros. Este combustible es producido a partir de residuos orgánicos (estiércol de animal y humano, residuos agrícolas y ganaderos y residuos sólidos municipales).<sup>231</sup>

Como se puede observar, el biogás está compuesto en su mayoría de metano que es un gas de efecto invernadero. Por lo tanto, la producción y consumo de este biocombustible cumple funciones energéticas y ambientales, ya que se puede capturar y aprovechar para la generación de energía sin provocar una contaminación severa porque al quemarse se pierde gran parte del gas metano.

<sup>261</sup> Janet, Cotter y Tirado, Reyes. *Políticas sobre bioenergía*, [en línea], México, Greenpeace México, octubre del 2007, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/criterios-para-bioenerg-a.pdf> [consulta: 30 de mayo, 2010], p. 3.

<sup>231</sup> Omar Masera, *op. cit.*, p. 41.



El biogás tiene un poder calorífico equivalente a un 70% del gas natural, el cual puede utilizarse para cocinar, producir electricidad y calefacción entre otros usos.<sup>232</sup> Es realmente menos contaminante que el petróleo y el carbón, semejándose a la contaminación por gas natural. Además, puede reemplazar al gas LP que se utiliza en nuestras casas, emitiendo menos gases contaminantes a la atmósfera. El biogás puede cubrir parte de nuestra demanda energética, y resolver los problemas que genera la basura por desechar residuos orgánicos al suelo, a los depósitos de agua dulce, al mar o al enterrarlos.

Un digester de desechos orgánicos o biodigester es un contenedor cerrado herméticamente e impermeable, dentro del cual se colocan los residuos orgánicos para su descomposición, diluidos con un poco de agua, produciendo biogás y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio. El fenómeno de biodigestión ocurre porque existe un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos presentes en la materia fecal.<sup>233</sup> En realidad, una planta de biogás no es demasiado cara en comparación con las grandes plantas termoeléctricas convencionales, ya que como podemos observar a simple vista es un proceso relativamente sencillo, del cual se puede obtener electricidad, combustible, calor, etc. Además produce un fertilizante natural que se puede vender a los agricultores a precios bajos.

Para que la materia orgánica se descomponga se necesitan de entre 20 y 30 días dependiendo de la temperatura.<sup>234</sup> El uso de los sistemas de digestión anaeróbica está muy extendido. Los biodigestores se han usado en granjas de Asia y Europa durante varios siglos; las comunidades de Estados Unidos utilizan digestores para obtener abono mediante los desperdicios orgánicos municipales y la obtención de biogás.<sup>235</sup> La obtención de biogás es un proceso rápido, lo cual es una enorme ventaja en términos económicos; sin embargo, el tiempo también depende de la cantidad de toneladas de material orgánico a descomponerse. Es indudable que los países que utilizan materia orgánica para la producción de biogás con fines caloríficos o como combustible conocen de los enormes ahorros que se producen al momento de no utilizar energía no renovable para tales fines.

El uso de biogás para generar electricidad está creciendo rápidamente en los países de la OCDE, y en las naciones en vías de desarrollo como Tailandia y Malasia. El biogás también es utilizado en el transporte, pero en limitadas cantidades. Por ejemplo, en Suiza y otros países europeos lo utilizan como combustible para los trenes, autobuses y otros vehículos.<sup>236</sup> Poco a poco el uso de biogás está ganando terreno en la industria eléctrica y como combustible alrededor del mundo, lo

---

<sup>232</sup> *Ibidem.*

<sup>233</sup> *Ibidem.*

<sup>234</sup> *Idem.*, p. 42.

<sup>235</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 182.

<sup>236</sup> REN21, *op. cit.*, p. 24.

cual es un aspecto muy positivo ya que es la mejor forma de aprovechar la biomasa residual que en términos cuantitativos, es la más abundante porque es generada por el hombre en la mayoría de sus procesos productivos, en los hogares, negocios, etc.

### 2.8.3 Ventajas y desventajas de la biomasa

Ventajas	Desventajas
La contaminación por uso de biogás es similar a la emitida por el gas natural que es el combustible fósil menos contaminante.	La quema de biomasa natural es muy utilizada en todo el mundo, pero emite emisiones de CO <sub>2</sub> , el GEI más abundante en la atmósfera.
Desde las tierras áridas hasta las húmedas, existe una gran diversidad de biomasa que podemos aprovechar sin causar graves impactos ambientales.	La biomasa residual tiene mucho potencial para ser convertida en biogás o biocombustibles, pero muy pocos países hacen uso de ella.
La biomasa es capaz de generar energía térmica, eléctrica y biocombustibles.	La agroenergética practicada por la mayoría de los países está muy lejos de ser sustentable.
La producción de bioenergía requiere de un número importante de personas generando empleos locales, especializados y no especializados.	El costo por kWh es poco competitivo, ubicándose en el mismo lugar que las minihidráulicas.
El uso de residuos naturales puede evitar plagas, incendios y emisiones de gas metano a la atmósfera.	

Tabla 17. Fuente: Elaboración propia.

El biogás es una muy buena forma de transformar a la biomasa para la generación de calor, electricidad y combustible (biogás), ya que la contaminación que genera es similar a la del gas natural, considerado como una energía limpia.

Cada país tiene su propia biomasa, unos pueden tener más y otros menos debido a la sobreexplotación de sus recursos naturales, a su extensión geográfica o a su biodiversidad. El punto crucial es que la veamos como un recurso sumamente valioso para generar energía eléctrica, térmica o biogás, pero al mismo tiempo debe ser respetada como tal, utilizado solamente los residuos de biomasa o los cultivos energéticos que se hayan obtenido mediante medidas responsables que no afecten los ecosistemas. Aunque tengamos una gran diversidad en la biomasa, su explotación tiene que ser de forma responsable de tal manera que no se tenga que recurrir a la tala de árboles. Es decir, solamente debemos de utilizar los residuos y en dado caso los cultivos energéticos que cumplan con una explotación sustentable.

La generación de energía térmica puede obtenerse utilizando el calor que se produce en una unidad de cogeneración de calor y electricidad por medio de la biomasa, captándolo para usarlo como calefacción de casas, fábricas o empresas cercanas a las plantas o por medio de sistemas

calefactores especiales.<sup>237</sup> El desperdicio energético no es aceptable ni económicamente viable, puesto que el calor generado en las centrales se puede vender a precios bajos o utilizar dentro de las propias instalaciones de la planta. Además, el ahorro en la compra de combustibles fósiles es enorme si se utiliza a la biomasa como fuente de energía.

La biomasa tiene la capacidad de producir numerosos empleos, desde su recolección, selección de la biomasa, transformación en energía, su distribución, etc., lo cual es muy importante para los países en vías de desarrollo, ya que contribuiría con la economía y desarrollo del país.

Cuando se recoge la madera muerta se reduce el peligro de incendios y plagas forestales, y al momento de hacer una limpieza selectiva o aclareos se favorece la renovación natural y el crecimiento de los bosques.<sup>238</sup> Esto es otro motivo para impulsar el uso de residuos naturales, ya que una limpieza selectiva en nuestros bosques evitaría en gran medida los incendios forestales y las plagas que acaban rápidamente con la vida de los árboles. Sin embargo, la transformación de la materia orgánica proveniente de los bosques utiliza la combustión directa ya que es uno de los métodos más baratos hasta el momento, pero genera una gran cantidad de dióxido de carbono, haciendo de esta práctica poco sustentable.

La demanda de biomasa natural es tanta que desde hace varios siglos se tuvo que recurrir a la tala indiscriminada de los bosques alrededor del mundo. Sin embargo, aunque tenemos a las energías no renovables y renovables, esta acción continúa. El hecho es que millones de familias utilizan la madera como un medio de vida ya sea para cocinar, para obtener calor o en pequeños negocios, sin olvidar la tala ilegal por parte de grandes empresas siendo casi imposible la prohibición en ello. Lo que se necesita es aprender a vivir con otras fuentes energéticas que provoquen menos impactos ambientales, algo que no se hará de la noche a la mañana, pero debemos empezar por nosotros mismos.

La biomasa residual que es toda la basura orgánica más las aguas negras generadas en las ciudades y en el campo puede convertirse en biogás o biocombustibles (como se verá más adelante), pues ésta no sirve para la combustión directa. El uso de biogás está creciendo poco a poco; sin embargo, los gobiernos deben trabajar para lograr que sea uno de los combustibles más usados alrededor del mundo, puesto que su conversión es barata, reduce la importación de combustibles fósiles, se eliminaría la contaminación del suelo, agua, etc., y evita la emisión de metano en los rellenos sanitarios, es decir, ofrece grandes ventajas económicas, sociales y ambientales que hay que aprovechar. Otra ventaja medioambiental del uso de la biomasa residual es que ya no irían a parar a los basureros, a nuestras calles, a los depósitos de agua dulce y

<sup>237</sup> Greenpeace México. *Energía limpia sin límites*, op. cit., p. 8.

<sup>238</sup> Omar Masera, op. cit., p. 7.

salada, etc., además se reduciría enormemente el número de fauna nociva (ratas, ratones moscas, cucarachas, etc.).

La producción de energía biomasa debe ser variada y sostenible, teniendo cuidado de conservar los ecosistemas locales.<sup>239</sup> Deben de existir leyes que reglamenten el uso de cultivos energéticos haciendo énfasis en la utilización de los cultivos de segunda generación para aprovechar los terrenos abandonados o con poca fertilidad y prohibir los cultivos que compitan con la agricultura alimenticia.

#### 2.8.4 La biomasa en el mundo

Comúnmente, la biomasa se utiliza para generar electricidad y calor a través de su quema, pero también para transformarla en biogás y como biocombustibles para el transporte. En la actualidad, la madera cubre casi el 50% de las necesidades energéticas en los países en vías de desarrollo<sup>240</sup> existiendo graves problemas por ello como:

- a. La contaminación al interior de las casas por los fogones causa efectos en la salud en casi la mitad de la población mundial, mayormente en mujeres y niños.
- b. Cerca de 1.6 millones de personas mueren anualmente a causa de la quema de leña en sus propias casas.<sup>241</sup>
- c. La quema de biomasa emite gases de efecto invernadero a la atmósfera, es por ello que no es considerada una fuente de energía limpia.

El subdesarrollo ha traído como consecuencia la tala de árboles para el uso en los hogares, ya sea para calentar agua, cocinar o como calefacción, esto no sólo contribuye a la tala indiscriminada sino también causa daños en la salud humana debido a la inhalación de humo al interior de las casas porque no existe una ventilación adecuada. A pesar de las muertes que ocurren a causa de este hecho, las familias no cuentan con otros medios para poder sustituir, es decir, el uso de biomasa se ha convertido en un medio de vida.

La quema de biomasa es un método sencillo y barato para muchas familias alrededor del mundo, tal práctica se ha realizado generación tras generación, sin embargo, es una de las formas menos limpias de aprovechar a la biomasa, puesto que el CO<sub>2</sub> atrapado en los árboles es liberado a la atmósfera contribuyendo al cambio climático. La solución sería el uso de estufas solares o la

<sup>239</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 193.

<sup>240</sup> CONUEE, *op. cit.*, p. 3.

<sup>241</sup> Dieter Holm D. Arch, *op. cit.*, p. 28.

conversión de residuos orgánicos en biogás para la cocción de alimentos y obtención de agua caliente, también los paneles solares de baja temperatura pueden contribuir con esto.

Datos de la REN21 dicen que en 2009, la biomasa tuvo una capacidad de 54 GW a nivel mundial para producir calor y electricidad. En ese mismo año, Estados Unidos tenía operando 80 proyectos de biomasa en 20 Estados, los cuales generaron 8.5 GW de capacidad, haciendo de este país el líder absoluto en cuanto a la capacidad total.

En 2009, alrededor de 800 plantas de biomasa sólida estuvieron operando por toda Europa por medio de la quema de madera, de biomasa líquida u otro tipo de residuos orgánicos para generar electricidad y calor, produciendo 7 GW de capacidad aproximadamente. Alemania y Reino Unido incrementaron el uso de biomasa sólida para generar electricidad a través de su quema, esto ha permitido que la capacidad de las plantas que utilizan la biomasa crezca rápidamente en ese continente. China tuvo el 3.2 GW de capacidad en ese mismo año por el uso de biomasa, mientras que la de India solamente fue de 1.7 GW, pero Brasil superó a estas dos grandes economías con 4.8 GW gracias a la industria azucarera.<sup>242</sup>

A nivel mundial, Estados Unidos es el líder mundial en el uso de biomasa siendo que superó a todos los países europeos con 1.5 GW, lo cual nos habla de la enorme cantidad de biomasa que se utiliza para generar calor y electricidad. Brasil se ha convertido en el país líder del mundo en desarrollo en la utilización de biomasa, mientras que China e India le siguen muy fuertemente los pasos. Todos ellos suman un total de 25.2 GW, esto significa que el resto del mundo obtuvo un 28.8 GW de capacidad gracias a la biomasa en 2009.

A pesar de que la combustión de biomasa sólida (madera, hojas secas, ramas, etc.) es poco sustentable, es una de las pocas formas de aprovechar los residuos sólidos madereros para generar electricidad. La cuestión es que no debemos demandar una mayor cantidad de residuos madereros de lo que los bosques nos pueden proporcionar.

La biomasa también es una fuente energética muy importante en Europa, particularmente en Austria, Finlandia, Alemania, Suiza y los Países Bajos. En Suiza es la primera fuente de energía en cuanto al suministro de calor, pero también es usada en la generación de electricidad y el transporte, de hecho, en 2009 la biomasa excedió al petróleo como proveedor de energía en ese país.<sup>243</sup> La biomasa no solamente es básica para los países en vías de desarrollo, pues como podemos ver, el mundo desarrollado depende mucho de ella en cuanto al suministro de calor,

---

<sup>242</sup> REN21, *op.cit.*, p. 18.

<sup>243</sup> *Idem.*, p. 22.

electricidad y como biocombustible. La cuestión es que cuando se utilicen los residuos naturales se haga con responsabilidad y respetando los ciclos naturales de los bosques.

En la ciudad de Lakeview (Oregon), Estados Unidos, ha comenzado la construcción de una planta de biomasa forestal por parte de Iberdrola Renovables, compañía española. La planta producirá 26.8 MW anuales, ubicándose en un área rural de la zona oriental del Estado de Oregón, a escasa distancia de las principales líneas de transmisión eléctrica, por lo que su enclave es estratégico. Lakeview generará energía eléctrica mediante la biomasa forestal que se obtenga de la limpieza y poda de sus bosques.<sup>244</sup>

El combustible que alimentará la planta de biomasa para generar electricidad en esa ciudad, será tomado de una forma sustentable y ayudará a prevenir plagas e incendios forestales porque solamente se recogerán los residuos que provienen de los bosques de esa región. Desde el punto de vista económico, la biomasa natural no tendrá ningún costo y lo mejor de todo es que se crearán más empleos por la recolección de biomasa y manejo de la planta, lo cual es un aspecto muy positivo para los residentes de Lakeview. Por otro lado, la ubicación de la central es estratégica ya que está muy cerca de la red eléctrica principal de la ciudad, lo cual hará que no se tenga que invertir demasiado en la extensión de cableado eléctrico para suministrar la electricidad generada.

La central térmica de energía biomasa más grande del mundo se encuentra en Pietarsaari, Finlandia, construida en 2001. Se trata de una unidad que produce 240 MW anuales.<sup>245</sup> Dinamarca también merece una mención especial, ya que actualmente cubre el 7% de su demanda energética con energías renovables y de esos, el 5% corresponde a la biomasa.<sup>246</sup>

Si la biomasa es aprovechada de una forma respetuosa con la naturaleza, lo único que se debe hacer es mantener esos niveles para no caer en una sobre explotación, siendo que otras fuentes de energía renovable pueden contribuir de una manera equilibrada con el sistema energético de cada país. Por otro lado, esto nos hace reflexionar que debemos de cuidar nuestros bosques, ya que nos proveen de una manera gratuita oxígeno, recolectan parte del CO<sub>2</sub> producido en el mundo y nos brindan combustible para generar electricidad.

La Comisión Europea (CE) presentó una nueva estrategia para minimizar, y aprovechar los residuos orgánicos que se producen en los hogares. A través de un sistema que transporte estos

<sup>244</sup> s/a. "Iberdrola anuncia la construcción de una planta de biomasa de 27 MW en Estados Unidos", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 10 de noviembre de 2010, Dirección URL: <http://www.energiyas-renovables.com/paginas/Contenidosecciones.asp?ID=3&Cod=21848&Tipo=&Nombre=Biomasa> [consulta: 19 de enero, 2011], p. 1.

<sup>245</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 76.

<sup>246</sup> CONUEE, *op. cit.*, p. 9.

residuos desde el hogar a un centro de recepción, permitiendo la elaboración de composta y la producción de biogás destinado a la generación de energía eléctrica. La lucha contra el cambio climático está muy presente en estas medidas ya que se evitará las emisiones de 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anuales.<sup>247</sup> El proyecto Sustainable and Innovative European Biogas Environment (SEBE) de la Unión Europea se propone averiguar qué tecnologías y marco normativo serían óptimos para favorecer la producción sostenible y a gran escala de biogás en Europa. Los investigadores que participan en el SEBE están convencidos de que el biogás puede servir a la UE para cumplir con sus objetivos ambientales.<sup>248</sup>

La UE está buscando un sistema único para la obtención de basura orgánica generada en las casas para utilizarla en la producción de electricidad y para la obtención de composta porque sólo unos cuantos países miembros llevan una estricta separación de su basura. La idea es unificar un método sencillo y práctico para que todo funcione a la perfección, esto lo hace un proyecto sumamente ambicioso en dónde se podría ahorrar mucha mano de obra, ya que no se necesitaría de gente que separe la basura para obtener los biorresiduos. Cabe reconocer que esta es una idea que se llevará a cabo con grandes innovaciones tecnológicas.

El biogás es la forma más sustentable de utilizar la biomasa residual por muchas razones ya que se evita la contaminación de nuestros suelos, calles, ríos, mares, etc., se pueden reducir las plagas originadas por ésta, habría menos rellenos sanitarios y su descomposición sería menos peligrosa. Por ello, es que la Unión Europea considera que el biogás sería una buena opción para alcanzar sus objetivos que tienen acerca de reducir sus emisiones en un 20% para el 2020. Además nos damos cuenta la manera de cómo actúan los países más desarrollados, ya que están pensando sobre un marco normativo y las tecnologías a utilizar, pues estos elementos son básicos para impulsar una fuente de energía relativamente nueva.

En lo referente al sector industrial, la empresa holandesa *Paques* va a construir una novedosa planta de biogás gracias a los desechos de una de sus fábricas de helados Ben & Jerry's. Todos los residuos orgánicos procedentes de la elaboración de éstos, que incluyen los excedentes de helado, nata, leche, jarabe y restos de frutas, se destinarán a la producción de biogás, que a su

<sup>247</sup> s/a. "La Comisión Europea presenta medidas para aprovechar mejor el biogás de los residuos orgánicos", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 18 de mayo de 2010, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=14&Cod=20391&Tipo=&Nombre=Inicio> [consulta: 18 de mayo, 2010], p. 1.

<sup>248</sup> s/a. "La UE investiga el potencial del biogás para que ayude a cumplir el 20% de participación de renovables", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 15 de septiembre de 2010, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=3&Cod=21282&Tipo=&Nombre=Biomasa> [consulta: 13 de octubre, 2010], p. 1.

vez servirá para depurar las aguas residuales de las instalaciones. Además, se calcula que el biocombustible cubra el 40% de las necesidades energéticas de la fábrica.<sup>249</sup>

A decir verdad, son pocas las industrias que tienen este tipo de proyectos porque de entrada tienen que invertir un monto considerable para integrar una fuente de energía renovable en sus procesos productivos, pero saben que a la larga esto les traerá mayores beneficios económicos, energéticos y ambientales. Además, el combustible será gratis, puesto que provendrá de todas las mermas que igualmente se desechaban, pero ahora tendrán el valor de ser la materia prima de donde se obtenga el biogás.

### 2.8.5 Biocombustibles

Los biocombustibles sirven para su uso exclusivo o para mezclarlos con gasolinas (para la locomoción de vehículos) y aceites (como aditivos). Los más conocidos son los bioalcoholes de los cuales, el bioetanol es el más importante; y de los bioaceites, el biodiesel es el más destacado.<sup>250</sup>

**Bioetanol.** Fue abandonado como combustible debido a la abundancia y al bajo costo del petróleo, pero los primeros autos fueron diseñados para funcionar con bioalcohol o con gasolina; durante la Segunda Guerra Mundial muchos de los aviones utilizaban mezclas de ambos combustibles.<sup>251</sup>

El bioetanol es soluble en agua, biodegradable, se evapora con relativa facilidad y al quemarse produce menos GEI,<sup>252</sup> por cada litro de gasolina sustituido se evita la emisión de 1.85 kg de CO<sub>2</sub>.<sup>253</sup> Como se puede ver, el uso de bioetanol posee varias ventajas ambientales, entre las más importantes que podemos encontrar a parte de la reducción de GEI es que si ocurre un derrame no provocará daños como lo hace el petróleo, el cual es capaz de acabar con gran parte de los ecosistemas marinos como corales, mamíferos, peces y demás fauna y flora.

Las desventajas del uso total de bioetanol es que tiene una menor densidad de energía que la de la gasolina. El tanque debe llenarse con mucho más frecuencia de bioetanol que de gasolina. El maíz es la materia prima por excelencia para producir bioetanol ya que la mitad de la producción mundial es fabricada gracias a este grano, mientras que la caña de azúcar lo hace en un poco más de 1/3. En Estados Unidos se produce bioetanol a partir de la fermentación del maíz en un 95%, parte de éste se utiliza junto con la gasolina para producir una mezcla llamada gasohol; casi el

<sup>249</sup> s/a. "Helados y biogás, nuevo matrimonio de conveniencia", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 31 de enero de 2011, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?ID=14&Cod=22663&Tipo=&Nombre=Inicio> [consulta: 31 de enero, 2011], p. 1.

<sup>250</sup> Antonio Lucena, *op. cit.*, p. 90-91.

<sup>251</sup> Carlos J. Pardo, *op. cit.*, p. 211.

<sup>252</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 222.

<sup>253</sup> Pepa Mosquera y Luis Merino, *op. cit.*, p. 201.



30% de la gasolina en este país tiene esta mezcla. Otros países, particularmente Brasil, utilizan el azúcar como recurso principal.<sup>254</sup>

De todo el continente americano solamente estos dos países utilizan bioetanol mezclado con gasolina en grandes proporciones, llevando una agroenergética que carece de sustentabilidad ya que se utilizan cultivos alimenticios, necesitando tierras fértiles y la tala de árboles para su producción, acentuando el fenómeno de efecto invernadero y la deforestación.

El uso del bioetanol tiene tres fines: consumir menos gasolina, disminuir su importación y evitar las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera provocada por el transporte, uno de los sectores más contaminantes en el mundo. Pero para que el bioetanol sustituya totalmente a la gasolina tendrían que utilizarse enormes porciones de tierra para los cultivos bioenergéticos destruyendo grandes hectáreas de bosques y compitiendo con los cultivos para la alimentación, provocando el alto precio de éstos y su escasez, es decir, para un uso sustentable solamente se pueden utilizar mezclas de éste con gasolina proveniente de cultivos de segunda generación.

Los productores de etanol de maíz en Estados Unidos están satisfechos con las medidas aprobadas en su país, es decir, el E15 para todos los coches fabricados desde 2001, subsidios para su etanol y aranceles para el importado.<sup>255</sup>

El E15 significa que los autos en Estados Unidos van a utilizar una mezcla de gasolina con un 15% de bioetanol, sin duda una excelente medida para reducir la emisión de GEI generada por el transporte. Sin embargo, es importante recalcar que la producción de bioetanol a base de maíz no posee una agroenergética sustentable porque compite con el cultivo alimenticio utilizando grandes cantidades de agua y fertilizantes químicos, además propicia la tala de bosques con el fin de tener espacios libres para los cultivos.

El bioetanol tradicional se produce por medio de cereales o plantas que forman parte de la cadena alimenticia. Pero hay otras formas de obtenerlo. Eso es lo que pretende hacer la empresa Enerkem que tras varios años de investigación, está construyendo en Westbury, Canadá, una fábrica para producir bioetanol con los residuos procedentes de maderas urbanas y residuos sólidos. Su intención es producir 5.6 millones de litros de bioetanol al año.<sup>256</sup> Esta es una forma de ver como los países desarrollados buscan obtener biomasa de una forma sustentable, puesto que solamente

<sup>254</sup> Jennifer Carless, *op. cit.*, p. 220 y 202.

<sup>255</sup> s/a. "El bioetanol vive un momento dulce en Estados Unidos y otro más tormentoso en sus vecinos del sur", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 31 de enero de 2011, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/Contenidossecciones.asp?ID=14&Cod=22658&Tipo=&Nombre=Inicio> [consulta: 31 de enero, 2011], p. 1.

<sup>256</sup> Hugo Lucas, Jesús Fernández y Mercedes, Ballesteros. *Energías renovables para todos. Biocarburantes*, [en línea], Madrid, Iberdrola, s/fecha, Dirección URL: [http://www.energias-renovables.com/Productos/pdf/cuaderno\\_BIOCARBURANTES.pdf](http://www.energias-renovables.com/Productos/pdf/cuaderno_BIOCARBURANTES.pdf) [consulta: 6 de Octubre, 2009], p. 7.

se pretende usar la madera urbana y otros residuos sólidos, gracias a ello se tendrá un buen ejemplo y un gran conocimiento de la forma de hacer bioetanol sin la necesidad de cultivos agroenergéticos que compitan con la agricultura de alimentos y que dañen los ecosistemas.

Incluso el suero sobrante del queso puede servir para llenar el tanque de gasolina de los coches. En Alemania ya hay una fábrica que utiliza este residuo de sus productos lácteos para hacer bioetanol. Todas estas investigaciones dejan claro que la producción de biocarburantes no debe competir con la producción de alimentos y que hay numerosas vías para lograrlo.<sup>257</sup> Sin duda, este es un ejemplo de la enorme inversión de los países más desarrollados como Alemania hacia los biocombustibles, ya que con ello se disminuirá la importación de gasolinas emitiendo menos gases contaminantes a la atmósfera por medio de la biomasa residual. Lo cual nos demuestra que se puede obtener bioetanol sin recurrir a la agroenergética.

Inbicon, empresa pionera en la conversión de biomasa en energía, ha sido la encargada de suministrar a Statoil (compañía petrolera en Dinamarca) bioetanol a partir de desechos de la agricultura, principalmente paja de cereal. La gasolina vendida va a contener un 5% de bioetanol, la misma se comenzará a comercializar en 100 de las 300 estaciones de servicio con las que cuenta Statoil en Dinamarca. Según datos de la empresa, la planta procesa 30 mil toneladas de paja anuales, de las cuales salen los 5.4 millones de litros de bioetanol cada año.<sup>258</sup>

Esta es una forma sustentable de obtener bioetanol, pues se utilizan residuos de biomasa, en este caso de paja de cereal. Por otro lado, podemos observar que las industrias petroleras pueden y tienen el poder de invertir en los biocombustibles porque saben que el petróleo y el gas baratos llegarán a su fin en poco tiempo. Lo cual nos habla de su enorme visión económica al invertir en las energías del futuro para continuar con su poderío en el mercado energético sin la ayuda de los combustibles fósiles. El reto está en utilizar biomasa residual para no ocasionar más impactos negativos al medio ambiente.

**Biodiesel.** El biodiesel se obtiene a partir del aceite de plantas como la soja o soya, el girasol, la colza,<sup>259</sup> la palma, el cacahuate, el cártamo,<sup>260</sup> entre otras. Varios de estos cultivos se utilizan para la alimentación del ser humano, es decir, se tienen que utilizar suelo fértil para su producción.

<sup>257</sup> *Idem.*, p. 8.

<sup>258</sup> s/a. "Una de las principales petroleras de Dinamarca comienza a distribuir etanol de segunda generación", [en línea], Madrid, *Energías Renovables*, 15 de noviembre de 2010, Dirección URL: <http://www.energias-renovables.com/paginas/Contenidossecciones.asp?ID=27&Cod=21895&Tipo=&Nombre=Biocarburantes> [consulta: 19 de enero, 2011], p. 1.

<sup>259</sup> Es una planta de cultivo con flores de color amarillo brillante, se utiliza como laxante y para las personas con artritis.

<sup>260</sup> El cártamo es una planta que aunque originalmente fue cultivada por sus flores (usadas como colorante), hoy en día se cultiva por sus semillas, de las cuales se extrae un aceite vegetal comestible.

Puede utilizarse en motores diesel parcial o totalmente. De hecho, el uso de combustibles vegetales en este tipo de motores es casi tan antiguo como el mismo motor. Prueba de ello es que Rudolf Diesel, quien inventó el motor de diesel, utilizó en el año 1900 aceite de cacahuate como combustible. Sin embargo, de 1,000 kg de aceite y otros componentes solamente se puede obtener 965 kg de biodiesel.<sup>261</sup>

La producción a gran escala de este combustible es insostenible ya que se obtiene poco biodiesel de toda la materia prima utilizada; son necesarias más investigaciones para que los cultivos de oleaginosas no se desperdicien dentro de un motor. La sociedad debe de tener consciencia sobre el uso de los autos, mientras que los gobiernos pueden crear programas para popularizar el uso de bicicletas, patines, etc., y realizar mejoras en el transporte público ya que este sector es uno de los mayores emisores de CO<sub>2</sub>.

La soya en Brasil, Argentina y Paraguay, y el aceite de palma en Indonesia y Malasia se han convertido en grandes impulsores de la deforestación de sus propios territorios. Al menos en Brasil, han afectado tierras indígenas. En realidad, la producción de soya o aceite de palma que no implica una deforestación solamente puede producir biocombustibles a baja escala.<sup>262</sup>

Esto muestra que en lugar de resolver un problema se está agravando, es decir, los países ahorran en la importación de petróleo o de sus subproductos y al mismo tiempo se considera que se están emitiendo menos GEI por el uso de biocombustibles y que se le está dando un mayor impulso a los agricultores. Sin embargo, la agroenergética está acentuando la deforestación, lo que significa que estamos acabando con los seres vivos que captan las mayores cantidades de CO<sub>2</sub>. En realidad, el uso de estos cultivos no es regido por políticas sustentables, siendo que la producción de biocombustibles debe ser solamente por residuos de biomasa o cultivos energéticos sustentables.

Con obvias limitantes en escala, el aceite de cocina o la grasa animal se pueden convertir en biodiesel para utilizarse como combustible en los autos. Este tipo de biomasa puede utilizarse directamente en los motores modificados, pero estos sistemas todavía son experimentales y menos eficientes energéticamente.<sup>263</sup> La idea de utilizar los desechos de cocina es muy buena y no tiene implicaciones ambientales, sin embargo, tenemos que considerar que aunque no se obtengan cantidades suficientes de biodiesel para todo el parque vehicular de un país, por lo menos serviría para que parte del transporte emita menos GEI a la atmósfera.

---

<sup>261</sup> Hugo Lucas Jesús Fernández y Mercedes Ballesteros, *op. cit.*, p. 9-10.

<sup>262</sup> Janet Cotter y Tirado Reyes, *op. cit.*, p. 5.

<sup>263</sup> *Ibidem.*

Entre las muchas líneas de investigación para producir biodiesel a menor costo y sin relacionarlo con cultivos agroenergéticos destacan las realizadas en torno a las microalgas. En España la empresa Biofuel Systems es una de las primeras que le ha apostado a la producción de biopetróleo a partir de estos microorganismos, potencialmente utilizables para generar electricidad. Mientras que la empresa estadounidense Global Seawater ha empezado a cultivar en México la salicornia, que es una planta no comestible que crece en zonas desérticas de las costas regándose con agua de mar.<sup>264</sup>

Es posible desarrollar técnicas para aumentar la producción del biodiesel, pero no serán suficientes para su utilización a gran escala. Estas preocupaciones son muy alarmantes cuando se habla de que los países desarrollados como Estados Unidos, quieren importar biodiesel de países en desarrollo, aunque sus prácticas agrícolas carezcan de sustentabilidad.<sup>265</sup> En Alemania existen más de mil estaciones de venta de biodiesel para emplearse como combustible puro al 100%, como combustible para calefacción o como aditivo para el diesel de petróleo al igual que en Italia.<sup>266</sup>

Los países que utilizan biocombustibles al 100% o a gran escala significa que no llevan una agroenergética sustentable o a su vez están importando estos combustibles sin tomar en cuenta que los países productores tienen que talar bosques enteros para darle espacio a este tipo de cultivos. Es necesario el desarrollo de los biocombustibles para evitar las emisiones de gases a la atmósfera propios de la quema de combustibles fósiles; sin embargo, su utilización no debe ir acompañada de la escasez de alimentos ni de la destrucción de ecosistemas, para ello se tiene que invertir en más investigaciones con el propósito de producirlos por medio de desechos orgánicos, es decir, biocombustibles de tercera generación.

---

<sup>264</sup> Hugo Lucas Jesús Fernández y Mercedes Ballesteros, *op. cit.*, p.10-11.

<sup>265</sup> Janet Cotter y Tirado Reyes, *op. cit.*, 5.

<sup>266</sup> Omar Masera, *op. cit.*, p. 39.

### 2.8.6 Los biocombustibles en el mundo

Datos del informe de la REN21 nos dicen que la producción de biocombustibles se distribuye de la siguiente manera:

#### Producción de biocombustibles en 2009 a nivel mundial

Países	Bioetanol (millones de litros)	Biodiesel (millones de litros)
Estados Unidos	41,000	2,100
Brasil	26,000	1,600
Francia	900	2,600
Alemania	800	2,600
China	2,100	400
Argentina	0	1,400
Canadá	1,100	100
España	400	600
Tailandia	400	600
Reino Unido	200	500
Colombia	300	200
Italia	100	400
Bélgica	200	300
India	200	100
Austria	100	200
Resto del mundo	2,200	3,300
<b>Total</b>	<b>76,000</b>	<b>17,000</b>

Tabla 18. Fuente: Reporte del Estatuto Global de Energías Renovables 2010.

Sobre el bioetanol tenemos que Estados Unidos fue el mayor productor de este combustible en 2009 produciendo 41 mil millones de litros, mientras que Brasil se ubicó en segundo lugar muy por debajo de Estados Unidos con 26 mil millones de litros por medio de una agricultura poco sustentable, puesto que ambos ocupan cultivos alimenticios (maíz y caña de azúcar) para la producción de este biocombustible. Entre ellos dos produjeron el 88% de bioetanol a nivel mundial.

Si hablamos por continente, América del Norte (Estados Unidos y Canadá) produjo el 55% del bioetanol en 2009, principalmente por el papel preponderante de Estados Unidos. Dentro de la Unión Europea, Francia se convirtió en el mayor productor de bioetanol, seguido de Alemania,

España, Reino Unido, Italia, Bélgica y Austria, todos ellos generaron el 3.6% de bioetanol producido en ese año.

Solamente dos países latinoamericanos produjeron bioetanol a gran escala: Brasil y Colombia generando el 34.6% de este combustible a nivel mundial en su mayoría producido por Brasil. En lo que respecta a Asia: China, Tailandia e India fueron los productores por excelencia de este combustible generando el 3.6%, produciendo la misma cantidad que los siete países de la Unión Europea que aparecen en la tabla de arriba, debido a la supremacía china.

En cuanto a la producción de biodiesel tenemos que los países de la Unión Europea produjeron el 42.3% a nivel mundial, destacando la producción de Francia y Alemania con 2,600 millones de litros cada uno. Esto quiere decir que la UE utiliza más biodiesel que bioetanol en su transporte, mientras que el continente Americano ocupa en mayor cantidad el bioetanol.

América Latina participó con tres países en la producción de biodiesel con un 18.8% gracias a Brasil, Argentina y Colombia. Mientras que Estados Unidos y Canadá produjeron el 12.9% de biodiesel gracias a Estados Unidos, quién ocupó la tercera posición a nivel mundial como productor de este biocombustible en 2009. Mientras que el continente asiático produjo el 6.5% de biodiesel a nivel mundial. Con referente a ello, Tailandia se convirtió en el mayor productor con 600 millones de litros, superando a China e India.

Las directrices de la Política Energética Europea, mencionan que para el 2011, los biocarburantes deben tener una participación del 10% en el consumo de combustibles para el transporte. No obstante, estos objetivos están bajo revisión. Desde 2007 numerosos informes (tanto de ONG's como de instituciones científicas y oficiales) cuestionan los beneficios medioambientales de los biocarburantes, al tiempo que los responsabilizan de agravar el hambre en el mundo. El último de estos informes críticos, publicado por el comité científico de la Agencia Europea del Medio Ambiente, ha llevado a la Comisión Europea a replantearse su confianza en los biocombustibles.<sup>267</sup>

Antes de cualquier decisión que tome la Unión Europea tiene que evaluar los aspectos positivos y negativos de los biocombustibles. En la actualidad, los cultivos para obtenerlos necesitan de buenas tierras y grandes espacios, además de enormes cantidades de agua, fertilizantes, pesticidas, etc. Pero existen nuevos métodos que permiten obtener biocombustibles sin la necesidad de utilizar cultivos agroenergéticos.

---

<sup>267</sup> Hugo Lucas Jesús Fernández y Mercedes Ballesteros, *op. cit.*, p. 13 y 15.

Sin embargo, cualquier tipo de producción de biocarburantes no cubrirá la demanda total de energía que se requiere para todos los automóviles a nivel mundial, pero las mezclas de combustibles fósiles con éstos pueden cubrir parte de ella. Es por ello que el uso de estos es viable, pero en una proporción menor. La demás demanda se puede cubrir con políticas que impulsen la utilización de medios de transporte no contaminantes y promover el desarrollo de los autos eléctricos o que generen su propia energía.

En lo que va de este siglo, la producción de biocombustibles se ha triplicado necesitando el 6% de la producción global de granos (maíz, arroz, trigo y otros), el 8% de la producción de aceites vegetales y cerca de un tercio de la producción de caña de azúcar. Lograr las metas de muchos países para sustituir al menos 10% de combustibles fósiles con biocombustibles exigirá un incremento en las áreas de estos cultivos, y aumentando en los insumos como el agua y fertilizantes, con sus consecuentes impactos ambientales y sociales.

Esto ocurre en un escenario en el que en los últimos 50 años la población mundial se ha incrementado en un 220%, lo que implica necesariamente un creciente conflicto entre la producción de alimentos y los biocombustibles líquidos. Además, el balance de los GEI que se ahorran con los que se emiten es negativo ya que el uso de fertilizantes para aumentar la productividad emite otro tipo de GEI, los óxidos nitrosos.<sup>268</sup>

Los biocombustibles pueden utilizarse, pero combinados con gasolina o diesel, ya que hasta el momento, ninguna técnica o tipo de biomasa tienen la capacidad de sustituir los combustibles para el transporte en un 100% sin producir impactos ambientales. Aún con los nuevos métodos que se encuentran en una fase de I+D, los biocombustibles seguirán siendo insuficientes para la mayoría de los países. Pero si las naciones desean evitar la compra de gasolina y diesel y emitir menos cantidades de CO<sub>2</sub> provocadas por el transporte, deberán de promover políticas para utilizar medios de transporte que no emitan ningún tipo de GEI junto con el mejoramiento del transporte público. Además de invertir en biocombustibles que provengan de una agroenergética sustentable y de residuos orgánicos, es decir, de segunda y tercera generación.

---

<sup>268</sup> José, Sarukhán. "Biocombustibles I", [en línea], México *El Universal.com.mx*, 7 de septiembre del 2009, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/editoriales/45487.html>, [consulta: 18 de Mayo, 2010], p. 1.

### Capítulo 3. La transición energética en México

#### 3.1 Situación energética mexicana

México ha sido un importante exportador de petróleo crudo desde los años setenta. No obstante, la producción está disminuyendo, la prueba está en el agotamiento de nuestro principal campo petrolífero del país, Cantarell. Al mismo tiempo, importamos gas LP, gasolinas, combustóleo y gas natural, entre otros, lo que indica que ya tenemos una dependencia energética.<sup>269</sup> Aunque seamos un país productor y exportador de petróleo, dependemos de la importación de sus productos refinados para el transporte, la industria, generación de electricidad y uso doméstico. Es decir, nos encontramos en una dependencia energética aunque todavía no estemos en la máxima etapa de escasez de reservas probadas de petróleo.

Nuestro actual Presidente de la República, Felipe Calderón Hinojosa, declaró abiertamente que el petróleo mexicano se va a acabar.<sup>270</sup> Esto significa que las cúpulas de poder están consientes de que las reservas probadas de petróleo se van a acabar. La cuestión es que esta noticia fue publicada a finales de 2009 y hasta estos momentos, nuestro mandatario no ha indicado un plan estratégico a desarrollar. Dentro de unos años, las ventas de petróleo ya no podrán sostener la mayor parte de nuestra economía, situación que pondrá en riesgo el nivel de la calidad de vida de los mexicanos porque si continuamos apostándole a estos combustibles, nuestra opción será su importación destinando más recursos para su compra que para los distintos sectores de desarrollo social como la educación, salud, vivienda, seguridad, etc.

Según la Revisión Estadística de Energía Mundial 2010, elaborada por la British Petroleum (BP), México ocupa uno de los últimos lugares del mundo en cuanto a la disponibilidad de reservas probadas de petróleo de los países productores, ya que nuestro país cuenta con recursos suficientes para sólo 10.8 años y de gas 8.2 años. Mientras que el Informe de Reservas de Hidrocarburos al 1 de enero de 2010, elaborado por Pemex nos dice que México cuenta con reservas probadas para abastecernos unos 10.4 años y de gas 16.8 años. La suma de reservas probadas, probables y posibles de petróleo alcanzarán para 30.5 años y de gas 61.2, según la paraestatal mexicana.

Tanto Pemex como la British Petroleum concuerdan que las reservas probadas de petróleo mexicano se van a acabar en unos 10 años aproximadamente, éstas son aquellas que se tiene la

<sup>269</sup> Alatorre Frenk, *op. cit.*, p. 39.

<sup>270</sup> Horacio Jiménez y Ricardo Gómez. "El petróleo se nos está acabando: Calderón". [en línea], México: *El Universal.com.mx*, 29 de noviembre del 2009, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/notas/642975.html> [consulta: 26 de noviembre, 2009].



posibilidad de explotar gracias a la tecnología disponible y a que el petróleo se encuentra en lugares accesibles para su extracción. Nuestra mayor fuente de recursos económicos se agotará en unos cuantos años y pronto nos veremos en la necesidad de importar petróleo para el transporte, la industria y la generación de electricidad.

En cuanto a los datos de las reservas probadas de gas natural si hay enormes diferencias, puesto que Pemex afirma que tendremos gas natural para un poco más de 16 años y el Informe de la BP nos dice que nos durará la mitad de lo que indica Pemex. Pero en cualquiera de los dos casos, este hidrocarburo no podrá sostener nuestra demanda energética futura cuando el petróleo ya no lo pueda hacer porque sus demandas se verán reducidas y su precio se elevará recurriendo a la compra de otras fuentes de energía no renovable.

Muchos pensarían que por tener reservas probadas, probables y posibles para unos 30 años no deberíamos de preocuparnos, pero no por el simple hecho de contar con esos años de petróleo significa que se puedan utilizar, puesto que las reservas probables y posibles poseen un alto grado de incertidumbre. Por tal motivo, se encuentran bajo evaluación ya que necesitan saber ver si existe la posibilidad de explotarlas mediante la tecnología existente, lo cual depende de la accesibilidad de los yacimientos; además, se tiene que analizar si son económicamente viables, esto se refiere a que no tengan que gastar más energía de la que puedan sustraer y donde no inviertan más capital del que puedan recuperar.

En unos cuantos años nos volveremos importadores de petróleo en lugar de exportadores, es una situación crítica para el país, pero desgraciadamente no se ha hecho mucho al respecto, tal vez por dos motivos: el primero es porque este resultado está basado en las reservas probadas y los dirigentes del país tienen muchas esperanzas en las reservas probables y posibles; el segundo, es porque el tema de la transición energética no ha sido de gran importancia para nuestras autoridades. Además, la sociedad mexicana nos hemos caracterizado en “solucionar” los males cuando éstos toman grandes proporciones, actitud que nos ha llevado a donde estamos.

Empresas internacionales certificaron a México la existencia de 139 mil millones de barriles de petróleo en la zona de Chicontepec (entre los Estados de Puebla y Veracruz), un descubrimiento histórico para el país, pero no podrá ser explotado porque no existe la tecnología para extraerlo. El mayor yacimiento petrolero mexicano ha sido Cantarell, pero Chicontepec tiene 3.8 veces lo que éste. Se estima que para el 2040, es decir, dentro de 30 años, el país podría desarrollar la infraestructura para explotar este yacimiento. Este descubrimiento podrá poner a México en el

tercer lugar de los países petroleros del mundo, sólo después de Arabia Saudita y de Canadá, y por arriba de Irán e Irak.<sup>271</sup>

Aunque México contara con las mejores reservas probables y posibles, no puede darse el lujo de no hacer nada, pues el desabasto petrolero no tardará mucho en ser un grave problema. Además, hay que darnos cuenta que la explotación de la zona de Chicontepec se logrará después de que nuestras reservas probadas se agoten, es decir, de todas formas tendremos que importar petróleo durante el tiempo en que logren desarrollar la tecnología capaz de explotar esa zona.

En cuanto a las reservas de carbón, el Informe de la BP de 2010 nos dice que tenemos reservas probadas para 109 años si continuamos con el ritmo actual de su consumo. Pero si México pone sus esperanzas en este combustible para generar energía eléctrica al momento de que las reservas probadas de petróleo escaseen, esos años que nos quedan de carbón se reducirán enormemente y su costo tenderá a subir; además el gobierno mexicano tendría que hacer fuertes inversiones para aumentar su producción, siendo que nos convendría energética y ambientalmente el uso de ese capital para la puesta en marcha de plantas impulsadas por energías renovables.

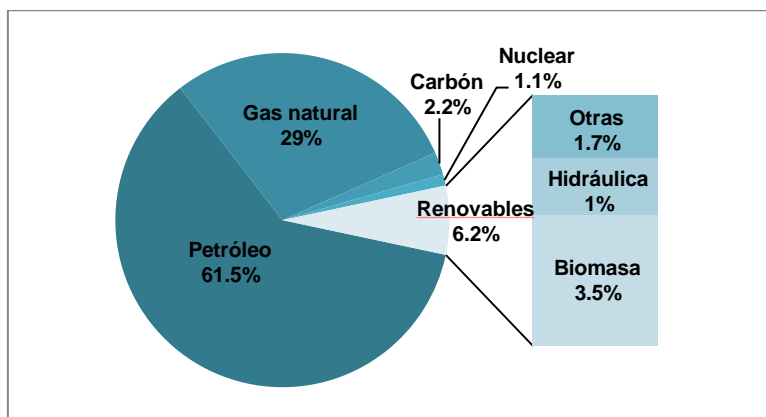
Es el Estado y no el mercado, el instrumento idóneo para elaborar soluciones a los magnos problemas planteados por el agotamiento del petróleo convencional.<sup>272</sup> Es decir, los gobiernos (federal, estatal y municipal) son los únicos que pueden decidir si optan por una transición energética antes de la escasez del petróleo mexicano o continúan con la dependencia de los combustibles fósiles. Sin embargo, la participación de la sociedad es indispensable para un cambio de esta magnitud.

---

<sup>271</sup> Cruz Serrano. "México halla reserva histórica de petróleo", [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 17 de febrero del 2009, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/notas/577412.html> [consulta: 24 de junio, 2010].

<sup>272</sup> Sven Teske, *op. cit.*, p. 51.

### Producción de energía en México en 2009



Otras se refiere a la energía geotérmica, solar y eólica.

Gráfica 10. Fuente: Balance Nacional de Energía 2009, SENER.

Se puede apreciar que de todas las fuentes de energía, el petróleo predomina nuestra producción energética en un 61.5%. Como se mencionó en el Capítulo 1, es de vital importancia el uso de fuentes energéticas para el desarrollo de un país, pero es más valioso producirlas sin la necesidad de depender de otras naciones para su obtención. En este caso, México es sumamente privilegiado porque es un país productor de petróleo, eso quiere decir, que no tiene la necesidad de comprar a otros países la fuente energética más valiosa hasta el día de hoy. La paradoja es que dependemos de las importaciones de los productos refinados de este combustible como gasolinas, gas LP, gas natural, etc.

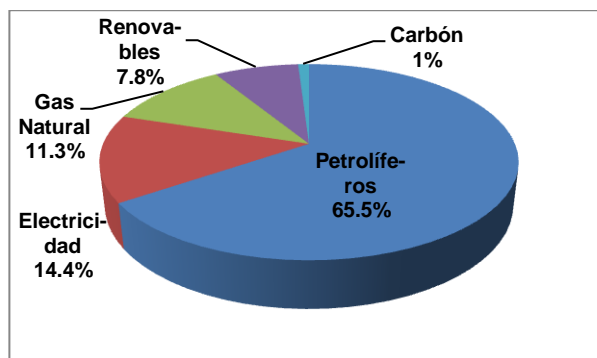
El gas natural es la segunda fuente energética que produce el país, lo cual es sumamente razonable ya que es un subproducto de los yacimientos petrolíferos alcanzando un 29% de la producción total, representando casi la mitad de la producción de petróleo en el país.

Una de las grandes sorpresas es que las energías renovables se encuentran en tercer lugar con un 6.2%, a pesar de esta posición, todavía están muy lejos de alcanzar la producción de petróleo y gas natural. La biomasa es la renovable más utilizada en el país debido a la quema de productos leñosos alcanzando un 3.5%; la energía hidráulica es la segunda en importancia ya que en México se produce electricidad por medio de pequeñas y grandes presas participando con el 1%; y en tercer lugar tenemos a la energía geotérmica, solar y eólica, juntas lograron el 1.7%, las tres también participan en la generación de energía eléctrica; sin embargo, las demás fuentes de energía renovables todavía no forma parte de las estadísticas de la Comisión Federal de Electricidad.

El carbón se ubica en cuarto lugar con el 2.2%, esto nos hace ver que México no es un productor por excelencia de la fuente energética más contaminante siendo que poseemos reservas para 109

años, según la BP; además no podemos basar nuestro desarrollo en una energía generadora de grandes impactos al medio ambiente. La energía nuclear su ubica en última posición con 1.1%, lo cual nos muestra que México no tiene mucha confianza en esta fuente energética por ser costosa y por la enorme atención en cuanto a la seguridad de las plantas y manejo de residuos.

### Consumo energético total en México, 2009



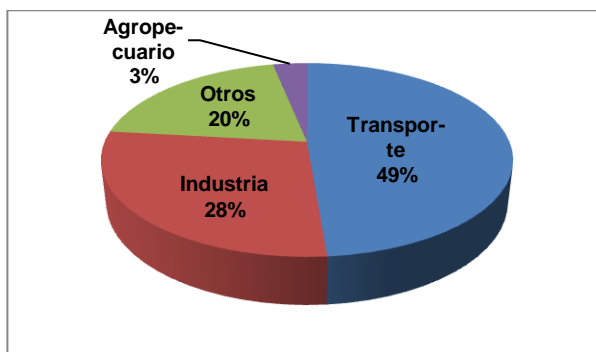
Gráfica 11. Fuente: Balance Nacional de Energía 2009, SENER.

Esta gráfica nos muestra los tipos de energía que más se consumieron en el país durante 2009, donde se puede apreciar el dominio total de los combustibles fósiles en un 77.8% frente al 7.8% de las energías renovables, es decir, la diferencia es enorme, lo cual nos hace ver que en México y en el mundo no existe un sistema equilibrado de fuentes de energía.

Lo que más consumimos son los productos derivados del petróleo en gran parte por el transporte llegando a un consumo del 65.5%. El tipo de energía que más se consumió en el país después de los petrolíferos fue la electricidad, pues su consumo abarcó el 14.4%, esto nos habla de la enorme importancia que tiene en nuestro estilo de vida. La energía eléctrica es indispensable para casi todas nuestras actividades, sin ella, la economía quedaría paralizada, es por ello que se ha convertido en un sector estratégico como las demás fuentes de energía. Mientras que el gas natural obtuvo la tercera posición con el 11.3%.

Las renovables se ubicaron en cuarto lugar con el 7.8% en gran parte por el uso de biomasa y la energía hidráulica, mientras que las demás fuentes de energía renovable están relegadas de la producción energética del país. Lo cual puede cambiar con la simple decisión de nuestros gobernantes para que participen ampliamente en el sector energético mexicano. El consumo del carbón obtuvo el último lugar en 2009 con tan sólo el 1%. Lo cual nos vuelve a confirmar que México no produce grandes cantidades de carbón, situación que nos favorece enormemente en cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que es la fuente de energía menos amigable con el medio ambiente.

## Consumo energético por sector en 2009



Otros se refiere al uso residencial, comercial y público.

Gráfica 12. Fuente: Balance Nacional de Energía 2009, SENER.

En 2009, el sector transporte fue el consumidor de energía por excelencia en un 49%, principalmente de petróleo, ya que de ahí proviene la mayoría de los combustibles para este sector. Actualmente, los vehículos consumen casi la mitad de la energía requerida en el país. La industria fue el segundo sector que más energía consumió con un 28%, casi la mitad de la requerida por el transporte. Según datos del Balance Nacional de Energía 2009 publicado por la SENER, las industrias que requieren de un mayor consumo energético son: la siderúrgica, cementeras, azucareras, petroquímica y química. Tanto el transporte como la industria absorbieron el 77% de la energía total.

En tercer lugar nos encontramos con la energía que requieren las casas, el comercio y el sector público, juntos tuvieron la capacidad de consumir el 20% de la energía que necesita el país para funcionar. En realidad, la sociedad también está involucrada en un consumo energético considerable y por lo tanto, es generadora de grandes impactos ambientales. En lo que respecta a la industria agropecuaria solamente demandó un 3% de energía, convirtiéndose en el sector que menos energía consume.

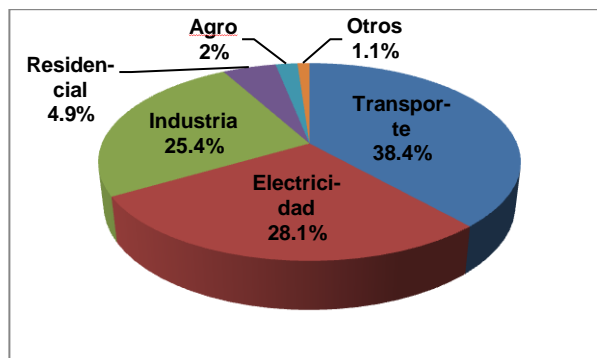
De acuerdo con las proyecciones del gobierno federal para el 2050 habrá más de 132 millones de mexicanos. Este incremento supone una presión adicional en los recursos energéticos y el medio ambiente.<sup>273</sup> Otros factores por los cuales nos veremos sumamente afectados por este crecimiento es una mayor demanda de alimentos, mayores espacios de desplazamiento, vivienda, etc., lo cual afectará aún más los recursos naturales y los ecosistemas. Una de las posibles soluciones para evitar el aumento poblacional es educar a la sociedad mexicana para el uso efectivo de métodos anticonceptivos, planificación familiar, etc., porque no podemos seguir por la línea del crecimiento exponencial de la población. Y para evitar el consumo irracional de energía se tendría que impartir

<sup>273</sup> Sven Teske, *op. cit.*, p. 31.

cursos de educación ambiental y ahorro energético con el propósito de ponerlo en práctica en las escuelas, trabajos, empresas, etc.

Datos del Balance Nacional de Energía de la SENER indican que en 2009, México produjo 403.5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, cifra 3.9% por debajo de 2008. Esta disminución fue resultado de la caída de 0.5% en el consumo de energía.

### Emisiones de CO<sub>2</sub> por sector en 2009



Otros se refiere al sector comercial y público.

Gráfica 13. Fuente: Balance Nacional de Energía, SENER.

El sector transporte es el principal contaminante en nuestro país, ya que emitió el 38.4% de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en 2009. Esto se explica por la existencia de un enorme parque vehicular a lo largo y ancho del territorio que quema combustible todos los días y a todas horas. Lo cual no es un problema exclusivo de México ya que este fenómeno se repite una y otra vez alrededor del mundo. Por tal motivo, la industria automotriz debe impulsar la investigación y desarrollo de aquellos autos eléctricos o que generen su propia energía o de un combustible que sea sustentable con el medio ambiente.

La electricidad se convirtió en el segundo sector más contaminante del país, ya que los métodos de generación eléctrica están basados en la quema de enormes cantidades de petróleo, carbón y gas natural todos los días, perjudicando enormemente al medio ambiente. El porcentaje de emisiones de CO<sub>2</sub> de este sector alcanzó el 28.1% rebasando al sector industrial de nuestro país, pues éste emitió el 25.4%. Tenemos que cambiar nuestros métodos de producción de electricidad ya que es altamente contaminante al igual que el transporte y la industria.

Los hogares ocuparon el cuarto lugar en cuanto a la emisión de CO<sub>2</sub> con el 4.9%, un porcentaje muy alejado de la industria, el sector eléctrico y el transporte. A pesar de ello, tenemos que cuidar nuestros hábitos de consumo para bajar nuestras emisiones de GEI en lugar de incrementarlas, una mayor consciencia logrará tal acción porque todo se empieza desde nuestras casas. Mientras

que el sector agropecuario se ubicó en la quinta posición de emisiones de CO<sub>2</sub> con el 2%, un porcentaje sumamente bajo.

El sector comercial y público se situaron en la sexta y última posición, lo cual los convierte en los sectores menos contaminantes del país con el 1.1%, según la SENER. Sin embargo, esto no concuerda con la realidad, ya que por lo general los dos poseen hábitos poco sustentables porque cuántas veces no hemos sido testigos del enorme desperdicio de luz eléctrica en los pasillos de edificios públicos, centros comerciales, etc., inclusive los mercados generan una enorme cantidad de basura contaminando las calles, sin olvidar de que se cuelgan de los cables de luz para uso propio.

### 3.2 La energía eléctrica en México

Desde 1937, la empresa pública encargada de la generación de energía eléctrica en el país es la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que en su momento compartió esta tarea con Luz y Fuerza del Centro (LyF), que desapareció el 10 de octubre de 2009 por órdenes del presidente de la República, Felipe Calderón Hinojosa. La facultad de fijar las tarifas de la energía eléctrica, le corresponde a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Dicha facultad no siempre se le atribuyó a ésta puesto que antes lo hacía la Secretaría de Comercio ahora Secretaría de Economía.<sup>274</sup>

Como se puede observar, México contaba con dos compañías públicas encargadas de la producción y venta de electricidad, pero en la actualidad sólo la CFE hace esta tarea; sin embargo, se permite que existan productores independientes de energía (PIE), que son compañías privadas que producen electricidad para utilizarla o venderla exclusivamente a la CFE y no a los particulares, es decir, el mercado eléctrico nacional está monopolizado por una empresa perteneciente al Estado.

A diferencia de la mayoría de los países de la OCDE, que tienen mercados eléctricos liberados, México tiene un sistema controlado por el Estado y no existe un mercado eléctrico como tal.<sup>275</sup> Esto significa que en otros países permiten que varias compañías generen energía eléctrica y las vendan a los ciudadanos, mientras que en México solamente existe la CFE para tal fin. Lo que sucede es que este organismo público tiene monopolizado todo el mercado eléctrico debido a que la legislación mexicana no permite la creación de otras empresas mexicanas o extranjeras que participen en esta enorme tarea.

<sup>274</sup> Alejandro, Sánchez Camacho. En defensa del patrimonio energético. Centro de Producción Editorial, México, 2007, p.19.

<sup>275</sup> Sven Teske, *op. cit.*, p. 42.

Se puede decir que en nuestro país, la mayor parte de la luz eléctrica se vende a precios accesibles debido a los subsidios por parte del Estado; sin embargo, este panorama cambiará si seguimos dependiendo de los combustibles fósiles para generar electricidad porque dentro de unos cuantos años ya no serán tan baratos como lo son en este momento. Parte de la solución se encuentra en llevar a cabo una verdadera transición energética en donde la balanza se dirija hacia las renovables, proporcionándonos luz eléctrica a precios competitivos. Esto no se trata nada más de satisfacer nuestra demanda de electricidad sino de enfrentar una lucha contra el cambio climático. Así que tanto la CFE como el gobierno tienen que decidir si continuamos por el camino de los combustibles fósiles o por el de las energías renovables.

Datos del Informe de la CFE nos dicen que la generación de energía eléctrica alcanzó los 154,144 GWh, es decir, 154 mil 144 millones de watts en 2009, representando un decremento del 1.9% respecto del año anterior, pero aún así, se convirtió en la segunda energía más utilizada en nuestro país después del petróleo.

#### Generación de energía eléctrica por combustible en 2009

Energético	Participación (%)
Combustóleo <sup>276</sup>	27.8
Ciclo combinado <sup>277</sup>	23.1
Carboeléctricas	18.9
Hidroeléctrica	16.6
Nuclear	6.8
Geotérmica	4.4
Turbogás	1.2
Eoloeléctricas	1.2
<b>Total</b>	<b>100</b>

Tabla 19. Fuente: Informe de la Comisión Federal de Electricidad 2009.

En 2009, el combustóleo fue el combustible que predominó en la generación de electricidad con el 27.8%, mientras que el gas natural se posicionó como la segunda fuente energética en importancia con un 24.3%, puesto que se utiliza en la categoría de ciclo combinado y turbogás. Un hecho interesante es que el carbón se convirtió en la tercera energía de importancia desbancando a la energía hidroeléctrica con un 18.9% y 16.6% respectivamente.

<sup>276</sup> El combustóleo es el residuo de los procesos de destilación del petróleo; se trata de un producto viscoso y con ciertos grados de impureza que exige métodos especializados para su empleo. Tiene un poder calorífico muy grande, y su contaminación es similar a la del carbón.

<sup>277</sup> Plantas de ciclo combinado consta de dos tipos diferentes de unidades generadoras: turbinas de gas y vapor. Una vez que la generación de energía eléctrica de ciclo se termina en las unidades turbogas, la alta temperatura de gases de escape se utiliza para calentar agua y producir vapor para generar energía eléctrica adicional.



A pesar de que no somos grandes productores de carbón, éste dominó buena parte de la generación de electricidad en 2009, convirtiéndose en una gran contradicción ya que poseemos una gran capacidad de generar luz eléctrica por medio de fuentes de energía renovable. Con estos resultados se puede observar que los combustibles fósiles fueron los que dominaron la generación de electricidad en un 71% ese año. La energía nuclear se ganó el sexto lugar en esta recta con el 6.8%, a pesar de ello, se encuentra muy alejada de producción hidroeléctrica con una diferencia del 9.8%.

En lo que respecta a las energías renovables, tenemos que las hidroeléctricas (pequeñas y grandes presas) fueron las más importantes en la generación de electricidad con un 16.6% como ya se mencionó. Mientras que la geotérmica obtuvo el segundo lugar con un 4.4% y a nivel global logró llegar al sexto. La energía eólica se ubica en la última posición con el 1.2%. En términos generales, las tres contribuyeron con un 22.2% durante 2009 y sin contar a la energía hidráulica tenemos que la geotérmica y eólica solamente cuentan con el 5.6%. Mientras que las demás fuentes de energías renovables están relegadas en la generación de electricidad.

#### **Consumo de energía no renovable para la producción de energía eléctrica en 2009**

<b>Combustible</b>	<b>Cantidad consumida</b>
Combustóleo	162 mil barriles diarios
Gas Natural	1,015 millones de pies cúbicos diarios
Carbón	37,479 toneladas diarias
Uranio	27.7 toneladas equivalentes de uranio enriquecido

Tabla 20. Fuente: Informe de la Comisión Federal de Electricidad 2009.

Imaginemos cuántos barriles y miles de toneladas de combustibles no renovables se tendrían que comprar todos los días para generar electricidad cuando las reservas probadas de petróleo y gas natural escaseen en el país; el costo económico y social sería enorme, siendo que tenemos todas las características geográficas para impulsar a las fuentes de energía renovables.

Si el gobierno federal opta por más proyectos de energía hidroeléctrica, carboníferos y nucleares debido a la futura escasez de petróleo y gas natural que habrá en México, tendrá que construir más presas de gran tamaño, siendo que son construcciones demasiado caras; además de esto, causaría graves impactos ambientales y sociales. Con la construcción de más carboníferas se tendría que importar carbón, puesto no somos grandes productores de este combustible fósil y lo

peor de todo, es que elevaríamos nuestras emisiones de CO<sub>2</sub> siendo que nuestros objetivos son disminuirlas.

Por último, la proliferación de plantas nucleares en el país tampoco es viable ya que tendríamos que importar el uranio, es una fuente de energía cara, al igual que los proyectos de centrales nucleares, sin olvidar, la enorme cantidad de desechos nucleares que produciríamos año con año; pagando a empresas extranjeras para que se encarguen de los mismos. En definitiva, no lograríamos un futuro sostenible con ninguna de las tres fuentes de energía mencionadas.

Nuestras esperanzas se encuentran en las energías renovables (solar térmica, solar termoeléctrica, FV, eólica, pequeñas hidroeléctricas, geotérmica y biomasa) no hay más que pensar, ellas serán las fuentes de energía futuras. El mundo desarrollado y naciones como China e India están apostándoles a las renovables porque nunca se agotarán mientras el Sol continúe brillando y ayudarán en la disminución de CO<sub>2</sub>, el principal GEI que está provocando el cambio climático. Por tal motivo, debemos impulsarlas fuertemente en el sistema eléctrico mexicano, puesto que los días de petróleo y gas baratos llegarán a su fin en nuestro país dentro de poco tiempo.

Desgraciadamente, no se han tomado estrictas medidas para evitar una transición traumática.<sup>278</sup> El gobierno no ha permitido una mayor participación de energías renovables en cuanto a la generación de energía eléctrica. Otra de las razones principales es que todo el imperio económico que se ha creado a través de la industria petroquímica desde su extracción, transformación, venta y consumo se vería afectado. Además, nos encontramos frente a un fuerte proteccionismo petrolero por parte del gobierno y de la misma sociedad, sin tomar en cuenta que las pérdidas serán mayores cuando estemos obligados a comprar petróleo, carbón y gas natural.

La CFE debería realizar proyectos de importancia para aprovechar a las energías renovables; sin embargo, va a retomar el uso del carbón para la producción de energía eléctrica, ya que incrementará su demanda de 10 a 25 millones de toneladas en 2024 ya que tiene programado el proyecto “Carboeléctrica del Pacífico” en el 2017, el cual consiste en la construcción de tres plantas carboeléctricas. Greenpeace México, advirtió que el uso del carbón en la generación de electricidad constituye “la ruta del suicidio ecológico de México” porque es la fuente más sucia para generar electricidad. Además, aumenta la dependencia del exterior, dado que la mayor parte del carbón que se utiliza es importado. La caída de la producción de crudo ha provocado el regreso de esta energía a pesar de ser un insumo tan contaminante.<sup>279</sup>

<sup>278</sup> Alejandro Sánchez, *op. cit.*, p. 53.

<sup>279</sup> Noé, Cruz Serrano. “¿Cuál es el costo por usar carbón?”, [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 10 de mayo del 2010, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/79261.html> [consulta: 10 de mayo, 2010], p. 1.

Esta sería una gran oportunidad para que la Comisión Federal de Electricidad tomara en cuenta a las demás fuentes de energía renovables en la generación de electricidad como lo están haciendo otros países. El aumento en la demanda de carbón obedece a la reducción de la producción de petróleo, lo cual debe darnos la pauta para abrirle el camino a otras fuentes de energía con el propósito de iniciar nuestra transición energética ya que si no lo hacemos, los mexicanos tendremos que sufrir por la dependencia hacia los combustibles fósiles.

En definitiva, lo que planea la CFE es totalmente perjudicial para el país, porque para realizar dicho proyecto tenemos que importar carbón ya que nuestra producción no es suficiente. Estamos hablando de una dependencia del exterior para la producción de electricidad en unos cuantos años, siendo que poseemos enormes recursos naturales que pueden ser aprovechados para este fin. Y por si fuera poco estaremos a expensas del combustible más contaminante del planeta.

### 3.3 Las energías renovables en México

Se reconoce que México cuenta con un inmenso potencial de energía renovable, cuyo desarrollo permitirá contar con una mayor diversificación de fuentes de energía, y atenuar los impactos ambientales ocasionados por la producción, distribución y uso final de las formas de energía convencionales.<sup>280</sup>

Muchos países desearían tener nuestras condiciones climáticas, hidrográficas, geotérmicas, etc., para aprovechar el gran potencial en materia de energías renovables. Sin embargo, no hemos dado un paso firme para iniciar nuestra transición, que cada vez se vuelve más necesaria conforme pasa el tiempo por dos sencillas razones: no dependeríamos de la importación de petróleo, gas natural y carbón para la producción de energía eléctrica y calorífica cuando estos combustibles escaseen en el país, sin olvidar que lograríamos reducir nuestras emisiones de dióxido de carbono con el propósito de contribuir en la lucha contra el cambio climático.

#### 3.3.1 La energía termosolar y la solar termoeléctrica

La irradiación solar en México es de 5 kWh/día/m<sup>2</sup> (5 mil watts en una hora por metro cuadrado todos los días), pero en algunas regiones del país se llega a valores de 6 kWh/día/m<sup>2</sup>, mientras que en Europa la irradiación es de 1 kWh/día/m<sup>2</sup>. Suponiendo una eficiencia del 15%, bastaría un área de 25 km<sup>2</sup> en el desierto de Sonora o Chihuahua para generar toda la energía eléctrica que requiere hoy en día el país.<sup>281</sup> Esto nos confirma que México recibe una gran cantidad de energía solar para instalar colectores de baja y mediana temperatura y plantas solares termoeléctricas ya

<sup>280</sup> CONUEE, *op. cit.*, p. 1.

<sup>281</sup> Claudio Alatorre, *op. cit.*, p. 24.

que tenemos un potencial inmenso, si todavía hay dudas, la radiación solar media en Europa es menor que la nuestra y a pesar de esto, ellos están aprovechando mucho más la energía del Sol.

Mientras que países como Alemania instalan alrededor de 1.3 millones de m<sup>2</sup> de calentadores solares cada año, México sólo coloca 100 mil m<sup>2</sup>. De acuerdo con la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), si en México se instalaran 5 millones de m<sup>2</sup> de calentadores solares en menos de 10 años, se evitaría la emisión de casi 30 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.<sup>282</sup> Al no contar con una buena cantidad de tecnología verde estamos produciendo cantidades importantes de CO<sub>2</sub>. Los calentadores solares evitan la contaminación producida por el gas LP que utilizamos en nuestras casas, son durables, y solamente hay que limpiarlos. Lo mejor de todo es que ya no gastaríamos en la compra de tanques de gas que siguen siendo caros para la mayoría de las familias, y su precio va en aumento.

Existe una importante industria del turismo con una gran cantidad de hoteles con albercas que parte del año requieren de calentamiento. Esto significa que hay un gran mercado para el calentador solar de agua en México.<sup>283</sup> Y no solamente para calentar el agua de las albercas, sino también para el baño diario de todos los huéspedes. También pueden tener gran aceptación en los negocios que necesitan de bajas y medianas temperaturas como tortillerías, tintorerías, panaderías, etc., en donde se necesitaría del almacenamiento de calor o su adaptación a los rayos del Sol.

Hay más de cincuenta fabricantes registrados de calentadores solares en el país, varios de ellos importan equipos manufacturados de otras partes del mundo. Sin embargo, los niveles de aprovechamiento son todavía muy bajos en comparación con países con menos recurso solar.<sup>284</sup> Hacen falta campañas publicitarias para que la gente conozca los beneficios económicos y ambientales. Por otro lado, el gobierno puede generar políticas donde sea obligatorio contar con un calentador en las casas, edificios, oficinas, balnearios, deportivos, etc. bajando sus precios por medio de subsidios y dando incentivos para generalizar su uso.

El costo de los colectores solares para una familia de cuatro personas tiene un precio promedio de 10 y 20 mil pesos con una durabilidad de 20 años.<sup>285</sup> Los costos varían de acuerdo a las necesidades familiares, pero si se comparan con el incremento continuo del gas, la inversión inicial

<sup>282</sup> Greenpeace México. *Calentadores solares: energía renovable en tu hogar*, [en línea], México, Greenpeace México, junio del 2005, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/calentadores-solares-energ-a.pdf> [consulta: 12 de noviembre, 2009], p. 11.

<sup>283</sup> Odón R. De Buen. *¿Por qué en México los calentadores solares no son tan comunes como deberían?*, [en línea], México, Funtener. Dirección URL: <http://www.funtener.org/pdfs/calentasolar.pdf> [consulta: 3 de marzo, 2010], p. 1.

<sup>284</sup> *Ibidem*.

<sup>285</sup> s/a. "Proponen sistemas de energía solar para hogares mexicanos", [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 10 de febrero, 2008, Dirección URL: [http://www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id\\_notas=45353&tabla=articulos](http://www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_notas=45353&tabla=articulos) [consulta: 11 de marzo, 2010].

se recupera en 5 años. La solución se ubica en el apoyo del Estado, a través de financiamientos con intereses por debajo de los del mercado e incentivos económicos que hagan de los colectores solares una opción económicamente atractiva para todos.<sup>286</sup>

El costo de un calentador solar es un gasto considerable para una familia de 4 personas ya que puede resultar caro al principio, pero si hacemos cuentas de cuánto cuesta un tanque de gas L.P., que son aproximadamente 200 pesos, y si eso lo multiplicamos por el número de tanques que utilizamos durante todo el año (30 aproximadamente), estaríamos pagando nuestro calentador solar en menos de 5 años. Sin embargo, una inversión de golpe difícilmente sería solventada para las familias de clase media y baja.

### **Acciones para el uso de energía termosolar y la solar termoeléctrica**

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE),<sup>287</sup> en colaboración con la ANES, han tomado la iniciativa de diseñar e implementar el Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (PROCALSOL). El Programa plantea como meta tener instalados para el 2012, 1 millón 800 mil m<sup>2</sup> de calentadores solares de agua.<sup>288</sup>

Datos de la ANES de 2009, México cuenta con **1,392,921 m<sup>2</sup>** de colectores solares para el calentamiento de agua para albercas, hoteles, clubs deportivos, casa habitación, hospitales, sector agropecuario e industrias. Sin embargo, todavía falta mucho por hacer para que los calentadores solares sean nuestros proveedores de energía térmica para el calentamiento de agua en nuestro país. Éste es un gran comienzo, pero lamentablemente no es suficiente. Los tres niveles de gobierno junto con la sociedad tendrán que trabajar al respecto, para alcanzar a los países que ya han iniciado su transición.

En cuanto a la energía solar termoeléctrica, regiones como Sonora, Baja California y Baja California Sur son algunos de lugares en donde las centrales solares termoeléctricas pueden garantizar grandes cuotas de producción de electricidad, sin producir ningún tipo de GEI.<sup>289</sup> Los Estados de la República mencionados, son sólo algunos ejemplos con un enorme potencial para impulsar este tipo de energía. Sin duda varias centrales de concentración solar pueden jugar un excelente papel para la producción de energía eléctrica abasteciendo el norte del país, pero también los Estados del sur y centro existe un gran nivel de insolación. El potencial se tiene, solamente falta aprovecharlo.

<sup>286</sup> Odón R. De Buen, *op. cit.*, p. 3.

<sup>287</sup> Órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía.

<sup>288</sup> Claudio Alatorre, *op. cit.*, p. 26.

<sup>289</sup> Greenpeace México, "Energía limpia sin límites", *op. cit.*, p. 3.

En la ciudad de Querétaro tres firmas españolas pretenden instalar un parque de energía solar con una inversión de 43 millones de dólares, el cual generará 300 empleos. Este parque producirá 10 MW anuales que darán energía al 40% de la ciudad.<sup>290</sup> No cabe duda que una central solar de esta magnitud servirá para proporcionar electricidad a cientos de familias queretanas por medio de tecnología limpia y sin el uso de energías fósiles. El hecho de que esta planta genere un poco menos de la mitad de la electricidad consumida en Querétaro por medio de la energía solar termoeléctrica se podría hablar de un futuro sustentable en esta región del país. Solamente faltaría cubrir el otro 60%.

La venta de luz eléctrica generada en el parque será vendida a la CFE, ya que este tipo de empresas son productores independientes. Sin embargo, la CFE debe invertir en este tipo de centrales en lugar de carboeléctricas. Una particularidad que se observa es que los Estados del interior de la República están dando los primeros pasos para una mayor participación de las renovables en el sistema eléctrico.

El Área de Energías No Convencionales del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)<sup>291</sup> está desarrollando prototipos de concentradores cilíndricos y de canal parabólico. De la primera se han instalado dos unidades piloto para la producción de calor, una se encuentra en una lavandería industrial en la ciudad de Torreón, Coahuila, y la otra en una planta armadora de automóviles en la ciudad de Cuernavaca, Morelos. Sin un debido apoyo del Estado, lo único que les resta hacer a los institutos es realizar pequeños proyectos pilotos. Así que el gobierno tiene dos cosas por hacer, invertir en I+D de tecnología verde y por otro lado, debe desarrollar grandes proyectos de centrales solares termoeléctricas mediante la compra de tecnología extranjera para llevar a cabo una transición rápida.

El Centro de Investigación en Energía (CIE) de la UNAM, es el principal centro en materia de energías renovables en México. El cual puso en marcha el primer horno solar del país y el único en su tipo en Iberoamérica. El nuevo sistema se utilizará para la generación de electricidad por medio de la energía termosolar y de esta forma desarrollar tecnología termoeléctrica. Este horno puede llegar a los 3500°C mediante 211 espejos, pero se tiene pensado aumentar la cantidad de temperatura hasta los 5000°C.<sup>292</sup>

Entre más se invierta en la I+D de las energías renovables, habrá mayores posibilidades de convertirnos en productores de tecnología verde para ofrecerla al resto del mundo, y en lugar de

<sup>290</sup> s/a. "Planean un parque solar en Querétaro" [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 26 de enero del 2010, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/76910.html> [consulta: 26 de enero, 2010].

<sup>291</sup> Instituto creado por la Secretaría de Energía para realizar y promover la investigación científica y tecnológica y el desarrollo experimental para resolver los problemas relacionados con el mejoramiento de la industria eléctrica.

<sup>292</sup> Gaceta UNAM. "El horno solar, único en su tipo en Iberoamérica", [en línea], *Gaceta UNAM*, No. 4,322, Universidad Nacional Autónoma de México, 22 de marzo del 2011, p. 5.

ser productores y exportadores petróleo, podremos ser productores y exportadores de tecnología verde. Además, cada vez nos estaremos alejando de la dependencia hacia los combustibles fósiles en materia eléctrica.

### 3.3.2 La energía FV en México

En nuestro país, los primeros en desarrollar tecnología FV, desde hace más de 25 años, fue el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), el cual desarrolló una pequeña planta piloto para proveer de electricidad a un número significativo de aulas dentro del sistema nacional de telesecundarias.<sup>293</sup> El Instituto Politécnico Nacional (IPN) ha mostrado un gran interés en este tipo de celdas, pero sin un debido apoyo es difícil avanzar de una forma adecuada y al ritmo que se requiere para una transición rápida.

El CINVESTAV ha fabricado celdas de silicio policristalino a nivel de planta piloto. Es decir, no se ha llegado a la fabricación en serie, la tecnología utilizada es prácticamente artesanal y el material para su construcción es muy limitado.<sup>294</sup> A pesar de ello, hay personal capacitado para producir sistemas FV. El IPN está comprometido con la creación de un futuro sustentable, pero falta el apoyo gubernamental para mejorar la tecnología actual de países como Alemania y España. Nuestro gobierno debe optar por la compra de tecnología renovable para iniciar nuestra transición energética, y al mismo tiempo, tiene la obligación de brindarle a las instituciones, el soporte necesario para que realicen mejoras tecnológicas que conviertan al país en grandes exportadores de tecnología verde en un futuro.

Datos de la ANES nos dicen que en 2009, la energía FV en México generó **25.12 MW** para áreas rurales, uso residencial, bombeo de agua, y luces en las carreteras. La cantidad de energía producida por la FV es muy pequeña, a pesar de que contamos con una enorme radiación solar a lo largo y ancho de la República Mexicana; sin embargo, tenemos que considerar que el costo por kWh FV es el más caro hasta el momento; lo que nos convendría, es aprovecharla para todos aquellos lugares que no cuentan con electricidad debido a los altos costos que implicaría la extensión del cableado eléctrico. Posteriormente, se podría dar el paso a proyectos más ambiciosos que permitan equilibrar el uso de esta energía en el sistema eléctrico mexicano.

#### Acciones para el uso de energía FV

El centro de Investigación en Energía (CIE) de la UNAM puso en marcha una planta FV para el tratamiento de aguas residuales que provienen de las industrias farmacéuticas, textil, alimentaria y

<sup>293</sup> CONUEE, *op. cit.*, p. 10.

<sup>294</sup> Bárbara Angélica Rodríguez. *Sistemas Fotovoltaicos*, *op. cit.*, p. 1.

de perfumes, así como de aguas poco contaminadas por el humano, de lluvia, pozos y lagos. Por el momento el agua se puede reutilizar solamente para la industria.<sup>295</sup> El hecho de que Instituciones como el IPN y la UNAM inviertan en las renovables como la FV nos indica que es de gran importancia apostarle a las energías del futuro, pero esto no basta si el gobierno no permite que todas ellas participen ampliamente en el sistema eléctrico mexicano y como productoras de energía calorífica y biocombustibles (biogás).

El costo de un panel fotovoltaico es alto si se compara con otros sistemas, ya que tiene un valor aproximado de 50 mil pesos.<sup>296</sup> Los sistemas FV son muy caros, es decir, todavía no son competitivos. Sin embargo, esta barrera queda eliminada al momento de introducirla en las zonas alejadas de la red eléctrica, es decir, en este momento, el mercado FV se encuentra en estas regiones.

El Área de Energías no Convencionales del IIE ha realizado proyectos de sistemas FV conectados a la red eléctrica por 10 años, tanto en el ámbito domiciliario como en el comercial. La información obtenida ha servido de base para la Comisión Reguladora de Energía (CRE),<sup>297</sup> que en septiembre de 2007 emitió una resolución que aprueba la instalación de estos sistemas en la modalidad de “medición neta”, es decir, permite que los excedentes de la generación fotovoltaica en una casa o edificio comercial se inyecten a la red, haciendo que el medidor gire en sentido contrario. De esta forma, al final del período de medición, el usuario solamente paga la diferencia entre la electricidad que tomó de la red y la que le inyectó.<sup>298</sup>

Esta es una buena opción para los paneles FV conectados a la red porque a diferencia de otros países, nuestras leyes no permiten que vendamos los excesos de energía eléctrica a la CFE; sin embargo, la compra de estos sistemas es muy elevada para la mayoría de las familias mexicanas; por este motivo, la CFE puede colocar en algunos tejados (con el permiso de los dueños de las propiedades) sistemas FV para crear luz eléctrica e inyectarla a la red, es decir, el control de la luz seguiría en manos de este organismo sin la intervención de los usuarios, y de esta forma no iríamos en contra de las leyes mexicanas.

La empresa automotriz japonesa Nissan y el Gobierno de la Ciudad de México firmaron un acuerdo para iniciar la venta masiva de vehículos eléctricos con tecnología de punta a finales de 2011, el objetivo es disminuir la dependencia de hidrocarburos. El vehículo será el Nissan Leaf, un sedán compacto para cinco pasajeros con velocidad de hasta de 160 kilómetros por hora. El auto tiene

<sup>295</sup> Gaceta UNAM. “El horno solar, único en su tipo en Iberoamérica”, *op. cit.*, p. 5-6.

<sup>296</sup> s/a. “Proponen sistemas de energía solar para hogares mexicanos”, *op. cit.* p.1.

<sup>297</sup> Forma parte de la Secretaría de Energía para regular la industria del gas y la electricidad.

<sup>298</sup> Jorge M., Huacuz Villamar. “¿Qué ofrecen las energías renovables para el suministro nacional?”, [en línea], México, Boletín IIE, abril-junio del 2008, Dirección URL: <http://www.iie.org.mx/boletin022008/divulga.pdf> [consulta: 8 de diciembre, 2009], p. 45.



una carga nocturna de ocho horas, es silencioso y tiene un costo competitivo respecto a automóviles de gasolina.<sup>299</sup> El precio de recarga de la batería será de hasta dos dólares en centros de recarga rápida.<sup>300</sup>

Este es un gran ejemplo de que los gobernantes tienen el poder de optar por tecnología verde para evitar el consumo de combustibles fósiles. Sin embargo, no podemos olvidar que el uso masivo de estos autos aumentará el consumo de energía eléctrica siendo que en su mayoría proviene de combustibles fósiles, lo cual no tendría mucho problema si proviniera de las renovables. Otra de las opciones, es incentivar el uso del transporte no contaminante como las bicicletas, patines y el mejoramiento del transporte público, lo cual reduciría enormemente el uso de gasolinas, el aumento de energía eléctrica y la emisión de GEI.

Estudiantes del IPN han creado una celda FV para cargar baterías de plomo y litio de los automóviles eléctricos obteniendo el primer lugar del Premio de Investigación sobre Transporte y Movilidad, convocado por la Asociación Mexicana de Transporte y Movilidad. Este panel tiene 1.20 metros por 56 centímetros, que capta la luz solar para alimentar un generador eléctrico, el cual provee la corriente y la mantiene constante. Actualmente, los cargadores que ofrece el mercado se cargan en un lapso de siete a ocho horas, pero el IPN logró optimizar este tiempo aumentando la corriente que se le suministra a la batería. En un futuro no muy lejano, el sistema se podría instalar en el toldo de un automóvil para crear los autos que generen su propia energía.<sup>301</sup>

El hecho de que una institución educativa como lo es el IPN ya se encuentre innovando sobre las celdas FV para los autos, es de suma importancia, ya que si se continua por esa línea podremos ser grandes exportadores de celdas FV para automóviles alrededor del mundo. Este tipo de innovaciones se han logrado sin un apoyo económico suficiente, imaginemos hasta donde se podría llegar con el apoyo gubernamental.

### 3.3.3 La energía eólica en México

El Instituto de Investigaciones Eléctricas IIE y la CFE han instalado una red de instrumentos de medición con el propósito de conocer la potencialidad del viento, esto le ha permitido obtener información de varios lugares de gran potencial; ubicándonos entre los mejores del mundo.<sup>302</sup> Está

<sup>299</sup> s/a. "Autos eléctricos en México, para 2011", [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 28 de octubre del 2009, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/56328.html> [consulta: 28 de octubre, 2009].

<sup>300</sup> Alberto, Cuenca. "Ebrad firma pacto para venta de autos eléctricos", [en línea], México, *El Universal.com.mx* 29 de octubre del 2009, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/98315.html> [consulta: 29 de octubre, 2009].

<sup>301</sup> s/a. "Politécnicos diseñan cargador solar para auto", [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 19 de mayo del 2010, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/58688.html> [consulta: 19 de mayo, 2010].

<sup>302</sup> Roberto Cadenas, *op. cit.*, p. 3.

previsto que la CFE realizará una evaluación de la información disponible del IIE y otras fuentes para contar con un mapa eólico nacional.<sup>303</sup>

Es indispensable que la CFE empiece a trabajar a marchas forzadas para contar con un mapa eólico de la República Mexicana con el propósito de trabajar en proyectos eólicos. Las pocas investigaciones arrojan que contamos con un enorme potencial de viento que hay que aprovechar ya que la energía eólica, es una de las más prometedoras a nivel mundial.

La energía eólica es una de las pocas renovables que participa en el sistema eléctrico mexicano con el 1.2%, convirtiéndola en la menos aprovechada por este sector a nivel nacional, después de la hidráulica y la geotérmica. Todavía nos falta mucho viento eólico que explotar ya que contamos con regiones de gran potencial eólico como las siguientes:

**Istmo de Tehuantepec.** La región presenta un rendimiento del 60%, cuando la media en Dinamarca y California es del 25%.<sup>304</sup> El recurso eólico de esta zona se ubica entre los mejores del mundo; en Oaxaca hay áreas con grandes velocidades de viento de un comportamiento definido en cada estación del año.<sup>305</sup> El Laboratorio Nacional de Energías Renovables de Estados Unidos realizó un mapa eólico de ese Estado, en colaboración con la CFE y otros organismos nacionales por solicitud del Gobierno del Estado de Oaxaca. Como resultado se estima que en las zonas más ventosas del Estado pueden explotarse de 6,000 MW a 33,000 MW anuales.<sup>306</sup>

Sin duda el Istmo de Tehuantepec es uno de los lugares con mayor potencial eólico de nuestro país y del mundo, pero también existen otros más que poseen buenos vientos para la instalación de granjas o parques eólicos en México. El que el gobierno de Oaxaca haya solicitado un mapa eólico nos muestra que los gobiernos estatales están en todo su derecho de impulsar el desarrollo de las renovables si el gobierno federal no lo hace, es decir, la voluntad política es indispensable para nuestra transición.

**Península de Baja California.** Esta península es interesante, por su extensión geográfica, su baja densidad poblacional y se encuentra eléctricamente alimentada por sistemas aislados. Su terreno montañoso es una barrera natural que ocasiona un potencial eólico muy bueno. El poblado de la Rumorosa y zonas aledañas, así como el paso entre la Sierra de Juárez y la Sierra de San Pedro Mártir, por donde cruza la carretera y la línea eléctrica de Ensenada, son regiones identificadas con

<sup>303</sup> Claudio Alatorre, *op. cit.*, p. 19.

<sup>304</sup> Bárbara Angélica, Rodríguez. *Energía Eólica*, [en línea], México, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Dirección URL: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_612\\_energia\\_eolica](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_612_energia_eolica) [consulta: 5 de noviembre, 2009], p. 1.

<sup>305</sup> Roberto Cadenas, *op. cit.*, p. 3-4.

<sup>306</sup> *Idem.*, p. 6.

alto potencial eólico.<sup>307</sup> Este es el único lugar, aparte del Istmo en donde se ha construido un pequeño parque eólico mientras que las demás zonas han sido olvidadas por los inversionistas y la CFE. La península de Baja California también cuenta con zonas costeras y marítimas que pueden ser aprovechadas.

**Altiplano norte.** Desde la región central de Zacatecas hasta la frontera con Estados Unidos existe una corriente de fuertes vientos y constantes que da lugar a innumerables sitios que pueden ser explotables como la parte norte del Estado de Coahuila que es sumamente ventosa.<sup>308</sup> El norte de nuestro país posee un gran potencial eólico que no ha sido explotado a gran escala, ya que solamente existen pequeñas turbinas eólicas para poder bombear agua potable.

**Región Central.** En esta región se originan los vientos de verano, desde Tlaxcala a Guanajuato. Llama la atención la Bella Airosa como se le conoce a la ciudad de Pachuca. La complejidad orográfica de esta región, puede provocar ráfagas de viento energéticamente aprovechables.<sup>309</sup> Hasta en la región central, nos podemos encontrar con zonas eólicamente aprovechables que se han mantenido en el olvido. Por ello es importante que se disponga de un mapa eólico para realizar proyectos por parte de la CFE y los Productores Independientes de Energía.

**Mar territorial.** La fuerza del viento en el mar es incluso más productiva que en tierra, por lo que algunos países han instalado parques eólicos de alta mar.<sup>310</sup> Hay naciones que sufren por no poseer mar territorial, pero nuestra situación es diferente; sin embargo, no hay planes por parte del gobierno mexicano para llevar a cabo la construcción de parques eólicos en alta mar.

### Centrales eólicas en México

**La Venta I.** Esta central está ubicada en el Estado de Oaxaca, en el Istmo de Tehuantepec. Es una planta piloto que se construyó en 1994 con una inversión de 2.2 millones de dólares. Con ella, la CFE tuvo su primera su experiencia con la energía eólica. Los registros de producción eléctrica de la central piloto son excelentes, pues brindan 1.5 MW anuales.<sup>311</sup> El nombre de La Ventosa lo indica todo, es una zona que presenta enormes ráfagas de viento capaces de voltear un tráiler, esto nos permite imaginarnos el enorme potencial de ese lugar.

La Venta I sirvió para que la CFE pudiera confiar en la eólica como generadora de electricidad y que la inversión de tecnología es sumamente rentable en la producción de energía eléctrica, pero

<sup>307</sup> Bárbara Angélica Rodríguez. *Energía Eólica, op. cit.*, p. 1.

<sup>308</sup> *Ibidem.*

<sup>309</sup> *Ibidem.*

<sup>310</sup> Greenpeace México. "Energía limpia sin límites", *op. cit.*, p. 6.

<sup>311</sup> Roberto Cadenas, *op. cit.*, p. 3.

llama la atención que después de 13 años, solamente se haya construido un parque más en esta región. Sabemos que la inversión para la construcción de estas centrales es enorme; sin embargo, hay formas de obtener los recursos necesarios si los gobernantes del país se lo propusieran.

**La Venta II.** Los buenos resultados que arrojó el parque piloto de La Venta I permitieron que la CFE tuviera el interés por construir un parque eólico de mayor tamaño. Fue así que en 2007 se inauguró la central eólica, La Venta II, al sur del Istmo de Tehuantepec generando 83.3 MW anuales. La central tuvo un plazo de construcción de 1 año, 4 meses. México registró este proyecto en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto, pues la producción de energía eléctrica de este parque evita la emisión de 180,000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales a la atmósfera.<sup>312</sup>

Los proyectos eólicos pueden construirse en un año y medio ya que se necesita adecuar el lugar, traer las turbinas eólicas, montar el parque, etc., pero en términos generales los tiempos de construcción de una planta que funciona con tecnología verde son cortos en comparación con las plantas nucleares. Por otro lado, el MDL es un medio que nos puede ayudar para desarrollar proyectos de energía renovable en nuestro país y evitar la emisión de GEI que contribuyen en gran medida al cambio climático. Otra hecho a destacar es que el uso de energía renovable siempre va a evitar la emisión de millones de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera, lo cual es sumamente positivo para hacerle frente a este grave problema de carácter mundial.

Los aerogeneradores están distribuidos en una superficie de 900 hectáreas aproximadamente, pero la central solamente ocupa entre el 2 y 3% de toda esta área, considerando los caminos de acceso, las bases de las turbinas y la subestación de la central, es decir, el terreno es poco afectado y puede utilizarse para el cultivo agrícola y pastoreo.<sup>313</sup> El 97% del área restante se puede aprovechar, para ello deben existir acuerdos que así lo establezcan con el propósito de favorecer a los campesinos de La Venta; sin embargo, se han originado impactos de tipo social debido a su puesta en marcha:

1. Imposición de los proyectos por parte de la CFE y empresas privadas ignorando los derechos de las comunidades indígenas de la región;
2. Ausencia de información y consulta con los pueblos y comunidades cercanas al parque eólico por parte de la CFE;
3. Falta del uso de la tierra en términos justos que beneficie a las comunidades ya que algunos reciben 1,500 por ha/año y otros 500 ha/año (montos inferiores a la renta que deberían de percibir);

<sup>312</sup> *Idem.*, p. 8-9.

<sup>313</sup> *Idem.*, p. 10.

4. Pérdida del interés en las actividades agrícolas de la zona, a pesar de la existencia del sistema de riego.<sup>314</sup>

Es imperante que la CFE se apoye de instituciones que sepan cómo comunicarse con las comunidades para no causar un rechazo ante estos proyectos y que conozcan las consecuencias del cambio climático y cómo las energías renovables puede contribuir a mitigar este problema. El hecho de que a unas personas se les pague más renta por sus tierras y a otras menos, significa que sus derechos están siendo quebrantados, por lo tanto, los contratos deben sustituirse para que las comunidades reciban un precio justo. La CFE debe de analizar todos estos aspectos para resolverlos de forma justa y adecuada y no cometer estos errores en proyectos futuros.

La pérdida de interés en las actividades agrícolas se debe a que a la CFE no le interesa el desarrollo económico de la zona, este es un problema que se debe resolver con la ayuda del gobierno, de organismos y gente interesada en la impartición de la justicia. La participación de la eólica en el Sistema Eléctrico Mexicano (SEM) es mínima. Esto quiere decir que falta mucho por hacer porque la energía eólica es una pieza clave para evitar la dependencia futura hacia los combustibles fósiles.

**La Rumorosa.** Con una inversión de 350 millones de pesos, se inauguró el Parque Eólico La Rumorosa, en el municipio de Tecate, Baja California, produciendo 10 MW anuales por medio de sus 5 turbinas. El objetivo es que la energía sirva para el alumbrado público de la ciudad de Mexicali. Este parque eólico es el tercero del país, después del de La Venta I y II, en el que se utiliza energía eólica.<sup>315</sup>

El parque eólico La Rumorosa es un proyecto poco ambicioso, pues sólo genera 10 MW en lugar de superar los 83.3 MW de la Venta II. La CFE solamente tuvo como objetivo cubrir la demanda de electricidad del alumbrado público de una ciudad, en lugar de cubrir la mayor parte de la energía que se requiere en Mexicali. Necesitamos proyectos que superen los ya realizados, es el momento de hacerlo por el simple hecho de que todavía contamos con las reservas necesarias de combustibles fósiles para la producción de electricidad, mientras las tengamos todo puede marchar a la perfección, pero cuando éstas no satisfagan nuestras necesidades, las condiciones ya no serán las mismas.

---

<sup>314</sup> Alejandro Sánchez, *op. cit.*, p. 219.

<sup>315</sup> Sandra, Varela Fernández. "México apuesta por las energías renovables", [en línea], Madrid, *Energías renovables*, 10 de marzo del 2010, Dirección URL: <http://erenovable.com/2010/03/10/mexico-apuesta-por-las-energias-renovables/> [consulta: 10 de marzo, 2010].

Si sumamos el total de la energía producida por estos tres parques eólicos tenemos que México produce **94.8 MW** eólicos mientras que la producción de países como Estados Unidos, China, Alemania o España se mide en GW.

### Otros proyectos eólicos

A principios de 2007 se inició un plan denominado Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala (PERGE) por parte de la Secretaría de Energía, el cual pretende desarrollar un esquema de licitaciones para proyectos enfocados a la generación de electricidad a partir de fuentes de energías renovables por parte de productores independientes y establecer un fondo para dar un incentivo adicional a la energía generada.<sup>316</sup>

La Secretaría de Energía también es parte importante en esta transición, ya que ella es la que toma las iniciativas en materia energética y el hecho de que se permita a los PIE aprovechar a las energías renovables del país, es un gran avance; además es más fácil que ellos cuenten con los recursos económicos necesarios para dar marcha a tales proyectos. Sin embargo, también es indispensable que la CFE deba seguir esta misma línea en lugar de invertir en fuentes de energía no renovables como el carbón o el uranio.

**La Venta III y Oaxaca I.** Los dos proyectos ya fueron licitados, y cada uno contará con una capacidad de 101.5 MW anuales.<sup>317</sup> Tendrán un subsidio de 1.1 centavos de dólar por cada kWh (un total de 20.4 millones de dólares).<sup>318</sup> Este tipo de ayuda gubernamental permite que las renovables puedan competir en el mercado eléctrico, es decir, la energía eólica ya tiene costos competitivos en nuestro país debido a una intervención oportuna del Estado.

**Oaxaca II, III y IV.** La CFE también licitó 3 proyectos bajo el esquema de los PIE.<sup>319</sup> La filial española Acciona Energía en México fue quién ganó la licitación para su construcción. Los parques eólicos se localizarán en la región sur del Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca, desde donde se interconectarán al Sistema Eléctrico Nacional. Tendrán una capacidad conjunta de 304.2 MW anuales. La construcción de las centrales tendrá una duración de 1 año 4 meses generando 1,200 empleos directos y 1,000 indirectos.<sup>320</sup>

La CFE junto con las empresas privadas tienen que corregir los errores que han causado la construcción de La Venta II a nivel social porque los derechos de las poblaciones no deben ser

<sup>316</sup> Sven Teske, *op. cit.*, p. 13.

<sup>317</sup> Claudio Alatorre, *op. cit.*, p. 19.

<sup>318</sup> Sven Teske, *op. cit.*, p. 13.

<sup>319</sup> Claudio Alatorre, *op. cit.*, p. 19.

<sup>320</sup> s/a. "Acciona Energía construye centros eólicos en México", [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 8 de marzo del 2010, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/notas/664413.html> [consulta: 8 de marzo, 2010].

violentados bajo ninguna circunstancia. Por otro lado, los PIE pueden ser los iniciadores de un cambio en la forma de generar electricidad gracias a métodos limpios, sin duda, es una excelente forma de empezar proyectos verdes, pero insisto en que la propia CFE tiene que ir a la par de tales procesos para no atrasarse en una transición energética de gran importancia.

La empresa alemana Sowitec, instalará en un lapso de un año, una hélice que cuesta unos tres millones de dólares en el municipio de Pinos en Zacatecas elegido con el propósito de monitorearla durante cinco años e identificar cuál será su ganancia.<sup>321</sup> Lo que se puede observar, es que los tiempos de construcción de un proyecto de energías renovables es corto, pero no es lo mismo cuando se habla de ubicar el lugar idóneo ya que esto no es nada sencillo, pues se necesita invertir en tecnología y recursos humanos para hacerlo, sin olvidar que la obtención de información puede llevarse algunos años. Por ello, es esencial que cualquier proyecto de este tipo se haga con la mayor rapidez posible puesto que una transición energética conlleva a una serie de procesos lentos.

### 3.3.4 La energía minihidráulica en México

La energía hidráulica fue uno de los motores principales de la industrialización de nuestro país en el siglo XIX, pero su participación decayó durante la primera mitad del siglo XX ante la mayor participación de los combustibles fósiles en el sector eléctrico, impulsado entre otros factores por la disponibilidad de los derivados del petróleo y gas natural, entonces baratos.<sup>322</sup> En la actualidad, la energía hidráulica ocupa el cuarto lugar como generadora de energía eléctrica con una participación del 16.6%, según el Informe de la Comisión Federal de Electricidad de 2009.

Estudios realizados por la CFE y otros organismos muestran que el potencial nacional minihidráulico, es de alrededor de 3,000 MW anuales.<sup>323</sup> Las grandes hidroeléctricas son las que realmente destacan en la producción de energía eléctrica en nuestro país, dejando a las pequeñas centrales en segundo plano, es decir, aún nos falta mucho potencial minihidráulico por explotar, pero aquí intervienen el cuidado de los mantos acuíferos de agua dulce para sacar provecho a los MW que no se han explotado.

Sobre las minicentrales fuera de servicio, sólo se conocen con certeza los datos de la CFE, los cuales indican que 36 centrales pequeñas dejaron de operar debido a sus altos costos operativos y porque su equipo ya era obsoleto. Su potencia conjunta era de 36.78 MW anuales.<sup>324</sup> Una cuestión

<sup>321</sup> s/a. "Eólica en México: Sowitec llega a Pinos Zacatecas", [en línea], México, *Seminario de Noticias del Sector Eléctrico*, 13 de febrero de 2011, Dirección URL: [http://www.ewind.com/noticias.php?id\\_not=8093](http://www.ewind.com/noticias.php?id_not=8093) [consulta: 23 de febrero, 2011].

<sup>322</sup> Claudio Alatorre, *op. cit.*, p. 15.

<sup>323</sup> CONUEE, *op. cit.*, p. 11.

<sup>324</sup> *Ibidem*.

interesante es que la CFE indica que se han abandonado varias centrales pequeñas por sus altos costos, lo cual va en contra de toda lógica, pues por su tamaño todo indica que este tipo de centrales son mucho más baratas en cuanto a operación y mantenimiento en todo el mundo. El otro problema es que si los equipos son viejos, esto se puede solucionar remplazándolos en lugar de invertir en la construcción de grandes hidroeléctricas.

Nuestro país ha tenido una gran tendencia hacia los enormes proyectos hidráulicos, pero en estos últimos años han sido frenados por falta de recursos económicos como el caso de la hidroeléctrica, La Parota, en el Estado de Guerrero. Esta situación arroja dos cosas: la primera es que se están dejando a un lado los grandes proyectos por factores económicos, lo cual es favorable para el medio ambiente y las comunidades; y la segunda es que el gobierno tiene la opción de elegir un tipo de construcción más barata y desde luego, con menos impactos. Los proyectos de grandes centrales hidroeléctricas deben sustituirse por pequeñas centrales debido a que son más benéficas con las comunidades aledañas y con el medio ambiente, además de tener un costo mucho menor.

A pesar de contar con tales ventajas, el costo por kWh a nivel mundial es mucho mayor que el producido por una central hidroeléctrica de enormes magnitudes; esto se debe a que la primera genera una menor cantidad de kWh al día. El problema se puede resolver por medio de la inversión hacia esta fuente de energía renovable, pues sólo esto permite que los costos bajen.

La CFE patrocina un proyecto para realizar la evaluación del potencial minihidroeléctrico nacional en los Estados de Veracruz y Puebla para las centrales con una capacidad menor a los 5 MW. Los resultados preliminares arrojaron un potencial del orden de 400 MW. Del mismo proyecto se ha mostrado la posibilidad de recuperar una minihidroeléctrica en Ixtaczoquitlán, Veracruz, la cual tiene actualmente una capacidad de 500 kW y se piensa que con una tecnología mejor se puede llegar hasta los 2 MW por año.<sup>325</sup>

Estos datos nos indican que todavía podemos explotar varios MW anuales en nuestros ríos y cuencas por medio de pequeñas hidroeléctricas siempre y cuando se haga de forma sustentable y respetando los derechos de las comunidades. También es importante señalar que con la sustitución de nuevos y mejores equipos se puede obtener mayores cantidades de electricidad. Por otro lado, la CFE considera una central minihidráulica a las que producen hasta 5 MW mientras que en Europa son hasta los 10 MW; para que exista un margen de acción más amplio, la CFE debería considerar ésta última.

---

<sup>325</sup> *Ibidem.*



Se pueden elegir los mejores lugares para generar energía eléctrica en las horas pico y en promedio 12 horas diarias. En el mismo río Papagayo, Guerrero, hay 14 sitios localizados, de los que se pueden inundar superficies mínimas, facilitando acuerdos con los pobladores de la zona.<sup>326</sup> La CFE conoce del potencial de las minihidráulicas; sin embargo, está planeando construir carboeléctricas, siendo que las primeras son más económicas y en donde no se tienen que comprar el combustible para hacerlas funcionar. En definitiva, las decisiones no son las más adecuadas porque se van por la vía que consideran más fácil y “barata”.

### 3.3.5 La energía geotérmica del país

A finales de la década de los cuarenta, el ingeniero Luis de Anda, de la CFE, se enteró de los logros obtenidos del campo geotérmico de *Larderello* en Italia. Esto lo motivó a realizar estudios en ese lugar, en donde aprendió las técnicas de exploración y explotación que utilizaban. Para 1955 se formó la Comisión de Energía Geotérmica con el propósito de iniciar la explotación en nuestro país.<sup>327</sup>

En ese momento la CFE tuvo la capacidad de darse cuenta de que los campos geotérmicos podían proporcionar electricidad, de esta forma se logró la explotación de una de las energías más competitivas y desarrolladas hasta estos momentos en nuestro país. Sin duda se tuvieron que desafiar muchas barreras para que esto sucediera, ya que México por ser un país productor de petróleo era de esperarse que basara su producción de energía eléctrica en los combustibles fósiles que, aunque en la actualidad así lo es, no se puede negar que la geotérmica tiene una participación en este sector.

En 2010 México ocupó el cuarto lugar a nivel mundial en la generación de electricidad con energía geotérmica con unos 958 MW anuales después de Estados Unidos (3,093 MW), Filipinas (1,904 MW) e Indonesia (1,197 MW).<sup>328</sup> La Asociación Estadounidense de Energía Geotérmica asumió que México cuenta con un potencial de 8,000 MW anuales, pero la CFE considera que solamente 2,400 MW son económicamente viables, dependiendo del desarrollo de la tecnología para su explotación.<sup>329</sup>

Con este último dato podemos darnos cuenta que superaríamos a Filipinas e Indonesia sin ningún problema, pero para ello se necesita de fuertes inversiones en este sector. Por otro lado, si México

<sup>326</sup> Alejandro Sánchez, *op. cit.*, p. 209-210.

<sup>327</sup> Víctor M. Arellano, *op. cit.*, p. 110.

<sup>328</sup> Asociación Geotérmica Mexicana, [en línea], México, Asociación Geotérmica Mexicana, 12 de abril del 2011, Dirección URL: [http://www.geotermia.org.mx/geotermia/?page\\_id=112](http://www.geotermia.org.mx/geotermia/?page_id=112) [consulta: 12 de abril del 2011], p. 1.

<sup>329</sup> Sven Teske, *op. cit.*, p. 22.

ocupa el cuarto lugar en la explotación de la energía geotérmica para la producción de electricidad, nos hace responsables de llevar a cabo una explotación sustentable utilizando las mejores técnicas para no ocasionar graves impactos ambientales ni el agotamiento de yacimientos.

En la actualidad, los usos directos de la energía geotérmica en México se limitan a la balneología, es decir, en los balnearios de aguas termales, distribuidos en más de 160 sitios en 19 estados del país. Esta capacidad es pequeña en relación con el tamaño de los recursos existentes y en cuanto a la variedad de aplicaciones. Existen algunos proyectos piloto desarrollados por la CFE, en los que se incluye la calefacción de oficinas de las plantas geotérmicas de Cerro Prieto, Los Azufres y Los Humeros.<sup>330</sup>

En lo que respecta al uso directo de la geotérmica estamos muy atrasados, ya que ésta solamente se utiliza en los balnearios sabiendo que puede servir en diversos sectores industriales como lo hacen otros países como Estados Unidos, Nueva Zelanda, Islandia o China. Es lamentable que teniendo una industria tan eficiente, ésta sólo pueda estar presente en proyectos piloto de la CFE. El impulso del uso directo de esta energía es imperante para que poco a poco pueda cubrir parte de la demanda de los combustibles fósiles.

### Campos geotérmicos en México

La CFE opera cuatro campos geotérmicos a través de su Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos con sede en Morelia, Michoacán.<sup>331</sup>

#### Campos geotérmicos mexicanos

Estado	Central	MW	Características
Baja California	Cerro Prieto	720	Segundo campo más grande del mundo superado por The Geyser, en California. 13 unidades
Michoacán	Los Azufres	188	7 unidades a contrapresión 1 unidad de condensación 2 unidades de ciclo binario
Entre Puebla y Veracruz	Los Humeros	40	8 unidades a contrapresión
Baja California Sur	Las Tres Vírgenes	10	2 unidades de condensación
Guadalajara	Cerritos Colorados	75	El campo no se ha explotado por no obtener los permisos y licencias medioambientales. El plan es presentar la Manifestación de Impacto

<sup>330</sup> Alejandro Sánchez, *op. cit.*, p. 210.

<sup>331</sup> Raúl Maya y Luis Gutiérrez, *op. cit.*, p. 7.

			Ambiental ante las autoridades de la (Semarnat). <sup>332</sup>
--	--	--	---

Tabla 21. Fuente: Elaboración propia.

Cerro Prieto es la central más grande del país, es capaz de producir 720 MW anuales y no es para menos ya que a nivel mundial es el segundo campo geotérmico de mayor importancia. Los Azufres se ubican en segundo lugar por su producción de 188 MW; los Humeros es el tercer campo de importancia de unos 40 MW, mientras que las Tres Vírgenes posee el cuarto lugar con 10 MW. También se observa que las unidades más utilizadas por nuestros campos geotérmicos son a contrapresión, las cuales dejan escapar el vapor de agua a la atmósfera provocando una mayor contaminación y desperdiciando ese potencial térmico para la producción de mayores cantidades de electricidad.

En el proyecto de Las Tres Vírgenes no se escatimó en colocar sistemas de condensación, ya que el condensador permite el enfriamiento del vapor para ser inyectado al yacimiento, lo cual evita menos pérdidas de agua, la reutilización de la misma para la producción de electricidad y menos contaminación.

El campo de Cerritos Colorados tiene la capacidad de producir mucho más energía eléctrica que el de Los Humeros y el de Las Tres Vírgenes para ello, la CFE debe elegir sistemas de condensación o los de ciclo binario junto con los pozos inyectoros ya que mientras no se compruebe que la planta no llevará a cabo un proceso en la medida de lo posible limpio y responsable con el medio ambiente, es responsabilidad de esta Secretaría no emitir los documentos necesarios para su puesta en marcha.

**Otros proyectos geotermoeléctricos.** La CFE ha programado la sustitución de algunas de las unidades menos eficientes por medio de dos proyectos geotermoeléctricos en los campos de Cerro Prieto y Los Humeros.<sup>333</sup>

---

<sup>332</sup> *Idem.*, p. 12.

<sup>333</sup> *Ibidem.*

## Proyectos geotermoeléctricos en México

Central	Nombre del Proyecto	Unidades actuales	Plan	Nueva capacidad
Cerro Prieto	Cerro Prieto V (CP-V)	13 unidades (sin información en cuanto al tipo de unidades).	Reemplazar dos unidades a contrapresión por: 2 unidades de condensación de 50 MW cada una.	Sin información.
Los Humeros	Los Humeros II	8 unidades a contrapresión	Reemplazar todas las unidades por: 1 unidad de condensación de 25 MW 7 unidades de ciclo binario de 3 MW cada una.	46 MW <sup>334</sup>

Tabla 22. Fuente: Elaboración propia.

No cabe duda que esta es una de las mejores decisiones que ha tomado la CFE en materia de energía geotérmica para producir una mayor cantidad de energía eléctrica por métodos más eficientes, ya que el cambio de unidades puede generar mayores cantidades de kWh. Así mismo, esta industria no perderá su calidad de renovable, porque no se dejará que los yacimientos se sequen teniendo una durabilidad de millones de años más. Solamente faltaría reemplazar las 7 unidades a contrapresión de Los Azufres para que haya un cambio total en los campos geotérmicos mexicanos.

Es poco probable que se encuentren más yacimientos de la magnitud del Cerro Prieto o Los Azufres. Pero el país tiene una gran cantidad de recursos geotérmicos de baja temperatura que pueden aprovecharse bajo las plantas de ciclo binario. Sin embargo, el costo de este tipo de plantas aún resulta muy caro comparado con el de las plantas convencionales. Pero, en la medida en que el petróleo continúe aumentando sus precios y reduciendo sus reservas probadas, la oportunidad de generar energía eléctrica con recursos geotérmicos de baja temperatura se vuelve cada día más cercana.<sup>335</sup>

Los campos de alta entalpía son muy aprovechables en nuestro país, pero los de baja tienen muchas limitantes, ya que la CFE no los ha sabido aprovechar en los diversos procesos industriales ni para el beneficio de las viviendas cercanas a éstos. La cuestión es que no debemos esperar a que los combustibles fósiles dejen de ser baratos o que se agoten, puesto que al ser un país petrolero, dependemos de su venta, y para esos momentos no tendremos la facilidad económica de construir plantas como las de ciclo binario o la tecnología necesaria para utilizar los yacimientos de baja entalpía en el sector industrial como lo hacen otros países.

<sup>334</sup> *Ibidem.*<sup>335</sup> *Ibidem.*

## El legado de la explotación geotérmica en México

En México, la CFE utiliza la energía geotérmica desde hace 50 años para satisfacer parte de la demanda nacional de electricidad.<sup>336</sup> Esto quiere decir que el país tiene la suficiente experiencia para generar electricidad por medio de la energía geotérmica; pero a pesar de ello, su uso directo no se ha desarrollado, esto nos permite ver que nuestra dependencia hacia los combustibles fósiles es todavía muy fuerte, impidiendo que otras fuentes entren a su mercado de forma importante.

México no tiene dependencia tecnológica en la explotación y desarrollo de recursos geotérmicos, más bien, se exporta tecnología geotérmica al extranjero. Los técnicos mexicanos también han participado en estudios y proyectos en países como Argentina, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Haití, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Perú y República Dominicana”.<sup>337</sup>

Este es un punto crucial para esta investigación ya que se nos está mostrando que nuestro país tiene la capacidad de crear y mejorar tecnología en materia energética para utilizarla en sus propios campos geotérmicos y para venderla al extranjero. Esto no se podría aplicar en la mayoría de las renovables, es por ello que el gobierno mexicano debe apoyar a las instituciones, de tal forma que se pueda crear y desarrollar tecnología para venderla al extranjero, es decir, si somos hábiles, el negocio de las renovables nos puede beneficiar.

Adicionalmente, en todos los campos geotérmicos mexicanos se realiza un estudio del agua de los mantos acuíferos termales o fríos dentro del campo y de los alrededores, para asegurarse de que las medidas tomadas están funcionando adecuadamente. Generalmente el análisis químico incluye la determinación del pH, entre otras cosas. Los resultados de los análisis muestran que hasta estos momentos no se ha encontrado ningún signo de contaminación debido a la explotación de los yacimientos geotérmicos.<sup>338</sup>

Es responsabilidad de la CFE el realizar este tipo de investigaciones, puesto que la contaminación de nuestros ríos, lagos y lagunas se encuentra a un nivel muy crítico en nuestro país. El hecho de que no haya rastros de contaminación por la explotación de los campos geotérmicos no significa que se deba perder el interés o no sea tan importante el uso de medidas que prevengan este problema ambiental. Al contrario, se debe continuar con los estándares más estrictos para que no llegue a ocurrir un accidente que ponga en peligro la salud de las personas ni de los ecosistemas.

---

<sup>336</sup> *Ibidem*.

<sup>337</sup> Víctor M. Arellano, *op. cit.*, p. 112.

<sup>338</sup> Raúl Maya y Luis Gutiérrez, *op. cit.*, p. 11.

Finalmente, en lo que se refiere al ruido, la principal fuente auditiva es la descarga de los pozos, y aquellas plantas que no tienen un condensador. Para reducir el nivel de ruido, la CFE ha desarrollado varios tipos de silenciadores, e inclusive cuenta con una patente para cada uno de ellos. El tipo de silenciador patentado permite reducir el ruido hasta en un 80% a una distancia de 3 metros de la fuente emisora.<sup>339</sup>

Esto no solamente es una prueba del desarrollo tecnológico con el que cuenta nuestro país en materia geotermoeléctrica, sino que también se observa la responsabilidad con la sociedad ya que hay poblados muy cercanos a estas plantas, a quienes les puede perjudicar de muchas formas los ruidos que se producen, así como a los trabajadores porque pueden sufrir daños auditivos, de concentración, estrés, etc. Al tener las patentes de estos dispositivos significa que México vende esta tecnología a diversas partes del mundo, permitiendo que estos países implementen medidas como éstas.

### 3.3.6 La biomasa en México

El conocer el potencial de biomasa de un país es un proceso complicado, pero sin duda se puede lograr al momento de impulsar un proyecto de este tipo. Por desgracia, en México no existen datos exactos sobre el potencial de biomasa.<sup>340</sup> En realidad no conocemos a ciencia cierta, el verdadero valor energético de la biomasa del país, puesto que no ha habido un gran interés por parte de la CFE ni del gobierno federal para convertirla en energía eléctrica. Sin embargo, se considera que nuestro potencial de bioenergía es enorme.

En México, la forma más generalizada de aprovechar la biomasa como energía útil es a través de la combustión directa de leña, como tradicionalmente se ha hecho generación tras generación.<sup>341</sup> Se estima que alrededor de 28 millones de habitantes usan leña como principal fuente de energía. De esta población, 19 millones la utilizan como combustible único para cocinar y los otros 9 millones, la usan en combinación con gas LP. La leña suministra alrededor del 40% de toda la energía que se utiliza en una casa; su consumo va de 2 a 3 kg diarios, lo que representa unos 3.5 y 5.5 ton/fam/año. Otros tipos de biomasa como el estiércol o residuos de cosechas son poco utilizados para cocinar.<sup>342</sup>

El uso de leña en nuestro país y en otras regiones del mundo es un medio de subsistencia, ya que es un combustible utilizado para cocinar, tener agua caliente y calor suficiente cuando los niveles

<sup>339</sup> *Ibidem*.

<sup>340</sup> Bárbara Angélica, Rodríguez. *Biomasa*, [en línea], México, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Dirección URL: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_622\\_energia\\_de\\_la\\_biomasa](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_622_energia_de_la_biomasa) [consulta: 5 de noviembre, 2009], p. 1.

<sup>341</sup> *Ibidem*.

<sup>342</sup> Omar Masera, *op. cit.*, p. 57-59.

de temperatura bajan; además, su combustión es una de las formas más baratas de aprovechar su energía en lugar del gas LP, sin olvidar que su uso es una costumbre que se ha transmitido de generación en generación. Ahora bien, si solamente se utilizaran los residuos de leña de los bosques no habría mayor problema, pero su demanda rebasa estos recursos teniendo que recurrir a la tala de árboles.

La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) está sustituyendo los fogones por estufas mejoradas de leña en comunidades rurales de todo el país. El proyecto busca disminuir los índices de contaminación por el exceso de humo dentro de las casas, proteger el medio ambiente y reducir las emisiones contaminantes. Al mismo tiempo, se están realizando estrategias de comunicación masiva para sensibilizar a la población sobre los problemas relacionados con el uso de la leña y sus impactos nocivos en la salud y el medio ambiente.<sup>343</sup>

Las campañas informativas concientizan a las personas, pero qué pueden hacer si ese ha sido su método de sobrevivencia por muchos años. Por otro lado, las intenciones del proyecto de la SEDESOL son buenas, sin embargo, su medida simplemente no es la mejor, pues a pesar de las sustituciones de los fogones por estufas eficientes, éstas seguirán utilizando leña, lo cual solamente atrasará el daño que provocan todos los impactos de su combustión y utilización. Una opción para estas zonas son las estufas solares, las cuales no necesitan de biomasa alguna y sus impactos al ambiente son nulos, su costo es mucho mayor, pero los beneficios medio ambientales y de salud hacen que valgan la pena. Otra opción, es la producción de biogás mediante la basura orgánica, heces de animales y del propio ser humano.

La madera también es utilizada en una gran cantidad de pequeñas industrias como panaderías, tortillerías, ladrillerías, artesanías (cobre y cerámica) y en la producción de carbón. La tecnología es generalmente de tipo artesanal, lo que representa una gran cantidad de combustible por la baja eficiencia de los equipos.<sup>344</sup> Una de las soluciones son los colectores de mediana temperatura que pueden generar el calor suficiente para este tipo de negocios. Las comunidades rurales se encuentran muy bien adaptadas al uso de la leña en muchas de sus actividades, ya sea por costumbre o porque la combustión de este material es lo más barato para ellos, pero si los gobiernos de cada Estado, les presentaran otras alternativas y a precios accesibles, el uso y quema de la madera ya no sería un problema.

---

<sup>343</sup> Claudio Alatorre, *op. cit.*, p. 32.

<sup>344</sup> Omar Masera, *op. cit.*, p. 62-63.

## Potencial bioenergético de México

El potencial bioenergético de México debe calcularse tomando en cuenta todos aquellos residuos naturales que provienen de bosques, selvas, montes, parques, reservas, etc.; de nuestros residuos sólidos municipales donde se incluye la basura orgánica y aguas residuales; del biogás concentrado en los rellenos sanitarios; excremento de animales; residuos agrícolas; y el uso de biocombustibles de segunda y tercera generación.

### Tipos de biomasa que pueden aprovecharse en el país

Residuos de biomasa	Ejemplos
Residuos naturales	Biomasa leñosa ya muerta y directamente extraída del suelo, <sup>345</sup> hojas secas, pasto, ramas, frutos podridos, etc.
Residuos sólidos municipales	Basura orgánica y aguas negras.
Excremento de animales	Se puede aprovechar las excretas de todo el ganado existente en nuestro país, al igual que los animales de establos y granjas. Los desechos de rastros también presentan un gran potencial de generación de biogás para producir energía. <sup>346</sup>
Rellenos sanitarios	El biogás se produce en los rellenos sanitarios porque existen las condiciones adecuadas para que abunden las bacterias anaerobias que al digerir esos desechos producen metano y bióxido de carbono al interior del relleno. <sup>347</sup>
Residuos agrícolas	Son todos aquellos desechos orgánicos provenientes de las cosechas o de algún proceso productivo que ya no se ocupe y que no tenga ningún otro valor.
Biocombustibles de segunda generación	Son los que provienen de cultivos que no compiten con la agricultura de alimentos, utilizan muy poca agua, requieren de tierras poco fértiles y no generan la tala de árboles.
Biocombustibles de tercera generación	Proviene de los residuos orgánicos como el aceite quemado, grasas animales, etc.

Tabla 23. Fuente: Elaboración propia.

**Residuos naturales.** Existe un gran número áreas verdes a lo largo y ancho del país, en donde hay capas de residuos orgánicos, dándole una apariencia de abandono; una limpia selectiva de todos éstos en un periodo de tiempo serviría para extraer los residuos de biomasa naturales respetando sus ciclos naturales para convertirlos en energía útil, sin olvidar que estaríamos evitando los incendios forestales y plagas. Por otro lado, el fertilizante que sale como resultado de la conversión de biogás sería utilizado en las áreas donde es retirada la biomasa.

<sup>345</sup> *Idem.*, p. 19-20.

<sup>346</sup> *Ibidem.*

<sup>347</sup> CONUEE, *op. cit.*, p. 3.



**Residuos sólidos municipales.** En México como en muchos otros países en vías de desarrollo, el 45% de la basura está compuesta por desechos orgánicos.<sup>348</sup> Los cuales provienen de nuestras casas, mercados, restaurantes, centros comerciales, tiendas, hoteles, etc.; sin embargo, es en nuestros hogares donde se genera la mayor cantidad de basura orgánica. Este tipo de residuos son una verdadera mina de oro, ya que podemos obtener biogás para la generación de electricidad, calor y combustible para nuestros hogares e industrias.

En México se generan alrededor de 170 metros cúbicos por segundo de agua residual y según cifras de la Secretaría de Desarrollo Social, solamente existe la infraestructura para tratar de un 20 a un 30% de ésta.<sup>349</sup> La producción de biogás por medio de aguas residuales evitará la contaminación de nuestros depósitos de agua dulce y salada, ya que casi el 70% va a parar a éstos. Sabiendo de los beneficios que implica la conversión de biomasa residual, es inconcebible que no se hayan tomado las medidas necesarias para acabar con la contaminación que provoca.

**Excremento de animales.** Cada cabeza de ganado vacuno genera aproximadamente 10 kg al día de excremento y si en México se cuenta con una población estimada de más de 3.5 millones de cabezas de ganado vacuno (cárnico y lechero), sin considerar a la población del ganado porcino, esto significa que cada año se generan poco menos de 13 millones de toneladas de estiércol ganadero, sin ningún aprovechamiento energético.<sup>350</sup> No cabe duda que la excreta de animales se vuelve un problema por la generación de mal olor, enfermedades y fauna nociva, pero lo mejor de todo es que su transformación puede acabar con esos inconvenientes y convertirse en biogás para su uso en el sector eléctrico.

**Rellenos sanitarios.** El IIE realizó un estudio sobre los rellenos sanitarios que había en el Distrito Federal, determinando que existían 6 clausurados y 3 en operación, en donde los primeros 6 ya no es factible la recuperación de biogás. Sin embargo, los tres que se encuentran operando (Bordo Poniente, San Juan de Aragón y Santa Catarina) están produciendo gran cantidad de este combustible que puede ser extraído.<sup>351</sup>

Los rellenos cumplen la función de un gran biodigestor, pero con la diferencia que los primeros contaminan grandes porciones de tierra y mantos acuíferos subterráneos, ya que los lixiviados se van escapando poco a poco junto con el biogás. La recuperación de éste no es una tarea sencilla debido a que se debe estudiar esa porción de tierra para ver si es factible extraerlo, realizar

<sup>348</sup> Jorge, Gutiérrez. *Aprovechamiento de los desechos sólidos municipales para la generación de Energía Eléctrica*, [en línea], México, Sistemas de Energía Internacional S.A. de C.V., octubre del 2002, Dirección URL: <http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7116/1/jorgegutierrez.pdf> [consulta: 10 de noviembre, 2009], p. 4.

<sup>349</sup> Bárbara Angélica Rodríguez. *Biomasa*, op. cit., p.1.

<sup>350</sup> *Ibidem*.

<sup>351</sup> Bárbara Angélica Rodríguez. *Biomasa*, op. cit., p. 1.

trámites para emprender el proyecto, maquinaria, mano de obra, trabajos directos e indirectos, etc. Sin embargo, es una tarea que se debe hacer, ya que no debemos desperdiciar ese combustible no sólo por los peligros que puede causar, sino que de ahí, se obtendría una buena cantidad de biogás para utilizarlo en la generación de energía eléctrica, calorífica y como combustible.

En México, el metano contribuye con un 23% en la generación de emisiones de GEI, y el CO<sub>2</sub> un 75%. Ya existe una norma en materia de construcción y ubicación de rellenos sanitarios, pero ninguna establece la obligación de evitar el escape de metano a la atmósfera. De acuerdo con este marco normativo, los gobiernos municipales son las autoridades responsables de la gestión de la basura. Pero esta autoridad, se enfrenta a un conjunto de problemas en donde la disposición de desperdicios ocupa los últimos lugares. Sin embargo, la autogeneración eléctrica municipal puede ser una solución interesante para que los municipios se interesen en la producción y extracción de biogás.<sup>352</sup>

En efecto, si los municipios evaluaran los enormes beneficios que traería un manejo adecuado de la basura, lo pensarían dos veces, ya que no solamente estarían acabando con la eliminación de desechos orgánicos, sino que con ello se tendría energía eléctrica, creándose nuevas fuentes de trabajo. Y por qué no pensar en atraer un mayor turismo que disfrute de un México limpio a través de proyectos que le devuelvan su esplendor, de esta forma se obtendría un mayor desarrollo económico gracias a políticas sustentables.

El relleno sanitario es una “solución” para los políticos con el propósito de acabar con el problema de la basura, ya que resulta mucho más fácil y barato confinarla que tratarla. En la actualidad, las enormes cantidades de basura generada todos los días están ocasionando que la capacidad de los rellenos sanitarios existentes llegue su límite. Sin embargo, no necesitamos de más espacios para saturarlos de basura, sino de un sistema de reuso, reciclaje y la descomposición de la materia orgánica en digestores, eliminando todos los impactos ambientales y sociales que ésta genera.

**Residuos agrícolas.** En la mayor parte de las cosechas y procesos productivos se generan residuos que ya no tienen ningún valor en el mercado, es decir, no se pueden vender y por lo tanto son considerados como basura; sin embargo, esos desechos tienen un valor energético porque pueden convertirse en biocombustibles como el biogás, bioetanol o biodiesel.

**Biocombustibles de segunda generación.** La iniciativa privada, trabajan desde hace dos años en la exploración e investigación de plantas y aceites vegetales de segunda generación, aquellos no

<sup>352</sup> José L., Arvizu F. y Jorge M., Huacuz V., “Biogás de rellenos sanitarios para producción de electricidad”, [en línea], México, *Boletín IIE*, octubre-diciembre del 2003, Dirección URL: <http://www.iie.org.mx/boletin042003/apli.pdf> [consulta: 10 de noviembre, 2009], p. 120.

consumibles, que pretenden transformarse en biocombustibles para aviones. Cabe señalar que aparte de no competir con la agricultura de alimentos, este tipo de biocombustibles no necesitan grandes cantidades de agua y pueden crecer en tierras poco fértiles.

Aeropuertos y Servicios Auxiliares, quien mantiene el control del suministro de combustible para la aviación mexicana, asume que la intención de las autoridades mexicanas es llegar a ser el principal abastecedor de bioturbosina a Estados Unidos en 2015. El Gobierno es el más interesado en impulsar este tipo de proyectos como parte de sus compromisos internacionales sobre el cuidado del medio ambiente y combate al cambio climático, pero además pretende beneficiarse económicamente de estas nuevas tecnologías.<sup>353</sup>

Nos damos cuenta que un proyecto puede avanzar rápidamente con la intervención del gobierno, ya que es uno de los primeros en apoyar esta investigación para convertirse en el exportador más importante de bioturbosina en Estados Unidos, lo interesante es que las autoridades lo ven como un negocio redondo ya que saldrán beneficiados económicamente; entonces, bajo esta premisa deben trabajarse los proyectos de energía renovable con el objetivo de que al gobierno les resulte conveniente y de esta manera forjar un futuro sostenible.

Diversos estudios señalan que con los biocombustibles para aviones generan un 80% menos emisiones contaminantes que usando turbosina. También se abren posibilidades de crear empleos y recuperar suelos erosionados. En Baja California, Sonora, Tamaulipas, Sinaloa, Chiapas y Yucatán existen cultivos de plantas no comestibles, como la jatropha y la salicornia, que sirven para producir aceites con los que se obtiene la bioturbosina. Sin embargo, México carece de plantas de refinación para procesar los aceites vegetales por lo que se necesitan inversiones de 480 y 720 millones.<sup>354</sup>

Si México desea convertirse en un exportador de bioturbosina, necesita abarcar todo el proceso productivo, sino ya no será un negocio redituable, para ello, requiere de una fuente inversión no sólo del gobierno sino de la iniciativa privada para lograr tal objetivo. Sin embargo, no hay que abusar de los biocombustibles de segunda generación porque tarde o temprano acabaremos con la poca fertilidad de los suelos. Por ello, es necesario crear la tecnología para que los aviones puedan funcionar por medio de otras fuentes de energía que produzcan menos impactos ambientales.

<sup>353</sup> s/a. "México aspira generar más biocombustibles para aviones", [en línea], México, Milenio online, 8 de agosto de 2010, Dirección URL: <http://impreso.milenio.com/node/8812390>, [consulta: 29 de abril, 2011], p.1.

<sup>354</sup> *Ibidem*.

## El biogás en México

En algunas comunidades rurales de México se utilizan biodigestores horizontales tipo “bolsa flexible”, es decir, la materia fecal se deposita en una bolsa de fermentación y el biogás en un tanque de material plástico con capacidad de 3 m<sup>3</sup>. Un biodigestor alimentado con 16 kg de estiércol por día puede producir 1,235 litros de biogás. Mediciones de consumo de biogás muestran que en promedio se requieren de 200 litros diarios para una sola persona. En el sector rural los biodigestores son una excelente opción para disminuir problemas sanitarios, para la obtención de biogás para cocinar y para adquirir biofertilizantes.<sup>355</sup>

La gran demanda de leña para cocinar, calentar agua y como calefacción en la mayor parte de las comunidades rurales, permite deducir que son muy pocos los biodigestores que son utilizados en estos lugares. Sin embargo, nos damos cuenta que los desechos orgánicos generan una gran cantidad de biogás, es decir, aquí si se aplica el lema “se hace más con menos”, a diferencia de los cultivos energéticos para obtener biocombustibles.

Esta tecnología no sería útil para las grandes ciudades, por lo cual, es necesario construir plantas de transformación de biomasa para obtener energía eléctrica, calorífica y combustible para cocinar. Con ellas, quedaríamos libres de aguas negras, de los excrementos de animales que regularmente se encuentran en las calles, de las miles de toneladas de basura orgánica que son generadas todos los días en nuestro país, de los basureros a cielo abierto y rellenos sanitarios, mal olor, enfermedades, plagas y todo lo demás que ocasiona la basura y su confinamiento.

Expertos de la Universidad Nacional Autónoma de México están realizando estudios para acelerar el proceso de digestión anaeróbica a partir de la basura orgánica para la obtención de biogás, por medio de una serie de muestreos en las 13 estaciones de transferencia del Distrito Federal, donde se concentra la basura para ser llevada a los rellenos sanitarios. Aunque el proyecto está en una etapa inicial, es una propuesta novedosa en el ámbito nacional, pues en Europa ya existen plantas que tratan los desechos orgánicos para obtener este combustible.<sup>356</sup>

El hecho de apresurar el proceso de conversión de basura orgánica en biogás es una idea de enormes beneficios ya que se obtendría de una forma rápida sin esperar los procesos normales para su utilización; además, los desperdicios orgánicos desaparecerían rápidamente evitando los problemas relacionados con el confinamiento de este tipo de residuos. Existe un verdadero interés

<sup>355</sup> Omar Masera, *op. cit.*, p. 44.

<sup>356</sup> s/a. “UNAM estudia producir biogás con basura”, [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 30 de marzo de 2010, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/58025.html> [consulta: 30 de marzo, 2010].

por parte de instituciones educativas como la UNAM para que nuestro país dependa cada vez menos de los combustibles fósiles en materia energética.

En el Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores, (FES) Cuautitlán, se construyó un prototipo de biodigestor. El cual se alimenta con una mezcla de estiércol (de cerdo, vaca, gallina, y humano) con agua. Este sistema tiene una durabilidad de 20 años, aunque es necesario cambiar ciertos componentes cada tres y efectuar revisiones periódicas. La tecnología permite generar energía eléctrica a bajos costos, es accesible y fácil de transportar; además reduce las emisiones de GEI.<sup>357</sup>

Este tipo de biodigestor tiene grandes oportunidades en el mercado por ser sumamente barato, otra de las ventajas es que las granjas, ranchos, establos, etc., podrán contar con una tecnología que ayude a deshacerse del estiércol que se produce en grandes cantidades y sobre todo, se logrará mitigar parte de las emisiones de gas metano.

En el momento en que se empiece a obtener biogás para producir energía eléctrica a bajo costo, la Comisión Federal de Electricidad y los Productores Independientes de Energía se darán cuenta de que el biogás producido es un negocio redituable. Nuestro país tiene todo lo necesario para competir con las naciones más desarrolladas como las de la OCDE si es que el gobierno quisiera llevar a cabo una transición energética por medio de una enorme participación de todas las energías renovables técnicamente posibles en el sistema eléctrico mexicano.

**El proyecto de extracción de biogás de un relleno sanitarios en la Cd. de Monterrey.** Nació como un proyecto demostrativo promovido por la Secretaría de Desarrollo Social para la captura y eliminación de las emisiones de metano del relleno sanitario de Salinas Victoria, Nuevo León, donde se desecha la basura de los municipios que colindan con la ciudad de Monterrey. Es el primer proyecto de generación de electricidad con biogás de un relleno sanitario en México y Latinoamérica. Tiene una capacidad de 8 MW y fue inaugurado el 22 de septiembre de 2003.<sup>358</sup>

Es un orgullo que en nuestro país se haya creado la primera planta de generación de energía eléctrica por medio biogás de un relleno sanitario en toda América Latina, pero es lamentable que desde esa fecha no se hayan realizado otros proyectos para explotar el biogás contenido en los rellenos sanitarios del país, y peor aún, todavía éstos siguen siendo la opción más fácil en el manejo de la basura en lugar de crear plantas generadoras de biogás con los residuos orgánicos que desechamos todos los días.

<sup>357</sup> Guadalupe, Lugo. "El biodigestor de Cuautitlán se aplicará en el área rural", *Gaceta UNAM*. No. 4242, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 29 de Abril del 2010, p. 8.

<sup>358</sup> José L. Arvizu F. y Jorge M. Huacuz V., *op. cit.*, p. 122.

A este proyecto se le dio un financiamiento de 5 millones de dólares por parte del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en Inglés) administrado por el Banco Mundial. El organismo que opera el relleno es el Sistema Integral para el Manejo Ecológico y Procesamiento de Desechos (SIMEPRODE) y la empresa Bioeléctrica de Monterrey (consorcio mexicano-inglés-costarricense), quienes formaron una sociedad de autogeneración. Este es un buen ejemplo de lo que puede lograrse en el país.<sup>359</sup>

Una buena forma de que el gobierno se alíe con las empresas, es a través de proyectos de energías renovables porque todos podemos salir beneficiados, la cuestión es no provocar impactos ambientales y sociales de consideración, si esto se cumple cualquier proyecto y asociación habrá valido la pena. Es en este punto en que nos damos cuenta que la participación de capital privado, instituciones educativas y la sociedad en su conjunto son indispensables para nuestra transición, ya el gobierno no podría lograr por él mismo el desarrollo de las energías renovables.

### 3.3.7 Los biocombustibles en México

**Bioetanol.** Nuestro país produce 45 millones de litros al año de bioetanol para la industria química, y de alimentos y bebidas. Sin embargo, se necesitan 164 millones de litros, es decir, se importan más de 100 millones de litros de bioetanol.<sup>360</sup> Nuestro país no utiliza el bioetanol como combustible sino como un elemento esencial para la industria, pero el que se produce no es suficiente ya que se tiene que importar más de la mitad. Lo que se necesita es producir bioetanol de segunda y tercera generación en México para evitar su importación derivada de la transformación de maíz y caña de azúcar.

El Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos de 2008, estableció que “queda prohibido el uso de maíz producido en territorio nacional para la producción de bioenergéticos”, con excepción de los excedentes al cierre de los periodos de cada cosecha. Sin embargo, el cultivo de maíz podrá aprovecharse si se cuenta con permiso previo de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Sagarpa. Es por ello que en Sinaloa, la firma Biocycles, cuenta con 30 mil hectáreas para la siembra de maíz y sorgo, mediante un permiso otorgado por esta Secretaria, con el propósito de producir bioetanol que se destina a México y Estados Unidos.<sup>361</sup>

Esto es una muestra más de la corrupción en nuestro país, ya que aunque las leyes indiquen y marquen una cosa siempre habrá la oportunidad de quebrantarlas sin que nadie haga algo que lo

<sup>359</sup> *Ibidem.*

<sup>360</sup> Omar Masera, *op. cit.*, p. 37-38.

<sup>361</sup> Noé, Cruz Serrano. “Usarán maíz para generar combustible”, [en línea], México, *El Universal.com.mx*, 8 de septiembre del 2008, Dirección URL: <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/66442.html> [consulta: 8 de enero, 2009], p. 1.

impida. El uso de cultivos alimenticios para la producción de biocombustibles debe prohibirse porque provoca la escasez de granos para el consumo humano, permite la tala de árboles para uso de suelo fértil, consumen enormes cantidades de agua y se emiten grandes cantidades de gases de efecto invernadero debido a los químicos utilizados en la agricultura. Esto no logrará forjar un futuro sustentable como el que deseamos.

**Biodiesel.** En nuestro país ya existe la primera planta piloto de biodiesel con fines comerciales desarrollada por el Departamento de Física del Centro de Estudios de Energía del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), en colaboración con la empresa Grupo Energéticos. El biodiesel es elaborado a base de sebo de res, metanol y sosa caústica. La planta tuvo un costo de 1.5 millones de dólares y produce entre 300 y 500 mil litros de biodiesel mensualmente para operar 80 camiones distribuidores de combustible de la empresa. La intención es comercializarlo para el transporte urbano de la Ciudad de Monterrey, ya que la planta puede producir más de 1 millón de litros de biodiesel por mes y su capacidad puede incrementarse. Como el proyecto aprovecha desechos animales, el valor comercial del biodiesel es menor al diesel derivado de petróleo.<sup>362</sup>

México necesita de proyectos como éste, ya que este tipo de residuos orgánicos son la mejor opción para una producción sostenible debido a que no promueven la escasez de alimentos. Monterrey ha sido el pionero en la creación de proyectos que utiliza a la biomasa para producir electricidad y biodiesel. Lo que hace falta es que esta actitud se extienda hacia todos los demás Estados de la República que tengan la oportunidad de aprovechar la grasa animal, el aceite comestible ya utilizado o cualquier residuo orgánico que pueda producir biodiesel.

Los biocombustibles de segunda y tercera generación son los que llaman más la atención porque no compiten con la industria alimenticia y no requieren de grandes cantidades de agua, tal es el caso del aceite que se usa para cocinar y las grasas animales.<sup>363</sup> La investigación de este tipo de biocombustibles debe ser una prioridad para los gobiernos con el propósito de no desperdiciar la más mínima fuente de producción de biodiesel y principalmente para que no se recurra a cultivos energéticos que no puedan tener la característica de ser sustentables. Sin embargo, tenemos que ser realistas, ya que la producción de biocombustibles no es capaz de cubrir la demanda de todo nuestro parque vehicular.

El gobierno mexicano tiene gran variedad de opciones ecológicas para reducir el consumo de gasolina y las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, por ejemplo, la promoción del uso de transportes totalmente limpios como las bicicletas o patines con su correspondiente carril y seguridad. Además

---

<sup>362</sup> Omar Masera, *op. cit.*, p. p. 40.

<sup>363</sup> *Idem.*, p. 38.

de mejorar al 100% el transporte público para que los ciudadanos opten por éste en lugar de su automóvil. Una mejora sería crear paradas establecidas, choferes capacitados, camiones adecuados y cursos de las reglas de vialidad para el ciudadano y conductor. Este transporte puede tener la ventaja de utilizar la mezcla de gasolina con bioetanol de segunda y tercera generación de un 10 a 15%. Otra de las opciones a mediano y largo plazo son los carros eléctricos o los que generen su propia electricidad.

La biomasa tiene grandes beneficios al igual que las demás energías renovables, es por ello que los gobiernos deben explotar al 100% los desperdicios orgánicos ya que tienen un valor energético enorme que sirve para la producción de energía eléctrica, calorífica o biocombustibles, satisfaciendo parte de nuestra demanda energética.

### **3.4 La importancia de una transición energética en el país**

La participación de las energías renovables en el sistema eléctrico mexicano nos ayudará a solventar la escasez de nuestra principal fuente de energía, el petróleo, pues como ya pudimos ver, nuestras reservas probadas están calculadas para unos 10 años aproximadamente.

México depende en gran medida de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía útil, pero al momento de que las reservas probadas de petróleo escaseen, vamos a ejercer una enorme presión en el gas natural y carbón reduciendo sus años de reservas y enfrentando mayores costos, es decir, vamos a depender de combustibles deficitarios y caros. Ahora bien, esto solamente retardará la inevitable transición de energías no renovables a renovables siendo que desde este momento, podemos aprovecharlas.

Cabe reconocer, que nuestro país, no dejará de consumir combustibles fósiles aún cuando utilicemos fuentes de energía renovable porque a través de la historia de los ciclos energéticos, hemos visto que las energías reemplazadas no dejan de utilizarse, pero en menor medida. Sin embargo, las renovables nos ayudarán a reducir las importaciones de estos combustibles para la generación de energía eléctrica, calorífica y combustible (biogás), útiles en todos los sectores y en los hogares de las familias mexicanas. Además, podremos disminuir considerablemente nuestras emisiones de GEI.

Por el contrario, si el gobierno no permite la participación de todas las energías renovables como generadoras de energía, nuestra dependencia hacia los combustibles fósiles será igual o mayor a la actual, donde tendremos que importar petróleo, es decir, en lugar de ser exportadores, seremos importadores de éste y los demás hidrocarburos, destinando mayores recursos económicos para su compra.



Si esperamos a que el petróleo sea cada vez más escaso, el costo de nuestra transición será el doble, ya que no contaremos con el suficiente capital para hacerlo, pues de su venta obtenemos cerca del 40% de los ingresos del país. Por otro lado, también es necesaria la participación de capital privado nacional y extranjero para lograr un cambio tan trascendental como éste. Inclusive, las industrias pueden y deben ser parte del cambio, pues si invierten en las futuras fuentes energéticas seguirán vigentes dentro del mercado nacional. La cuestión es que tengan la visión y la decisión de hacerlo como las empresas a nivel internacional.

### **3.5 Estrategias para una transición energética en México**

La mayoría de los países de la OCDE, así como algunas naciones en vías de desarrollo, han establecido metas para que las energías renovables tengan una mayor participación en sus planes energéticos. Muchos de ellos también han fomentado el desarrollo de industrias que producen tecnología verde, entrando agresivamente en este nuevo mercado. En contraste, México ha permanecido casi inactivo, encontrándose a la zaga de los países más desarrollados. Mientras tanto, la brecha entre México y otros países como China, India y Brasil, se hace cada vez más grande.<sup>364</sup>

Sin ser expertos, nos podemos dar cuenta que México cuenta con una excelente radiación solar, vientos favorables, cuencas hidrológicas, yacimientos geotérmicos y una gran cantidad de biomasa para ser transformada en energía eléctrica, calorífica y como combustible (biogás), es decir, tenemos todo lo necesario en términos de recursos naturales para realizar un cambio de fuentes de energía no renovable a renovable antes de que las reservas probadas de petróleo y gas natural escaseen y tengamos que recurrir a una importación mayor de combustibles fósiles.

El principal obstáculo en el uso de la mayoría de las energías renovables es que su tecnología y el costo por kWh todavía no son competitivos con los combustibles fósiles, lo que nos ayudaría a eliminar esta gran barrera, es la oportuna participación del Estado, instituciones educativas, capital privado y la sociedad en general. Los expertos aseguran que estos problemas no serán un inconveniente cuando la era del petróleo y gas barato llegue a su fin; sin embargo, no podemos esperar hasta que esto suceda porque en lugar de invertir en una transición energética, tendemos que importar petróleo para nuestros procesos productivos y la generación de electricidad.

---

<sup>364</sup> Jorge M. Huacuz, *op. cit.*, p. 43.

A continuación se presentan algunas estrategias para que México pueda realizar su transición energética:

**Subsidios.** Datos del World Energy Outlook 2010, publicado por la Agencia Internacional de Energía, los subsidios, primas e incentivos de producción destinados a los combustibles fósiles sumaron 312,000 millones de dólares en 2009 a nivel mundial, cinco veces la cifra dedicada a las energías renovables. El informe de 2001 del Equipo de Trabajo del G8 sobre Fuentes de Energías Renovables afirma que si se realizara una pequeña reorientación de estos importantes flujos financieros hacia las renovables se crearía una oportunidad para apoyar los objetivos planteados sobre las mismas.<sup>365</sup>

Sabemos que la eliminación total de los subsidios hacia los combustibles fósiles es poco probable en México y en el mundo, pero una parte de estos podría ser dirigida a las energías renovables con el propósito de que su tecnología y costo por kWh bajen de precio y realizar con mayor rapidez una transición de esta magnitud. Los subsidios son vitales para que estas energías ocupen un lugar importante en el sistema energético mexicano, es decir, hay otra opción más para abrirles el camino a estas energías.

La generación de energía de los países en vías de desarrollo como México, se ha caracterizado por la presencia de compañías estatales principalmente, financiando plantas de generación eléctrica alimentadas con combustibles fósiles mediante subvenciones. Mientras que los países desarrollados se mueven hacia una mayor liberación de los mercados eléctricos.<sup>366</sup>

Las subvenciones de los proyectos de energías renovables impulsarán los proyectos que hagan uso de la energía verde, puesto que éstas recibirían el apoyo económico gubernamental. En lo que respecta a la apertura de mercados, la mayoría de la sociedad mexicana se opone a que las compañías extranjeras se apropien de lo que le pertenece al Estado porque los acuerdos a los que el gobierno llega casi siempre benefician a unos cuantos, sin olvidarnos que las leyes mexicanas tendrían que cambiar para permitir la entrada de nuevos productores de electricidad, algo que generalmente es un proceso tardado debido al proceso en la toma de decisiones de México.

Las tecnologías para aprovechar a las energías renovables ya serían competitivas si hubieran recibido la misma atención que otras fuentes en términos de financiación. Pero la preferencia hacia los combustibles fósiles debido a que sostienen gran parte de nuestra economía por ser las fuentes energéticas más importantes a nivel mundial, la riqueza y confianza de unos cuantos, no ha permitido que la mayoría de las energías renovables prosperen. Sin embargo, esto no debería

<sup>365</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 83.

<sup>366</sup> *Ibidem.*

frenar su desarrollo porque podemos continuar con la exportación de petróleo para que parte de los recursos económicos provenientes de su venta se ocupen en la compra de tecnología verde (intercambiar petróleo por energía renovable), además de invertir en I+D para mejorar la tecnología existente.

**Políticas consistentes.** Hay varios casos de estudio en el mundo desarrollado y en desarrollo donde se observa el efecto dañino de políticas interrumpidas sobre energías renovables. En contraste, Alemania aprendió a desarrollar políticas más consistentes, que han sido retribuidas con un notable desarrollo a pesar de haber tenido condiciones ambientales y una economía mundial menos favorables, porque éstas fomentan el crecimiento de la industria nacional y el empleo. Los gobiernos deben de tener un horizonte de planeación más largo que la vida de las personas y los intereses comerciales.<sup>367</sup>

Las políticas consistentes se refieren a que estas deben estar planeadas para el beneficio de las generaciones presentes y futuras, en donde el cambio de poder o partido político no impida que se lleven a cabo y sigan por la misma línea. Estas políticas tienen que ser integrales, de tal forma que favorezcan la economía, la sociedad y el medio ambiente. Muchas veces, esto no es fácil de hacer, sin embargo, es necesario para lograr un desarrollo en todos los sentidos. Nuestro país, se ha caracterizado por carecer de políticas consistentes, fijándose en aquellas que solamente favorecen a unos cuantos en el tiempo que se encuentran en el poder; sin embargo, necesitamos políticas a corto, mediano y largo plazo para que se pueda lograr un cambio significativo en términos energéticos.

Hasta ahora, la experiencia también ha mostrado que no se puede depender de una sola política, es decir, no se puede esperar que el gobierno central lo haga todo por su propia cuenta. Los distintos niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) así como el sector privado, tienen que trabajar conjuntamente, o al menos en una competencia constructiva.<sup>368</sup> Esta estrategia promueve que los niveles estatales y municipales puedan iniciar una transición que provenga de los propios Estados sin esperar un mandato federal. El caso de Monterrey, es un ejemplo de cómo pueden actuar los Estados para depender en menor medida de los combustibles fósiles.

Los permisos y los trámites burocráticos constituyen dos de los problemas más difíciles a los que se enfrentan los proyectos sobre energía renovable en cualquier país.<sup>369</sup> En efecto, se requieren de procesos simplificados para que tales proyectos se autoricen a la brevedad, siendo necesaria la comunicación entre el gobierno y sus dependencias. En México, los trámites burocráticos tardan

---

<sup>367</sup> Dieter Holm D. Arch, *op. cit.*, p. 94

<sup>368</sup> *Ibidem.*

<sup>369</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 84.

meses o años, lo cual es tiempo perdido para el cumplimiento de objetivos en cuanto a las renovables; esto no significa que los estudios sobre impactos ambientales y sociales se minimicen, al contrario, éstos deben cumplir con los estándares más estrictos a nivel mundial.

**Leyes que obliguen el uso de las energías renovables.** Las leyes deben ser claras, precisas y obligatorias para todos con el propósito de tener una transición energética efectiva. Si no existen reglas jurídicas sobre el uso de energías renovables, éstas no podrán obtener el lugar que les corresponde en el sistema energético mexicano. Por ejemplo, en Barcelona, España, se instituyó una ley en la que requiere que todos los edificios nuevos o sujetos a modificación satisfagan el 60% de su consumo de agua caliente con calentadores solares y deban estar electrificados por instalaciones fotovoltaicas.<sup>370</sup>

España es un ejemplo interesante de cómo impulsar a las energías renovables desde cero porque sus leyes han servido para posicionar a esta nación como uno de los mercados más competitivos a nivel mundial en términos renovables. La propuesta es que México estudie y analice todas aquellas reglas jurídicas internacionales en materia de energías renovables con el propósito de crear leyes que se adapten a nuestra realidad, para ello, el gobierno debe rodearse de los expertos en el tema y tomar las mejores decisiones con el propósito de tener una transición lo menos traumática posible en donde no tengamos que padecer las consecuencias de una mayor importación de combustibles fósiles cuando sus reservas probadas comiencen a escasear.

Con el propósito de conseguir un aumento importante de estas energías en el sistema eléctrico mexicano, las metas deben concordar con el potencial (eólico, solar, de biomasa, etc.) de cada región.<sup>371</sup> En efecto, cada zona en particular debe ser analizada por los especialistas para determinar el potencial energético renovable y plantearse objetivos acorde a la realidad. Los mismos tienen que ser a corto, mediano y largo plazo para una transición rápida y ordenada.

Por ejemplo, se puede reglamentar que las renovables se utilicen en un 20% a corto plazo, un 50% a mediano plazo y un 75% a largo plazo en el sistema eléctrico sin contar con la participación de las grandes hidroeléctricas. El gobierno también puede estipular que todas las construcciones nuevas (como el caso de España) cubran el 60% de su consumo de agua caliente mediante calentadores solares. Estas leyes no deben ser solamente para las edificaciones nuevas sino también para las ya existentes.

El uso de las renovables se podría aplicar sin excepción, pero primero se tiene que contar con una tecnología accesible para todos mediante la intervención del gobierno y capital privado; además de

<sup>370</sup> Dieter Holm D. Arch, *op. cit.*, p. 63.

<sup>371</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 82.

la creación de nuevas industrias dedicadas a la producción de tecnología verde como la importación de la misma, creando una mayor cantidad de empleos.

El marco legal en materia de energía, contenido en los Arts. 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, no considera a las energías renovables dentro del conjunto de bienes nacionales como tal; en consecuencia, las leyes secundarias tampoco fomentan su aplicación. Por otro lado, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) obliga a la CFE a utilizar la materia prima de menor costo en el período de vida útil de las centrales de generación, para el suministro del servicio público. Varias de las renovables no pueden competir bajo este criterio con las tecnologías convencionales. De esta forma, la CFE no está obligada a invertir en energías limpias.<sup>372</sup>

La LSPEE coloca a la mayoría de las renovables en total desventaja frente a los combustibles fósiles, la misma puede modificarse si es que realmente se quiere llegar a una transición energética. El gobierno federal debe imponer el uso de todas las energías renovables técnicamente posibles a la CFE, a los PIE, a las compañías constructoras y a los edificios ya edificados para lograr nuestra transición energética antes de la caída de las reservas de petróleo y gas natural.

La Constitución establece que la producción de electricidad para el sector público es competencia del Estado, sin ninguna concesión al respecto, lo cual ha sido motivo de controversia respecto a la constitucionalidad de la ley eléctrica (LSPEE) por las modalidades que ésta establece para la participación del sector privado (PIE). A este respecto, la Constitución Mexicana debe modificarse y adaptarse a la situación actual, sin que ello implique que el Estado pierda el control sobre su sistema eléctrico.<sup>373</sup>

Necesitamos de la participación del sector privado para fomentar a las energías renovables, ya que éste cuenta con el capital necesario para la realización de los proyectos de energías limpias. La CFE requiere de empresas privadas para producir energía eléctrica con el propósito de satisfacer toda la demanda del país. Por tal motivo, la Constitución tiene que estar acorde con las situaciones actuales y de necesidad para los mexicanos.

Dentro de la “reforma energética” planteada por el Poder Ejecutivo en 2008, el Congreso de la Unión aprobó la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; y la Ley de Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Dichas leyes

---

<sup>372</sup> Jorge M. Huacuz, *op. cit.*, p. 47.

<sup>373</sup> Sven Teske, *op. cit.*, p. 43.

requieren de un trabajo más detallado para hacerlas más efectivas y permitir un desarrollo de las renovables.<sup>374</sup>

Estamos en un punto en donde es esencial que se establezcan leyes que obliguen el uso de energías renovables. El Ejecutivo debe, junto con los demás poderes crear leyes precisas, claras y consistentes para que den buenos resultados, estableciendo el terreno propicio para ello, como la creación de una industria que produzca tecnología verde, la compra de la misma, conocer los lugares más propicios para construir plantas que exploten estas energías, aceptación por parte de la sociedad mexicana, etc. Nuestro actual presidente, Felipe Calderón Hinojosa, está consciente de que es necesaria una transición energética, pero desgraciadamente no ha sido una de sus prioridades hasta el momento.

En este contexto, el sistema bancario nacional tampoco cuenta con mecanismos para financiar inversiones en energías renovables.<sup>375</sup> El gobierno debe ampliar el margen de acción de la banca nacional para que se otorguen créditos a los proyectos sobre energía verde, sin él será muy difícil tener el presupuesto necesario y no lograremos una transición oportuna.

El Programa Sectorial de Energía 2007-2012 retoma los objetivos y estrategias del Plan Nacional de Desarrollo proponiendo lo siguiente:

- a) Equilibrar las fuentes primarias de energía, aumentando durante la presente administración pública federal la participación de las energías renovables en la generación de energía eléctrica de 23 a 26%. Cabe mencionar que este indicador contempla proyectos hidroeléctricos de más de 30 MW anuales.<sup>376</sup> La participación de las energías renovables y no renovables en el sistema eléctrico mexicano no podrá equilibrarse porque tan sólo la hidráulica, la geotérmica y la eólica tuvieron una participación del 29.6% en 2008 y el 22.2% en 2009. No es posible que se estén aprovechando de las grandes centrales hidráulicas para llegar a sus objetivos. Por otro lado, nos damos cuenta que estas políticas no están planeadas a futuro ya que esto solamente es efectivo para la presente administración.
- b) Fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y biocombustibles técnica, económica, ambiental y socialmente posibles.<sup>377</sup> La viabilidad técnica no es una opción para nosotros, ya que en la mayoría de los casos no contamos con un desarrollo tecnológico adecuado; en cuanto a lo económico se sabe bien que si no existen fondos ni

---

<sup>374</sup> *Ibidem.*

<sup>375</sup> Jorge M. Huacuz, *op. cit.*, p. 47.

<sup>376</sup> Claudio Alatorre, *op. cit.*, p. 11.

<sup>377</sup> *Ibidem.*

los subsidios suficientes, la mayor parte de los proyectos sobre las renovables no serán factibles; la viabilidad ambiental es un requisito indispensable para impulsar el uso de este tipo de energías, sino se cumple no lograremos un futuro sostenible; y en cuanto a lo social, tenemos que evitar los errores de la construcción del parque eólico La Venta II para que la sociedad vea a las renovables como acciones positivas que ayudarán impulsar parte de nuestro desarrollo sin provocar graves impactos al medio ambiente.

- c) El tercer objetivo consiste en bajar el número de emisiones de GEI de 28 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> de 2006 a 14 millones de toneladas en 2012.<sup>378</sup> Es decir, se planea una reducción del 50%, algo sumamente positivo, pero muy poco probable de alcanzar si el sistema eléctrico mexicano no es llevado, en su mayoría, por fuentes energéticas renovables.

Se necesita que la Secretaría de Energía (SENER) establezca metas mucho más ambiciosas que sirvan para el aprovechamiento real de las fuentes de energías renovables.<sup>379</sup> Las leyes mexicanas no deben tolerar que la producción de energía eléctrica contribuya con el cambio climático, ni todos los demás sectores económicos, para ello deben impulsar normas que obliguen a todos éstos a utilizar fuentes de energía verde. Además, estas medidas pueden ponerle fin a la dependencia de los combustibles fósiles en este importante sector.

**Investigación y Desarrollo (I+D).** Es necesario impulsar el desarrollo tecnológico nacional, adecuar los avances internacionales en la materia, y promover la incorporación de éstos en los sistemas energéticos nacionales. Lo cual implica, entre otras cosas, establecer especificaciones técnicas que aseguren la calidad y el rendimiento de dichos sistemas, contar con personal capacitado para el diseño, instalación y mantenimiento de los mismos, y promover empresas que den servicio en todo el territorio. De esta manera la tecnología local avanzará y podrá competir en los mercados internacionales.<sup>380</sup>

La transición energética requiere de la tecnología nacional y la extranjera para el aprovechamiento de las energías renovables. Es necesario que sepamos qué tecnología podemos desarrollar y cuál tendremos que comprar para lograr una transición energética rápida, ya que los años de atraso tecnológico no nos permiten rebasar algunos de los diseños ya existentes. La combinación de ambas logrará el éxito de un cambio tan trascendental como éste.

<sup>378</sup> *Ibidem.*

<sup>379</sup> Sven Teske, *op. cit.*, p. 43.

<sup>380</sup> CONUEE, *op. cit.*, p. 12.

En la actualidad, los países en desarrollo generalmente no son fuertes en I+D, habiendo una gran tendencia en depender de las tecnologías, patentes y experiencias del exterior. Un paso es aumentar el presupuesto para la I+D de estas tecnologías. La transformación del mercado chino de calentamiento solar de agua con tecnologías de tubos traídos de Alemania, también muestra cómo las alianzas de I+D pueden llevar a éxitos definitivos.<sup>381</sup>

El éxito de estos países es por el apoyo de sus gobiernos y la iniciativa privada. México también tiene la capacidad de producir tecnología verde dentro de los institutos, escuelas, centros de investigación etc., (que ya se hace, pero muy limitadamente). Sin embargo, con un mayor apoyo del Estado y del sector privado, este tipo de desarrollo sería mucho más beneficioso y en un tiempo muy corto.

Debido a la escasez de reservas probadas de petróleo mexicano y los peligros del cambio climático, nuestra transición energética tiene carácter urgente, por ello se tendrá que recurrir a la importación de tecnología verde. Cuando ya contemos con empresas que se dediquen a la producción de estos sistemas, la combinación de la tecnología autóctona con la extranjera será nuestra mejor opción.

En México hay muy pocas instituciones y recursos dedicados tanto a la I+D como a la formación de recursos humanos en el área de energías renovables.<sup>382</sup> El Estado y las instituciones de educación superior deben crear más institutos, centros de investigación e incluso carreras y posgrados sobre energías renovables, medio ambiente y desarrollo sustentable. Este tipo de especialistas son indispensables para poner a México a la altura de los países de la OCDE en esta materia, y para orientar nuestra transición.

Una carrera global hacia la energía renovable ya ha comenzado. Algunas naciones y varias corporaciones internacionales se están posicionando para sacar provecho de la inevitable transición y de las nuevas tecnologías no contaminantes. No hay tiempo que perder, ya que la producción pico de petróleo ocurrirá en este siglo. Y entre más se retrase la transición, más dolorosa será.<sup>383</sup>

En efecto, la transición energética es inevitable, por ello es imprescindible que nuestro país ya empiece con una estrategia real para disminuir la dependencia hacia el petróleo. Países desarrollados como los de la UE, Estados Unidos, Japón o China, poseen empresas que no solamente producen tecnología verde, sino que también se encargan de la construcción y control

---

<sup>381</sup> Dieter Holm D. Arch, *op. cit.*, p. 82.

<sup>382</sup> Omar Masera, *op. cit.*, p. 84.

<sup>383</sup> Dieter Holm D. Arch, *op. cit.*, p.18.



de las plantas, es decir, este negocio comienza a abarcar todas las áreas para ser el doble de redituable. México tiene que darse cuenta que la venta de este tipo de tecnología junto con el comercio de electricidad verde, serán igual o más provecho que la exportación de petróleo.

**Proyectos en materia de energía renovable.** Por un lado, el gobierno mexicano debe optar por el financiamiento de grandes proyectos comerciales de energías renovables, que impliquen un mayor capital, más allá de algunos proyectos piloto. Pero, por el otro, no existe experiencia en el desarrollo de proyectos de generación eléctrica con la mayoría de las energías renovables.<sup>384</sup>

Las plantas piloto nos dan el conocimiento necesario para aprovechar a las energías del sol (proveedores, costos, capacidad, mantenimiento, etc.), pero estas plantas deben desarrollarse a corto plazo, para que después demos el salto a los grandes proyectos comerciales que podrán proveer de energía eléctrica a todo el territorio nacional. No hay duda de que nuestro país posee un gran potencial en energías renovables, no se puede decir lo mismo de los Estados europeos y, sin embargo, nos llevan una ventaja enorme.

Los recursos energéticos renovables son abundantes en nuestro país. Sin embargo, la disponibilidad de información detallada para determinar cuáles son los lugares más convenientes para construir plantas eléctricas de energía renovable se encuentra muy limitada, y la que hay disponible, por lo general no es lo suficientemente buena. Una vez obtenida la información, es necesario mejorar las bases de datos, ampliar la cobertura de las estaciones de medición, y afinar los modelos de predicción para facilitar el desarrollo de proyectos comerciales.<sup>385</sup>

La información sobre el potencial de energías renovables es primordial para llevar a cabo este tipo de proyectos. Tenemos que saber a ciencia cierta los lugares más convenientes, para aprovechar al máximo las energías del Sol y no tener pérdidas económicas. La única solución es invertir en tecnología de punta para adquirir una información confiable, de esta forma se hace indispensable el apoyo gubernamental hacia las instituciones educativas y centros de investigación.

**Difusión y manejo de información.** Los subsidios, tecnología, capital, experiencia y políticas gubernamentales no son suficientes si falta la consciencia de los usuarios, la cual debe de llevarse a cabo con acciones de promoción del uso de las energías renovables mediante los gobiernos, ONG's y la industria. Alemania tiene menos radiación solar que Francia y menos recursos eólicos que el Reino Unido. Pero su aplicación de las energías renovables es mucho mayor, debido a la consciencia general de la población alemana.<sup>386</sup>

<sup>384</sup> Jorge M. Huacuz, *op. cit.*, p. 47.

<sup>385</sup> Dieter Holm D. Arch, *op. cit.*, p. 68.

<sup>386</sup> *Ibidem.*

El éxito de cualquier toma de decisión se encuentra en el apoyo de la gente, y éste solamente se tiene logrando una concientización en la ciudadanía de los beneficios, económicos, sociales y ambientales de las energías renovables. Esto se puede lograr con el apoyo de los medios de comunicación (televisión, radio, periódicos, internet, redes sociales, etc.); para las comunidades que no cuentan con estos instrumentos, será necesario que gente capacitada les explique el tipo de impactos que se tendrán en cada uno de los proyectos que afecten su mundo. Sin embargo, no podemos permitir que nada ni nadie perjudique la vida de las comunidades porque no lograríamos forjar un futuro sustentable, y lo único que provocaría es el rechazo hacia las energías limpias.

**Derecho Social y Ambiental.** En cualquier proyecto de energías renovables deben respetarse los derechos de los pueblos indígenas ya que tienen el derecho a decidir sobre su propio desarrollo, en tanto éste afecte sus vidas, creencias y costumbres. Es decir, tendrán que participar en la formulación, aplicación y evaluación de los planes y programas de desarrollo regional y nacional que pueden afectarles directamente.<sup>387</sup>

La mejor forma de convencer a los pueblos indígenas y campesinos para el uso debido de las renovables, es hablarse con honestidad, informándoles cuáles son las ventajas económicas, sociales y ambientales respetando sus derechos. Hacerlos partícipes en los proyectos es una obligación porque podemos alterar su mundo; además, poseen grandes conocimientos sobre el clima, los ríos, biomasa, etc., por tener un contacto más cercano con la naturaleza, cosa que la mejor tecnología de punta no lo podría hacer. El respeto debe estar presente en todo momento.

El desarrollo de proyectos de energías renovables debe cuidar los aspectos ambientales por medio de programas gubernamentales de ordenamiento ecológico integral.<sup>388</sup> Una transición energética debe ser vista de forma integral y con una visión hacia el futuro para nuestro beneficio y el de las próximas generaciones donde cada proyecto tome en cuenta cualquier impacto ambiental negativo para que los ecosistemas sean afectados lo menos posible y lograr un desarrollo sustentable.

La realidad es que en nuestro país, la cuestión ambiental no es de gran importancia para nuestros políticos ni por la mayoría de la gente, permitiendo que nuestros recursos naturales sean afectados por la toma de decisiones y por la falta de cultura ambiental de la sociedad. Por ello, el derecho ambiental debe tener la importancia que se merece.

**El que contamina paga.** El coste real de la producción de energía por medios convencionales debe incluir los impactos en la sociedad (salud); el medio ambiente (la degradación ambiental a nivel local y regional); y los impactos negativos a nivel mundial (cambio climático). La producción

<sup>387</sup> Sven Teske, *op. cit.*, p. 43.

<sup>388</sup> *Ibidem.*

de energía eléctrica no debería contaminar y es responsabilidad de las compañías y del gobierno evitarlo. Si contaminan, deben pagar una cantidad igual al daño provocado, aunque resulta muy difícil cuantificar los impactos medioambientales.<sup>389</sup> Si se incluyeran todos estos perjuicios, la energía eléctrica proveniente de combustibles fósiles no sería tan barata como lo es en la actualidad.

Si el gobierno mexicano decide crear políticas que obliguen el uso de energías renovables, también debería imponer sanciones cuando no sean cumplidas como: pagar una cuota alta y “remediar” el daño que se ha causado. De esta forma muchas industrias tratarían de contaminar lo menos posible. El monto acumulado serviría para crear un fondo con el propósito de impulsar los proyectos de energía verde. Si la preocupación del gobierno mexicano es la cuestión económica, esta sería una buena medida para obtener más recursos.

**Ahorro energético.** Sin importar que la energía eléctrica provenga de energías renovables, tendremos que ahorrarla al máximo, no porque las renovables no contaminen, sino porque no podemos continuar con el despilfarro de energía. Esta en nosotros en apagar la luz o desconectar los aparatos eléctricos cuando ya no los ocupemos, simplemente por sentido común y por la responsabilidad que tenemos con nuestro medio ambiente y las futuras generaciones. Este tipo de acciones también nos haría ahorrar bastante dinero en el pago de la luz.

Para ahorrar energía eléctrica necesitamos mejorar el rendimiento de cualquier producto que requiera estar conectado a la corriente, que en ocasiones consumen el doble de lo razonable, debido a que se han fabricado pensando en su venta y sin tener en cuenta su consumo eléctrico buscando atraer al comprador con un gran número de programas y con procesos sofisticados.<sup>390</sup> Las empresas también tienen que ser partícipes en esta transición, para ello deberán crear aparatos inteligentes en ahorro de energía eléctrica. Las invenciones más eficientes serán las tecnologías del futuro, por ello las compañías tendrán que remplazar sus modelos y cambiarlos por otros que consuman poca electricidad con una calidad igual o mayor.

El hecho de producir energía eléctrica por medio de las renovables, no significa que la podemos despilfarrar porque de ahora en adelante, el ahorro debe de estar presente en nuestras vidas. Esto no será una tarea fácil para una sociedad como la nuestra ya que estamos acostumbrados a desperdiciarla, pero la educación, una mayor consciencia y leyes más estrictas lo harán.

---

<sup>389</sup> EREC y Greenpeace International, *op. cit.*, p. 83.

<sup>390</sup> Fernando Marín, *op. cit.*, p. 41.

## Conclusiones

La futura escasez de los combustibles fósiles se debe a que nunca ha existido un suministro energético diversificado, donde éstos y las energías renovables participen de forma equilibrada; en lugar de ello, optamos por el uso irracional de las fuentes de energía fósil provocando la disminución en sus reservas probadas en este siglo y a más tardar el siguiente, donde el petróleo será el primero en escasear, seguido del gas natural y, por último, el carbón. Mientras que el uranio tendrá el mismo destino que los combustibles fósiles.

Uno de los primeros efectos de la escasez de las reservas probadas de petróleo a nivel mundial, es que los países ejercerán una enorme presión sobre las reservas de gas natural y carbón, reduciéndolas y por ende, sus precios se elevarán. Aunado a esto, los expertos prevén el aumento de la población mundial, que no solamente exigirá mayores cantidades de energía sino también de recursos naturales; además, la demanda energética de los países desarrollados y en vías de desarrollo seguirá incrementándose por alcanzar una mayor industrialización. Por último, el cambio climático es una realidad que está afectando la vida en la Tierra.

Todos estos motivos, han permitido que el mundo desarrollado y países como China e India estén dando paso a uno de los cambios más importantes a nivel mundial: la transición energética mundial del siglo XXI, es decir, el cambio de fuentes de energía no renovable a renovable. Su principal objetivo es generar energía eléctrica a precios competitivos para disminuir el uso de combustibles fósiles en la producción de energía eléctrica y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por este sector, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. Tales ventajas también pueden extenderse a todos aquellos procesos productivos que requieran de energía calorífica y biogás.

Es verdad, que los GEI disminuirán debido a la generación de electricidad verde, pero el peligro del cambio climático seguirá latente si los demás sectores no se suman a este cambio. La industria puede y debe contribuir a este enorme esfuerzo generando parte o toda la energía eléctrica y calorífica que consume mediante el uso de energías renovables; sabemos que esto implica grandes inversiones, pero es preferible a tener que costear la energía proveniente de los combustibles fósiles cuando sean caros y comiencen a escasear.

El valor más significativo de casi todas las fuentes de energía renovable es que no emiten ningún tipo de residuo o gases contaminantes a la atmósfera. Las elevadas concentraciones de gases de efecto invernadero originadas por las actividades humanas continuarán por muchos siglos, no importando lo que hagamos. Sin embargo, la magnitud y rapidez del cambio climático dependerán

de las acciones que se tomen para reducir la acumulación de CO<sub>2</sub> y el resto de los GEI a la atmósfera.

La ventaja económica más importante es que los rayos del sol, el viento, el agua, la energía geotérmica y los residuos de biomasa se pueden explotar sin ningún costo, pero siempre debemos tener cuidado de no provocar graves impactos ambientales al hacerlo; la ventaja social, es que son nuestra mejor opción para forjar un futuro sustentable; y la ventaja política consiste en que los gobiernos pueden disminuir su dependencia hacia los combustibles fósiles.

El mayor problema que presentan casi todas las energías del Sol, es que la tecnología usada para la producción de electricidad sigue siendo costosa, razón por la cual, el precio por kWh es más alto que el que se obtiene por medio de energías convencionales. Es lógico que se presenten este tipo de inconvenientes ya que todavía no se ha logrado su demanda a escala mundial; sin embargo, el reto puede superarse con un mayor apoyo económico para crear diseños y procesos de fabricación más simples y en serie. Cabe mencionar que la producción de electricidad por medio de la energía eólica terrestre y la geotérmica, ya es rentable.

La tendencia principal en esta transición energética es que los mismos países que han invertido en la I+D de tecnología verde como Alemania, Estados Unidos, España, Japón e incluso China, entre otros, se han convertido en grandes exportadores de ésta, y han extendido su influencia más allá de la producción, porque sus compañías también se encargan de la instalación y parte del control de las centrales eléctricas, compitiendo unas con otras para conseguir los mejores proyectos alrededor del mundo y adueñarse del mercado.

Otra faceta de la transición energética mundial del siglo XXI, es la inversión de los países desarrollados en regiones pertenecientes al mundo en desarrollo, pues son ellos quienes tienen las condiciones geográficas más favorables para la producción de mayores cantidades de electricidad y sabiendo que estas zonas no consumen tanta energía, pueden vender la sobrante a sus países vecinos. Se pensaría que es una nueva forma de explotación de los recursos, pero la verdad es que las naciones se beneficiarán, ya que mientras unos ponen el capital otros ponen su territorio; desde luego que los gobiernos tienen que crear acuerdos que convengan a todos por igual.

Lo que también debemos considerar es que cuando los colectores solares, turbinas eólicas y demás sistemas terminen su ciclo de vida, va a existir un número considerable de desechos generados por las energías renovables; es por ello que las industrias encargadas de la producción de estas tecnologías deben pensar en el uso de materiales que puedan reutilizarse o reciclarse. Mientras tanto, ya deberíamos analizar la idea de crear empresas que se dediquen a hacer esta gran tarea.

Otra de las conclusiones a las que llegué, es que los combustibles fósiles no dejarán de utilizarse hasta su total agotamiento porque sus usos se han extendido por todos los sectores económicos y nuestra dependencia hacia ellos no se acabará hasta que ya no puedan soportar más la demanda energética mundial. La diferencia será que podrán compartir el suministro energético con las fuentes de energía renovable.

México es un país productor y exportador de petróleo; pero sus reservas probadas están calculadas para unos 10 años más. La lógica sería iniciar nuestra transición energética lo más pronto posible; sin embargo, nos encontramos muy atrasados al respecto debido a que no es un tema de importancia para la presente administración; los políticos suponen que el uso de energías renovables va a perjudicar a las cúpulas de poder que fueron y siguen siendo enriquecidas por las ventas del petróleo mexicano; y por último, su falta de visión política pone de pretexto que en estos momentos es muy caro realizar este cambio y lo mejor es esperar.

Sin embargo, el cambio de energías no renovables a renovables debe realizarse mientras seamos un Estado petrolero porque sus ventas nos proporcionarán parte de los recursos económicos para invertir en la compra y desarrollo de tecnología verde. Aunque el uso de los combustibles fósiles sean los principales causantes del incremento del efecto invernadero, tendrán que ser partícipes de nuestra transición. A decir verdad, el cambio de fuentes energéticas debería ser más fácil para nosotros, ya que contamos con petróleo y todavía no dependemos de sus importaciones, ventaja que no todos los países poseen.

Las empresas e industrias del país pueden y deben aprovechar esta transición invirtiendo en las energías renovables para prolongar su posición estratégica, puesto que un cambio tardío les generará mayores problemas económicos, que los pueden llevar al cierre de sus negocios por el hecho de estar dependiendo de energías que en poco tiempo serán caras y escasas.

Una de las posibles soluciones para evitar la importación del combustible utilizado en el sector transporte (gasolina, diesel, y otros), es que el gobierno mejore el uso del transporte público impulsado por electricidad; además del uso de bicicletas, patines, patinetas, etc. El transporte impulsado por motores de combustión interna deberá utilizar gasolina o diesel con una mezcla de biocombustibles de segunda y tercera generación; sin embargo, no queda ninguna duda que conforme pase el tiempo, estos motores serán reemplazados debido a la escasez nacional y mundial de petróleo. Así que los carros eléctricos y, más tarde, los que generen su propia electricidad, serán los que dominen el mercado mundial por mucho tiempo.

Se concluye que el uso de energías renovables no logrará evitar la importación de petróleo, gas natural y carbón cuando nuestras reservas probadas se agoten; sin embargo, sí lograrán reducir el

uso de estos combustibles en la producción de energía eléctrica, calorífica y combustible (biogás), es decir, podemos hacer que la línea de dependencia hacia las fuentes de energía no renovable, sea cada vez más delgada. Sin olvidar que con ello disminuiríamos la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

A nivel político, los tres tipos de gobierno (federal, estatal y municipal) deben desarrollar políticas que obliguen el uso adecuado de energías renovables como generadoras de electricidad, calor y biogás. Aunque el gobierno federal todavía no tiene la visión de utilizar a las energías renovables como productoras mayoritarias de energía, los Estados y municipios pueden iniciar su transición de afuera hacia dentro, es decir, que el cambio provenga de los propios Estados sin la necesidad de esperar a que el gobierno central decida hacerlo. Esta iniciativa podrá cambiar el destino y futuro de nuestro país.

En una transición energética es imprescindible el desarrollo tecnológico, para ello, los gobiernos tendrán que apoyar económicamente a las instituciones educativas junto con los institutos de investigación para crear y mejorar tecnología como biodigestores o celdas FV para automóviles; si esto sucede nos convertiremos en creadores y exportadores de tecnología verde y barata hacia los mercados vecinos. Sin embargo, para que ya iniciemos nuestra propia transición se tendrá que recurrir a la compra de tecnología porque los años de atraso tecnológico no nos permitirían superar en tan poco tiempo la capacidad de los sistemas actuales de los países más desarrollados.

Una de las claves para realizar esta transición es la unión entre el gobierno, el capital privado, instituciones educativas y la sociedad en general con el propósito de lograr una transición rápida, humana, diversificada y sustentable. Rápida para que durante el tiempo que contemos con reservas probadas de petróleo tengamos los recursos necesarios para comprar y desarrollar tecnología con el propósito de producir energía eléctrica, calorífica y biogás. Un sistema energético más humano significa que no debe fomentar la pobreza, el hambre, enfermedades y la desigualdad. Una transición diversificada es utilizar todas las energías renovables en el sistema eléctrico mexicano y en el suministro de energía primaria para abastecer nuestra demanda energética. Por último, tiene que ser sustentable porque cualquier política o decisión debe beneficiar a las generaciones presentes y futuras.

La propuesta es diversificar nuestro el sistema eléctrico mexicano y el suministro de fuentes de energía en donde las renovables tengan una participación importante y poco a poco, los combustibles fósiles sean utilizados para cosas muy específicas e indispensables. Nuestro país debe ser consciente de que estas fuentes de energía ya no podrán sostener nuestra demanda energética futura, es por ello que se deben impulsar todas las energías renovables técnicamente posibles y contribuir firmemente en la lucha contra el cambio climático.



## Bibliografía

Alatorre Frenk, Claudio. Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México. Secretaría de Energía, México, 2009, 70 pp.

Arellano Gómez, Víctor M.; Iglesias Rodríguez, Eduardo y García Gutiérrez, Alfonso. “La energía geotérmica: una opción tecnológica y económicamente madura”, [en línea], p. 102-114, México, *Boletín IIE*, julio-septiembre del 2008, Dirección URL: <http://www.iie.org.mx/boletin032008/tendencias.pdf> [consulta: 8 de diciembre, 2009].

Arvizu F., José L. y Huacuz V., Jorge M. “Biogás de rellenos sanitarios para producción de electricidad”, [en línea], p. 118-123, México, *Boletín IIE*, octubre-diciembre del 2003, Dirección URL: <http://www.iie.org.mx/boletin042003/apli.pdf> [consulta: 10 de noviembre, 2009].

Asociación Geotérmica Mexicana, [en línea], México, Asociación Geotérmica Mexicana, 12 de abril del 2011, Dirección URL: [http://www.geotermia.org.mx/geotermia/?page\\_id=112](http://www.geotermia.org.mx/geotermia/?page_id=112) [consulta: 12 de abril del 2011].

Bullón Miró, Fernando. *El mundo ante el cenit del petróleo*, [en línea], 20 pp., Madrid, Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos, (AEREN), octubre de 2005, Dirección URL: [http://www.nodo50.org/ermualibertario/pdf/El\\_mundo\\_ante\\_el\\_cenit\\_del\\_petroleo.pdf](http://www.nodo50.org/ermualibertario/pdf/El_mundo_ante_el_cenit_del_petroleo.pdf) [consulta: 4 de abril, 2011].

Carless, Jennifer. Energía Renovable. Guía de alternativas ecológicas. Traduc. Laura D. Garibay Bellono, Edamex S.A. de C.V., México, 1995, 256 pp.

Cadenas Tovar, Roberto. “Central Eoloeléctrica La Venta II”, [en línea], 1-12 pp., México, *Revista Digital Universitaria*, vol. 8, núm. 12, diciembre del 2007, Dirección URL: [http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art90/dic\\_art90.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art90/dic_art90.pdf) [consulta: 12 de noviembre, 2009].

CFE. *Informe Anual 2009*, [en línea], México, Comisión Federal de Electricidad, 2009, Dirección URL: [http://app.cfe.gob.mx/Informeanual2009/index2\\_2009v1.html](http://app.cfe.gob.mx/Informeanual2009/index2_2009v1.html) [consulta: 12 de abril, 2011].

Consejo Europeo de Energías Renovables (EREC) y Greenpeace International. *[R]evolución Energética. Perspectiva mundial de la energía renovable*, [en línea], 96 pp., Alemania, Greenpeace International, enero de 2007, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/r-evoluci-n-energetica-global.pdf> [consulta: 24 de noviembre, 2009].

CONUEE. *Las energías renovables en México y el mundo*, [en línea], 14 pp., México, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Dirección URL: <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7157/1/Semblanza09.pdf> [consulta: 5 de noviembre, 2009].

Cotter, Janet y Reyes, Tirado. *Políticas sobre bioenergía*, [en línea], 7 pp., México, Greenpeace México, octubre del 2007, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/criterios-para-bioenerg-a.pdf> [consulta: 30 de mayo, 2010].

D. Arch, Dieter Holm. *Un futuro para el mundo en desarrollo basada en las fuentes renovables de energía*, [en línea], 103 pp., s/lugar de edición, Sociedad Internacional de Energía Solar, Dirección URL: <http://whitepaper.ises.org> [consulta: 5 de diciembre, 2009].

Darmayan, Ph, “La economía de la oferta y la demanda del uranio”, [en línea], 7 pp., s/lugar de publicación, OIEA Boletín, Vol. 23, núm. 2, s/fecha, Dirección URL:



[http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull232/Spanish/23204890307\\_es.pdf](http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull232/Spanish/23204890307_es.pdf)

[consulta: 4 de abril, 2011].

De Buen, Odón. R. *¿Por qué en México los calentadores solares no son tan comunes como deberían?*, [en línea], 5 pp., México, Funtener, Dirección URL: <http://www.funtener.org/pdfs/calentasolar.pdf> [consulta: 3 de marzo, 2010].

Foro Nuclear. *El uranio como fuente de energía*, [en línea], 22 pp., Madrid, Foro Nuclear, julio 2008, Dirección URL: <http://www.foronuclear.org/pdf/monograficos/uranio.pdf> [consulta: 4 de abril, 2011].

Gaceta UNAM. "El horno solar, único en su tipo en Iberoamérica", [en línea], *Gaceta UNAM*, No. 4,322, Universidad Nacional Autónoma de México, 22 de marzo del 2011.

Greenpeace México. *Energía limpia sin límites*, [en línea], 8 pp., México, Greenpeace México, junio del 2008, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/energ-a-limpia-sin-l-mites.pdf> [consulta: 30 de mayo, 2009].

Greenpeace México. *Calentadores solares: energía renovable en tu hogar*, [en línea], 19 pp., México, Greenpeace México, junio del 2005, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/calentadores-solares-energ-a.pdf> [consulta: 12 de noviembre, 2009].

Greenpeace México. *[R]evolución energética: perspectiva mundial de la energía renovable*, [en línea], 6 pp., México, Greenpeace México, noviembre del 2008, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/r-evoluci-n-energetica-persp> [consulta: 30 de mayo, 2009].

Guillen Solis, Omar. *Energías renovables: una perspectiva ingenieril*. Trillas, México, 2004, 128 pp.

Gutiérrez, Jorge. *Aprovechamiento de los desechos sólidos municipales para la generación de Energía Eléctrica*, [en línea], 37 pp., México, Sistemas de Energía Internacional S.A. de C.V., octubre del 2002, Dirección URL: <http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7116/1/jorgegutierrez.pdf> [consulta: 10 de noviembre, 2009].

Hernández García, Luis Manuel. "Energía, energía fotovoltaica y celdas solares de alta eficiencia", [en línea], p. 1-13, México, *Revista Digital Universitaria*, vol. 8, núm. 12, diciembre del 2007, Dirección URL: [http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art89/Dic\\_art89.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art89/Dic_art89.pdf) [consulta: 12 de noviembre, 2009].

Huacuz Villamar, Jorge M. "¿Qué ofrecen las energías renovables para el suministro nacional?", [en línea], p. 43-50, México, Boletín IIE, abril-junio del 2008, Dirección URL: <http://www.iie.org.mx/boletin022008/divulga.pdf> [consulta: 8 de diciembre, 2009].

IEA. *Key World Energy Statistics*, [en línea], 82 pp., París, International Energy Agency, 2010. Dirección URL: [http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key\\_stats\\_2010.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf) [consulta: 3 de abril, 2011].

IEA. *World Energy Outlook 2010*, Resumen Ejecutivo, [en línea], 17 pp., París, International Energy Agency, 2010, Dirección URL: [http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010\\_es\\_spanish.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010_es_spanish.pdf) [consulta: 11 de abril, 2011].

Jesús Fernández, Hugo Lucas y Ballesteros, Mercedes. *Energías renovables para todos. Biocarburentes*, [en línea], 20 pp., Madrid, Iberdrola, s/fecha, Dirección URL: [http://www.energias-renovables.com/Productos/pdf/cuaderno\\_BIOCARBURANTES.pdf](http://www.energias-renovables.com/Productos/pdf/cuaderno_BIOCARBURANTES.pdf) [consulta: 6 de Octubre, 2009].

Jesús Hernández, Ana. *Temas Ecológicos de Incidencia Social*. Narcea, Madrid, 1987, 158 pp.

Juste Ruiz, José. *Derecho Internacional del Medio Ambiente*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, 1999, 479 pp.

Lucena Bonny, Antonio. *Energías alternativas y tradicionales. Sus problemas ambientales*. Talasa, Madrid, 1998, 127 pp.

Lugo, Guadalupe. "El biodigestor de Cuautitlán se aplicará en el área rural", *Gaceta UNAM*. No. 4242, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 29 de Abril del 2010, 35 pp.

Marín Alonso, Fernando. *Energía*. Alhambra, Madrid, 1982, 45 pp.

Masera Cerutti, Omar (Coordinador). *La bioenergía en México. Un catalizador del desarrollo sustentable*. Mundi-Prensa México, México, 2006, 119 pp.

Maya González, Raúl y Gutiérrez Negrín, Luis. "Recursos geotérmicos para generar electricidad en México", [en línea], p. 1-13, México, *Revista Digital Universitaria*, vol. 8, núm. 12, diciembre de 2007, Dirección URL: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art91/int91.htm> [consulta: 12 de noviembre, 2009].

Mosquera Martínez, Pepa y Merino Ruesga, Luis. *Empresa y Energías Renovables. Lo que su empresa debe saber sobre energías renovables, eficiencia energética y Kioto*. Fundación Confemetal. Madrid, 2006, 295 pp.

Pardo Abad, Carlos J. *Las Fuentes de Energía*. Síntesis, Madrid, 1993, 253 pp.

PEMEX. Reservas probadas de hidrocarburos al 1 de enero de 2010, [en línea], 24 pp., México, Petróleos Mexicanos, 19 de marzo de 2010, Dirección URL: [http://www.ri.pemex.com/files/content/Reservas\\_2009\\_e\\_101213.pdf](http://www.ri.pemex.com/files/content/Reservas_2009_e_101213.pdf), [consulta: 25 de abril, 2011].

Pep Puig, Marta Jofra. *Energías renovables para todos*. Haya Comunicación, España, 2008, 19 pp.

Ren21. *Global Status Report , Renewables 2010*, [en línea], 79 pp., París, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2010, Dirección URL: [http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21\\_GSR\\_2010\\_full\\_revised%20Sept2010.pdf](http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR_2010_full_revised%20Sept2010.pdf) [consulta: 13 de abril, 2011].

Rodríguez, Bárbara Angélica. *Sistemas Fotovoltaicos*, [en línea], México, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Dirección URL: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_606\\_fotovoltaica?page=1](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_606_fotovoltaica?page=1) [consulta: 5 de noviembre, 2009].

Rodríguez, Bárbara Angélica. *Energía Eólica*, [en línea], México, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Dirección URL: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_612\\_energia\\_eolica](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_612_energia_eolica) [consulta: 5 de noviembre, 2009].

Rodríguez, Bárbara Angélica. *Biomasa*, [en línea], México, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Dirección URL: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_622\\_energia\\_de\\_la\\_biomasa](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_622_energia_de_la_biomasa) [consulta: 5 de noviembre, 2009].

Rodríguez, Bárbara Angélica. *Energía Minihidráulica*, en línea], México, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Dirección URL: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_631\\_energia\\_minihidrauli](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_631_energia_minihidrauli) [consulta: 5 de noviembre, 2009].

Sánchez Camacho, Alejandro. En defensa del patrimonio energético. Centro de Producción Editorial, México, 2007, 255 pp.

SENER. Balance Nacional de Energía 2009, [en línea], 145 pp., México, Secretaría de Energía, 2010, Dirección URL: [http://www.energia.gob.mx/res/1791/Balance\\_Nacional\\_2009.pdf](http://www.energia.gob.mx/res/1791/Balance_Nacional_2009.pdf) [consulta: 26 de abril, 2011].

Se consultaron los periódicos más importantes a nivel nacional de Septiembre de 2007 a Mayo de 2011.

Teske, Sven. [R]evolución Energética. *Una perspectiva de energía sustentable para México. Informe: Escenario Energético para México*, [en línea], 48 pp. México, Greenpeace México, julio del 2008, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/r-evoluci-n-energetica-una-p.pdf> [Consulta: 30 de mayo, 2009].