

# **HACIA UN SISTEMA ENERGÉTICO SIN EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

Eduardo A. Rincón Mejía

Programa de Energía de la UACM, San Lorenzo 290 Col. Del Valle, 03100 México DF

Tel. 52(55) 5488 6661 x 15504, Fax (55)5575-5805, rinconsolar@hotmail.com

## **RESUMEN**

La concentración de CO<sub>2</sub> en nuestra atmósfera ha rebasado ya 390 ppm, cuarenta partes por millón por arriba del límite para que ésta conserve su estabilidad térmica, estimado en 350 por los más honestos científicos atmosféricos. El crecimiento constante de esta concentración fue registrado desde fines de los años 50 por el gran Charles David Keeling, quien además fue el primero en advertir que de continuar su ascenso, la humanidad enfrentaría el incontrovertible calentamiento global que hoy preocupa a tantos. La principal fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero, mucho de ellos artificiales, ha sido el actual sistema energético mundial basado en combustibles fósiles, que ha ocasionado además otros graves trastornos ambientales, como el envenenamiento del aire, el agua y el suelo por diversos contaminantes, guerras e invasiones por el control del petróleo, justificadas con cualquier pretexto, derrames de crudo en los océanos, fugas enormes –no reportadas- en depósitos y embarcaciones que transportan gas natural, que está compuesto de metano, un gas 25 veces más efectivo que el CO<sub>2</sub> como gas de efecto de invernadero (GEI), explosiones en gasoductos, etcétera. La alternativa para salvar la atmósfera es una transición rápida hacia un sistema energético mundial basado en la energía solar y otras fuentes “renovables”, aunado con una deforestación cero con recuperación de bosques y selvas, y un cambio en el estúpido *american way of life* para reducir la concentración de CO<sub>2</sub> a 350 ppm. Sin embargo, aún el empleo de fuentes renovables de energía puede tener un impacto ambiental que incluya la emisión, si bien reducida, de GEI. El objetivo de esta escrito es bosquejar cómo es posible reducirlas y aún eliminarlas por completo empleando “tecnologías de cero emisiones de gases de GEI”.

## **1.- Introducción**

El mundo enfrenta una problemática que involucra inextricablemente aspectos ambientales, energéticos, económicos, de pobreza extrema en amplias capas poblacionales, de flujos migratorios no deseables, de violencia en todas las escalas. Se plantea que una condición *sine qua non* para resolver esta inaceptable situación es, por sorprendente que parezca, un tránsito hacia un sistema energético mundial basado en las fuentes renovables de energía, que son la radiación solar y sus manifestaciones secundarias como el viento, la hidroenergía, la bioenergía, entre muchas otras. El actual sistema mundial está basado en energéticos no renovables (petróleo, gas, carbón, uranio) que son extraídos de muy contados puntos del planeta, desde donde se pretende que se distribuyan a todos los centros de población mundiales [1], y en consecuencia es muy ineficiente: de análisis “del pozo a las ruedas” para vehículos que consumen gasolinas, y de análisis similares para generación de potencia eléctrica, transporte y otros usos finales de energía, se concluye que menos del 5% de la energía de estas fuentes no renovables es aprovechada [2]; el restante 95% es desperdicio que agrava el calentamiento global. Es además inicuo, ya que la gran mayoría de países se ven obligados a importar estos energéticos; es terriblemente contaminante y destructor de ecosistemas y, finalmente, es incapaz de satisfacer las necesidades energéticas de la humanidad en el mediano plazo.

Por el contrario, el Sol sale para todos, es una fuente energética inagotable en miles millones de años y da lugar a vientos, lluvias, formación de hidratos de carbono, proteínas y otros nutrientes por la acción fotosintética en las plantas verdes –que además retiran dióxido de carbono de la atmósfera en estos procesos. Todos estos constituyen fuentes energéticas limpias con potenciales suficientes para satisfacer muy sobradamente todas las necesidades energéticas de la presente generación y de las innumerables generaciones por venir, con emisiones netas nulas de gases de efecto invernadero, o abreviadamente, GEI.

## **2.- Las emisiones de gases de efecto invernadero**

La atmósfera terrestre está constituida por alrededor de 99% de nitrógeno y oxígeno diatómicos, que son transparentes a la luz solar en todo su espectro. Sin embargo, gases naturales como el CO<sub>2</sub> (actualmente el más importante de los GEI), el ozono, el metano y el

óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), y algunos gases artificiales (que no existían en la época preindustrial) como los clorofluorocarbonos y demás freones, son opacos a ciertas porciones del espectro solar, principalmente en el infrarrojo, disminuyendo la capacidad emisiva de la Tierra hacia el espacio exterior, con el consecuente “calentamiento por efecto de invernadero”.

*Tabla 1. Concentraciones, vida media y contribuciones de los principales GEI. No se incluye el agua en fase gaseosa, por ser un “vapor”, más que un “gas atmosférico”.*

Gas de Efecto Invernadero	GWP (Potencial de calentamiento global)	Concentración en el año 1750	Concentración en abril de 2010	Vida media en la atmósfera (años)	Contribución porcentual al efecto invernadero
CO <sub>2</sub>	1	280 ppm	390 ppm	100	62,5 %
CH <sub>4</sub>	25	700 ppb	1865 ppb	12	17,2 %
N <sub>2</sub> O	298	270 ppb	322 ppb	114	6,25 %
O <sub>3</sub> troposférico	---	25 ppb	34 ppb	horas o días	n.a.
CFC-12	10 900	0 (gas artificial)	538 ppt	100	6,25 %
CFC-11	4 750	0 (gas artificial)	244 ppt	45	2,2 %
CF-113	6 130	0 (gas artificial)	77 ppt	85	< 1%
HFC-134a	1 430	0 (gas artificial)	54 ppt	14	< 1 %
H <sub>2</sub> S	22 800	0 (gas artificial)	6,7 ppt	3 200	< 1 %

ppm: "partes por millón" en términos volumétricos.

ppb: “partes por milésimas de millón”, en términos volumétricos.

ppt: “partes por billón” en términos volumétricos.

La tabla 1 presenta algunos de los principales GEI y sus concentraciones en la época preindustrial (1750) y en abril de 2010. Asimismo, se dan las equivalencias en términos másicos de los potenciales de calentamiento de éstos, comparados con el del CO<sub>2</sub>, llamados “potenciales de calentamiento global” o GWP por sus siglas en idioma inglés. Así, un kilogramo de metano equivale a 25 kg de dióxido de carbono en su efecto de calentamiento atmosférico global. Con base en esto se estima su contribución presente al efecto de invernadero en términos porcentuales (última columna) [3]. El vapor de agua, que a diferencia de los GEI, cambia fácilmente a las fases líquida o sólida en la atmósfera,

aunque en fase gaseosa absorbe parte del infrarrojo, no se incluye en esta lista. En la tabla 2 se presentan las emisiones de CO<sub>2</sub> de los 10 países más emisores, con datos de 2008, de acuerdo con mongabay.com [4]. Los valores corresponden únicamente a emisiones de CO<sub>2</sub>.

*Tabla 2. Emisiones de los 10 países con mayores emisiones de CO<sub>2</sub> en 2008 [4], en miles de millones de toneladas métricas.*

PAÍS	China	USA	India	Fed. Rusa	Japón	Alemania	Canadá	UK	Corea	Irán
Emisiones de CO <sub>2</sub>	7,04985	5,67512	1,7565	1,5955	1,3110	0,77176	0,5634	0,5457	0,5215	0,491

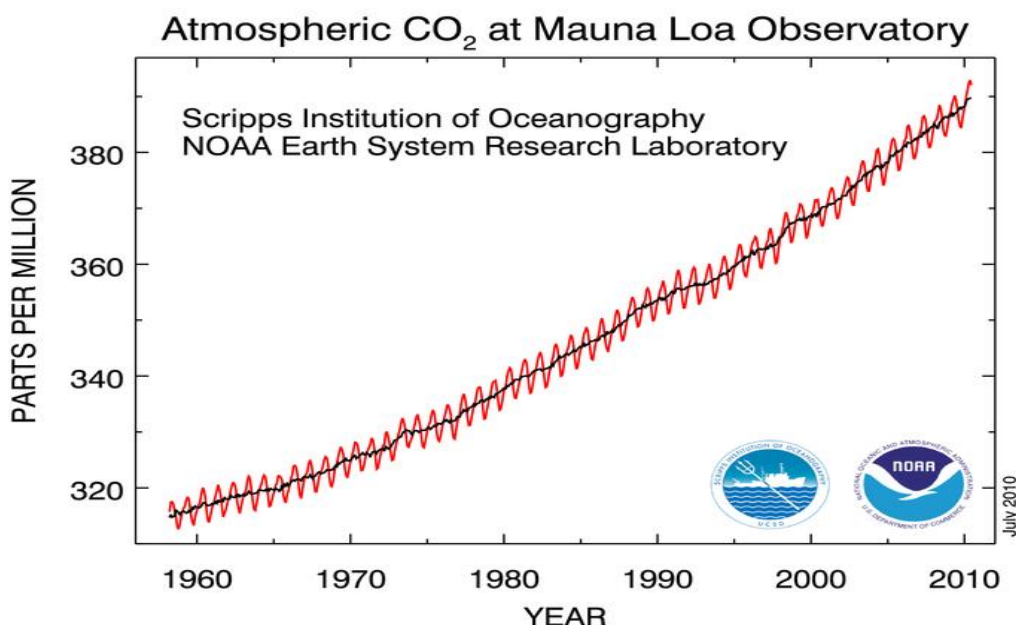
### 3.- Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub>

La respuesta a la pregunta de cuánto CO<sub>2</sub> se emite anualmente puede buscarse por al menos dos caminos: consultar los inventarios de emisiones declarados por los países, comenzando por los de mayores emisiones, o medir los incrementos en su concentración en la atmósfera y agregar los sumideros estimados. La primera opción seguramente conducirá a estimaciones que pueden diferir de la realidad en porcentajes inaceptables. La segunda opción puede realizarse porque se dispone de:

- Mediciones sistemáticas exactas del CO<sub>2</sub> atmosférico,
- Se conoce bien la composición del aire y la masa de la atmósfera, y
- Se dispone de buena información acerca del consumo mundial de combustibles fósiles y la deforestación, que son las principales fuentes de este gas a la atmósfera.

Mediciones exactas de la concentración del CO<sub>2</sub> atmosférico. Desde 1958, el programa de CO<sub>2</sub> del Instituto Scripps de Oceanografía con sede en La Jolla, California, ha venido realizando mediciones sistemáticas ininterrumpidas de la concentración de CO<sub>2</sub> en el volcán Mauna Loa, ubicado en la isla Kona, la más grande del archipiélago hawaiano. Estas mediciones fueron iniciadas por el Prof. Charles David Keeling, quien hasta su muerte el 20 de junio de 2005 defendió su proyecto de mediciones ininterrumpidas de CO<sub>2</sub>, y fue autor de numerosas publicaciones [5]. La famosísima Curva de Keeling, que se muestra en la figura 1, indica claramente la creciente concentración, con oscilaciones estacionales que

presentan picos hacia el inicio de la primavera en el hemisferio boreal (debido a la escasez invernal de hojas de plantas verdes) del CO<sub>2</sub> atmosférico, registrado en su observatorio a 3000 m de altitud. Nótese que a inicios de mayo del presente año (2010), se registró una concentración de 393,62 ppm. En mayo de 2009 la concentración medida fue de 390,18 ppm. En este periodo de un año se tuvo un incremento, si precedente alguno, de 3,44 ppm.



*Figura 1. Curva de Keeling mostrando las fuertes variaciones estacionales en la concentración del CO<sub>2</sub> atmosférico, así como su creciente incremento en su valor medio en el transcurso de los años [6].*

Masa y composición de la atmósfera terrestre. La masa atmosférica es de  $5,1 \times 10^{18}$  kg, con la composición que se muestra en la tabla 3, que incluye los 10 gases más abundantes, exceptuando el vapor de agua,. Cada parte por millón de CO<sub>2</sub>, en términos volumétricos, como las indicadas en las ordenadas de la curva de Keeling, equivale a 7,748892 miles de millones de toneladas de este gas. Si la concentración es hoy 393 ppm y el valor seguro para que la atmósfera sea térmicamente estable es de no más de 350 ppm, como afirman el Dr. James Hansen y sus colegas [7], entonces habría que retirar más de 333 mil millones de CO<sub>2</sub> de la atmósfera para que ésta recuperase su estabilidad térmica.

Tabla 3. Composición de la atmósfera en abril 2010, excluyendo al agua.

COMPONENTE	FRACCIÓN VOLUMÉTRICA Yi	MASA MOLAR Mi kg / kg-mol	Yi Mi kg / kg-mol
N <sub>2</sub>	0,7807953	28,013	21,8724187
O <sub>2</sub>	0,2094480	32,000	6,702336
Ar	0,0093395	39,950	0,37311303
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>0,0003900</b>	<b>44,010</b>	<b>0,01716390</b>
Ne	0,00001818	20,183	0,000366927
He	0,00000524	4,003	0,000020976
CH <sub>4</sub>	0,00000187	16,043	0,000029920
Kr	0,00000114	83,798	0,000095530
H <sub>2</sub>	0,00000055	2,016	0,000001109
N <sub>2</sub> O	0.00000033	44,013	0,000014612

Masa molar de aire:  $\sum Y_i M_i = 28,96556 \text{ kg/kg-mol}$

Consumo mundial de combustibles fósiles. Debido a que la economía mundial es fuertemente dependiente de los combustibles fósiles, son bien conocidos la producción y el consumo de éstos. Más del 97% del transporte actual en Estados Unidos -el país más energívoro- depende del petróleo, y la producción agrícola e industrial también dependen de éste. Se tienen detallados registros acerca de la producción y el consumo del petróleo crudo, el gas natural y el carbón. La figura 2 muestra el consumo histórico de petróleo, así como sus descubrimientos de yacimientos hasta el año 2002. Nótese que desde 1983 el consumo ha sido mayor a los descubrimientos de nuevos yacimientos, de modo que las reservas probadas han descendido desde entonces. La figura 3 muestra el consumo y las proyecciones hasta el año 2050, hechas en 2002 por el Dr. Colin J. Campbell [8]. Hay que resaltar el pronóstico de que la producción máxima de todos los hidrocarburos se alcanzará hacia el año 2014. A este valor máximo se le conoce como el “Pico de Hubbert”, en reconocimiento al Dr. M. King Hubbert, quien en 1956 predijo, con base en un modelo dinámico sencillo, que la producción de petróleo de los Estados Unidos llegaría a su

máximo a principios de la década de los años 70 [9], como efectivamente ocurrió. Antes de esto, la mayoría de los “expertos” de la industria petrolera y la academia rechazaron su modelo y sus conclusiones. Varios países productores de petróleo, entre ellos México, han alcanzado ya su pico en la producción petrolera.

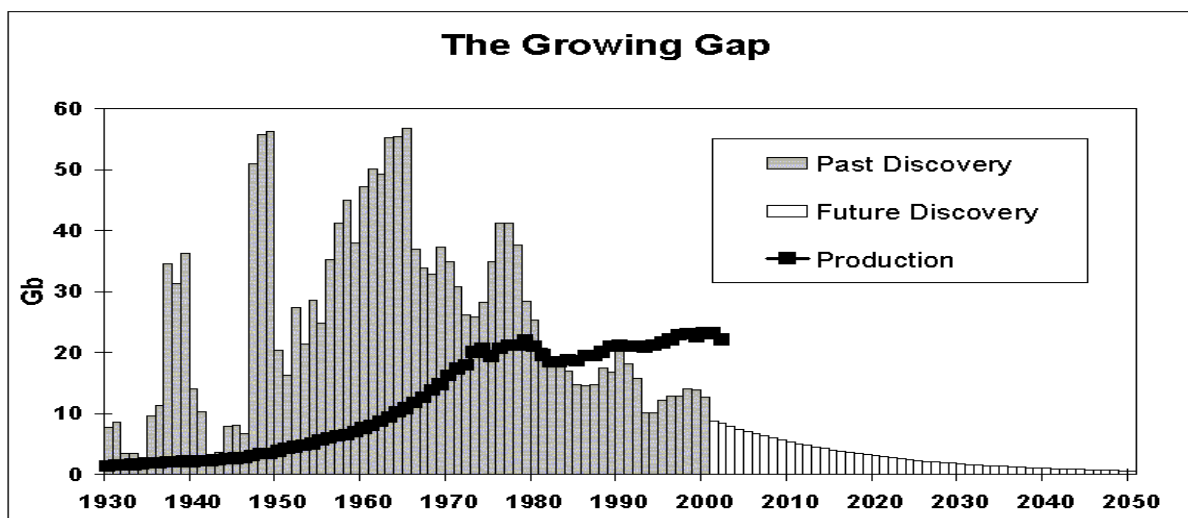


Figura 2. Consumo histórico de petróleo crudo, incluyendo los descubrimientos de yacimientos, en giga barriles [8].

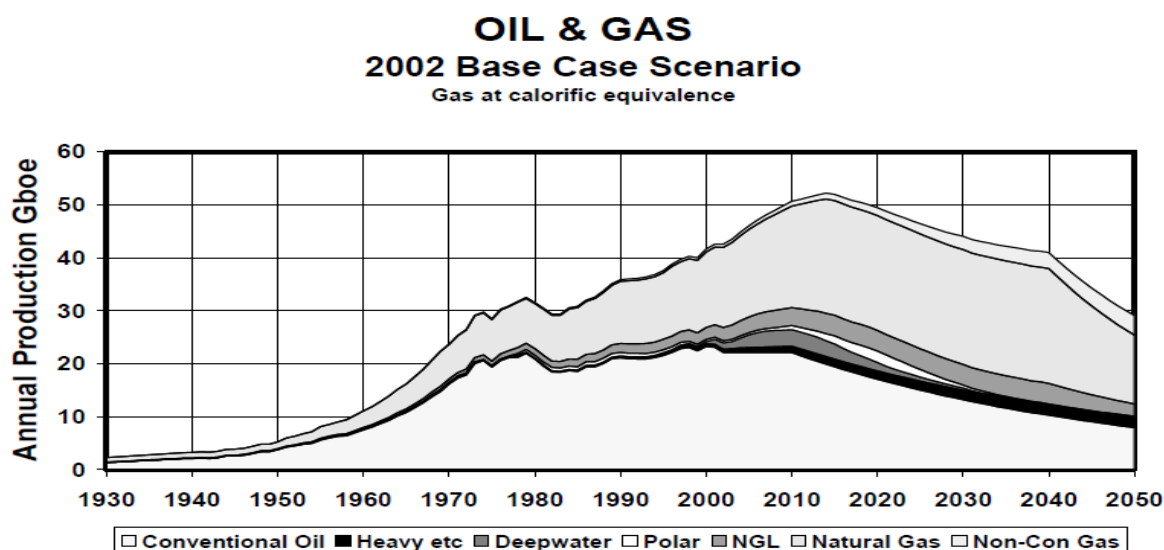


Figura 3. Consumo histórico y proyección al 2050, hecha en 2002, de todos los hidrocarburos, en giga barriles equivalentes de petróleo. Nótese el Pico de Hubbert alrededor de 2014, según Campbell [8].

Al contar con mediciones precisas de la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico, que registran incluso variaciones estacionales, y del consumo de combustibles fósiles, se encontró que conociendo el consumo mundial de combustibles fósiles y las cantidades de CO<sub>2</sub> que su quemado producirían, los incrementos medidos en la atmósfera coincidían con el 57% de estas emisiones [10]. El restante 43% sería absorbido por los océanos, los bosques y otros sumideros. En las últimas dos décadas, la creciente deforestación ha aportado emisiones crecientes que se aproximan al 25% de las emisiones debidas a la quema de combustibles fósiles. Suponiendo que todavía el 57% de las emisiones permanecen en la atmósfera, y sabiendo que de marzo de 2009 a marzo de 2010 la concentración de CO<sub>2</sub> creció 2,37 ppm, se puede estimar que las emisiones de dióxido de carbono en el último periodo anual de  $(2,37 \times 7,7488921) / 0,57 = 32,22$  miles de millones de toneladas métricas. Como referencia, la organización Climate Interactive [11], que desarrolla modelos avanzados para pronosticar las emisiones de GEI y los consecuentes incrementos en la temperatura de la atmósfera, reporta una emisión actual de 34 G toneladas métricas, como se muestra en la figura 4, en donde además se indican las concentraciones de CO<sub>2</sub> equivalente hacia el año 2100 para cuatro escenarios: el más de lo mismo, que conduciría a una concentración cercana a 965 ppm, con un incremento en la temperatura de unos 5°C por encima del valor preindustrial; el escenario correspondiente al que se tendería de respetarse los “acuerdos” de Copenhague 2009, con una concentración de 770 ppm y un incremento en la temperatura de unos 4° C. Otro escenario que contempla acuerdos que preparan los gobiernos de naciones para Cancún 2010, con un consecuente aumento de 3° C, y finalmente el llamado de “bajas emisiones”, contemplado como meta ideal en el PCC del gobierno mexicano y otros similares, que llevarían a 470 ppm con unos 2° C de incremento en la temperatura, de acuerdo con Climate Intercative. Ninguno de los estos escenarios conduce a una concentración alrededor de las requeridas 350 ppm para recuperar la estabilidad térmica de la atmosfera, y por lo tanto son inaceptables. Se requieren medidas más radicales, que implican esencialmente tres condiciones: un cambio en la forma de vida, un tránsito hacia un sistema energético basado en fuentes renovables y adoptar prácticas agrícolas y silvícolas (permacultura, deforestación cero, recuperación de bosques y selvas) que capturen el dióxido de carbono de la atmósfera.



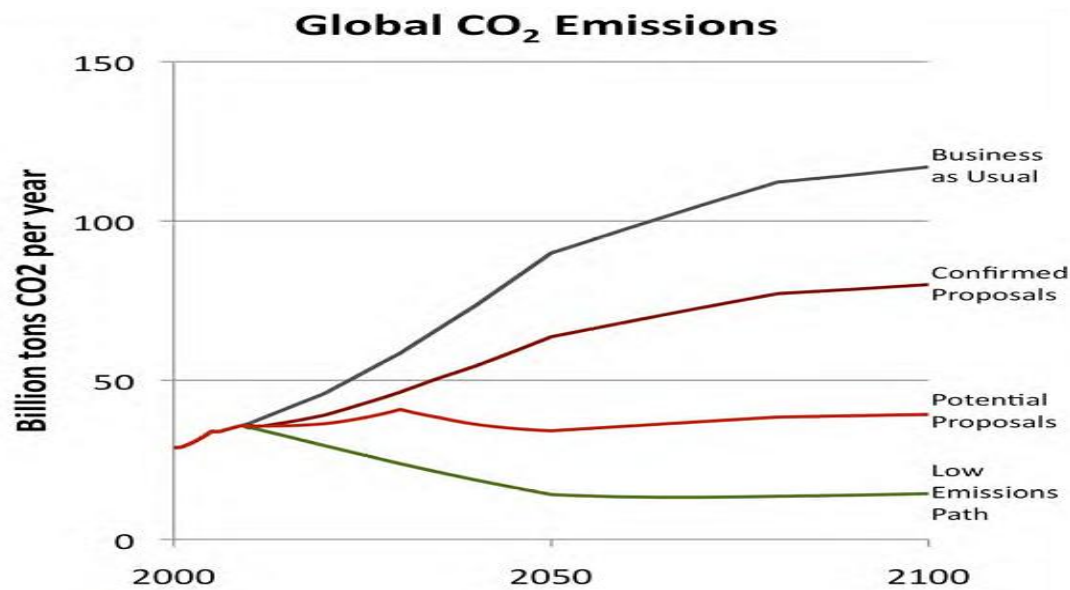


Figura 4. Cuatro escenarios para las emisiones de GEI, las concentraciones al 2100, y los incrementos en las temperatura media correspondientes, de acuerdo con Climate Interactive [11].

#### 4.- La transición hacia un sistema energético basado en fuentes renovables

La transición energética hacia un sistema mundial basado en las fuentes renovables de energía, en el que la eólica será dominante en el corto plazo, y la solar en el mediano y largo plazos, ya se ha iniciado, a pesar del discurso de organismos multinacionales (AIE, AIEA,...), ministerios de energía de diversos países, etcétera, que proclaman que los energéticos no renovables continuarán prevaleciendo durante las próximas décadas. Ese discurso es insostenible por los siguientes hechos, ignorados por muchos. La Tierra intercepta una cantidad de energía proveniente del Sol más de 7000 veces mayor que la que se consume a nivel planetario. Es decir, si se aprovechara tan sólo la milésima parte de esa energía interceptada, se dispondría de una cantidad 7,5 veces superior a la que actualmente se consume en todo el mundo. Es evidente que la energía solar podría satisfacer cualquier necesidad energética de la presente y las futuras generaciones sin impactar negativamente al ambiente, si empleasen tecnologías de cero emisiones de GEI. La tabla 4 muestra los potenciales brutos y los sustentables de las fuentes renovables de energía, con base en el estado tecnológico y económico actual, construida a partir de diversas fuentes [12].

Tabla 4. Potenciales netos y sustentables de las fuentes renovables de energía [12].

FUENTE ENERGÉTICA	POTENCIAL NETO ( EJ /año ) <b>1 EJ = 10<sup>18</sup> J</b>	POTENCIAL SUSTENTABLE ( EJ / año )	POTENCIAL SUSTENTABLE
			Consumo mundial ( 530 EJ en 2010 )
Solar	3 900 000	3 900 (0,1 % de aprovechamiento)	7,36
Viento	111 000	1 110 (1 % de aprovechamiento)	2,09
Hídrica	166	23,2 (14 % de aprovechamiento)	0,04
Biomásas	5 490	302 (5,5 % de aprovechamiento)	0,57
Oleajes y corrientes marinas	27 500 ?	27,5 (0,1 % de aprovechamiento)	0,05
Geotermia	600 000	5 000 (0,83 % de aprovechamiento)	9,43
<b>TOTAL</b>	<b>4 644 156</b>	<b>10 362,7</b> (0,22 % de aprovechamiento)	<b>19,55</b>

## 5.- Generación de empleos utilizando fuentes renovables de energía

La nueva industria de las energías renovables genera mucho más empleos que la obsoleta tecnología del petróleo o la nuclear. En el reciente informe intitulado: “*energy [r]evolution. A sustainable world energy outlook, 3rd edition 2010 world energy scenario*” [13], elaborado por el Consejo Europeo para las Energías Renovables (EREC) y Greenpeace, se señala que el empleo en el sector de energías renovables puede proporcionar 12,5 millones de puestos de trabajo para el año 2015, más otros 6 millones de empleos nuevos para el año 2020. Los sistemas energéticos basados en fuentes renovables generan muchos más empleos permanentes y bien remunerados que aquellos basados en combustibles fósiles o nucleares. Este punto no podrá perderse de vista en un mundo con escasez de empleos.

## 6.- Nuevas instalaciones solares y eólicas

En tanto la industrias petrolera y nuclear van en declive (los Estados Unidos alcanzaron su pico en la producción petrolera a inicios de los años 70), la industria eólica ha crecido a

tasas cercanas a 30% anual. Aunque ahora apenas genera el 2% de la producción mundial de energía eléctrica, la capacidad instalada se ha decuplicado en los últimos ocho años, ¡el crecimiento en la capacidad eoloeléctrica instalada **sí** es de tipo exponencial! Ahora se espera tener más de 205 mil MW instalados para fines de 2010, y una meta del 20% de la electricidad mundial a ser producida en el año 2020 por aerogeneradores está al alcance de la mano. La figura 5 muestra el crecimiento de tipo exponencial de la capacidad eólica instalada [14]. Con base en ésta puede pronosticarse que la capacidad eólica alcanzará a la gran hidroeléctrica alrededor del año 2018, en esta misma década.

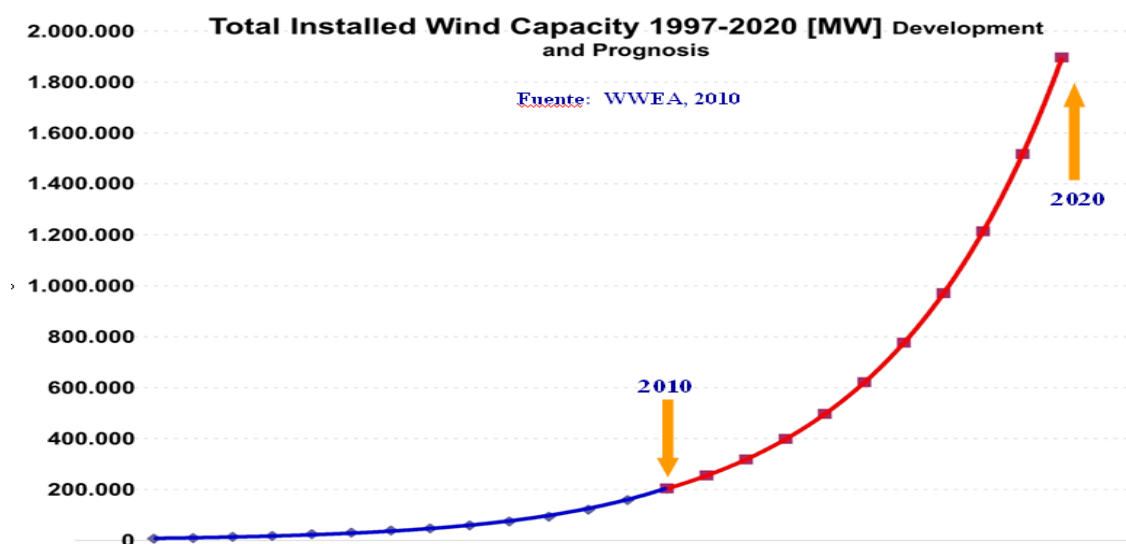


Figura 5. El crecimiento histórico y la proyección al año 2020 de la capacidad eólica [14]

Por su parte, la industria fotovoltaica duplica su tamaño en periodos menores a dos años. La capacidad instalada fotovoltaica conectada a la red creció 74% durante 2008. Ninguna industria ha crecido tanto en tan poco tiempo, ni la telefonía celular, ni los equipos de cómputo, ni el resto de la industria electrónica. En la tabla 5 se muestran las tasa de crecimiento en la capacidad instalada para generación de electricidad a partir de fuentes renovables. Sus altos valores permiten inferir que el mundo está ya inmerso en una transición hacia un sistema energético mundial basado en las fuentes renovables [15]. Pero quizás la tecnología más prometedora sea la generadora de electricidad vía ciclos

termodinámicos, empleando luz solar concentrada con espejos de sección parabólica. Tan sólo en España hay unas 48 plantas termosolares en proyecto, 8 en construcción y 5 ya en operación [17], por lo que su tasa de crecimiento será espectacular en el corto plazo.

*Tabla 5. Electricidad de fuentes renovables: tasa mundiales de crecimiento [15].*

<b>TECNOLOGÍA</b>	Capacidad agregada durante 2008 (GW)	Capacidad existente al final de 2008 (GW)	Tasa anual de crecimiento
Solar fotovoltaica *	5,7	16,8	51,4 %
Turbinas eólicas **	27,0	120,9	28,7 %
Pequeña hidro ***	6	85	7,6 %
Biomásas ***	2	50	4,2 %
Geotermia ***	0,4	10,2	4,1 %
Gran hidro *	13,8	800	1,8 %
Concentración solar	0	0,4	0 %

Fuentes: \* Estimación de la ANES, \*\* WWEA [14], \*\*\* REN 21 [16]

## **7.- Otras tecnologías para aprovechar las fuentes renovables de energía**

La transición energética hacia un sistema mundial basado en las fuentes renovables de energía (FRE) requerirá de la aplicación sinérgica de todas las fuentes renovables disponibles en cada región. Con esto se soslayará la principal limitación de la energía solar y eólica, que es su intermitencia, y se garantizará capacidad firme sin necesidad de grandes sistemas de almacenamiento energético. Además de la solar y la eólica, la energía geotérmica, incluyendo la microgeotérmica con bombas de calor, que hace del suelo una fuente de calor en el invierno y un sumidero en el verano, es un recurso energético principal para 58 países, y 39 de ellos podrían ser 100% energizados con energía geotérmica. México está particularmente bien dotado de recursos geotérmicos y cuenta ya con una considerable experiencia en su aprovechamiento, que debería incrementarse para incluir aplicaciones de baja y mediana temperaturas, además de la generación eléctrica.

El potencial de la bioenergía para el año 2050 iguala al consumo mundial de energía actual. Sin embargo, no es sustentable establecer sembradíos energéticos en detrimento de los alimenticios, como se ha hecho con el bioetanol a partir de maíz, o el biodiesel a partir de aceite de palma de grandes plantaciones. La generación de biogás con residuos orgánicos y excremento de animales sigue siendo la opción más sustentable.

## **8.- Tecnologías de cero emisiones de carbono**

Finalmente, para que una tecnología, solar o no, implique cero emisiones de GEI, toda la energía empleada en la manufactura, transporte, instalación, desmantelamiento y reciclado de los materiales que emplee, debería provenir de sistemas cuya operación fuese hecha con energía proveniente de fuentes limpias. Actualmente para fabricar, por ejemplo, un módulo fotovoltaico de silicio monocristalino, se requiere de mucha energía para fundir y extrapurificar el silicio, formar lingotes, cortarlos, doparlos, y demás procesos requeridos antes de que el módulo comience a convertir la energía radiante en eléctrica. Aunque al final de su vida útil haya generado mucho más energía de la consumida en su desarrollo (del orden de 30 veces más), mientras se continúen fabricando con combustibles fósiles, la energía eléctrica proveniente de éstos no estará exenta de emisiones de GEI. Lo mismo puede decirse de todas las demás tecnologías para aprovechar las fuentes renovables.

## **9.- Conclusiones**

- El mundo está inmerso en una transición energética hacia un sistema mundial basado en las fuentes renovables, que requerirá del aprovechamiento sinérgico de todas ellas.
- El desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía constituye una gran oportunidad para generar empleos y avance tecnológico.
- Los sistemas para aprovechar las FRE, y en especial la eólica y la solar, son sumamente rentables, lo que se manifiesta en las enormes tasas de crecimiento anual de sus mercados.
- El aprovechamiento de las FRE con las tecnologías actualmente disponibles, puede ayudar a satisfacer la demanda creciente de energía sin impactar negativamente al ambiente.
- Sólo el uso de las FRE puede permitir un Desarrollo Sustentable para México, pero es importante el desarrollo de tecnologías más económicas para garantizar su uso masivo.

## 10. - Referencias

- [1] E. A. Rincón, *VII Simposio de Contaminación Ambiental*, México, en prensa, (2010).
- [2] V. Ruiz Hernández, *La electricidad solar térmica, tan lejos, tan cerca*, Junta de Andalucía & Gas Natural Fundación, Sevilla, España (2009).
- [3] Tabla construida con datos de diversas fuentes, en especial del Carbon Dioxide Analysis Center, USA, report DOI: 10.3334/CDIAC/atg.032, Dec. 2009.
- [4] <http://mongabay.com>, Dec 2009.
- [5] C.D. Keeling, et al, *Tellus*, 28, 538, (1976).
- [6] Dr. P. Tans (2010), NOAA/ESRL ([www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/))
- [7] James Hansen, et al, *The Open Atmospheric Science Journal*, 2, 217, (2008).
- [8] C. J. Campbell (2003), *Oil depletion: the heart of the matter*, ([www.oilcrisis.com/campbell/TheHeartOfTheMatter.pdf](http://www.oilcrisis.com/campbell/TheHeartOfTheMatter.pdf)).
- [9] Hubbert M.King, *Nuclear Energy and the Fossil Fuels*, Publication No. 95, Houston, Shell Development Company, Exploration and Production Research Division (1956)
- [10] [http://scrippsco2.ucsd.edu/program\\_history/keeling\\_curve\\_lessons\\_3.html](http://scrippsco2.ucsd.edu/program_history/keeling_curve_lessons_3.html)
- [11] <http://climateinteractive.org>
- [12] E. A. Rincón (2010), (<http://mexiko.ahk.de/index.php?id=481&L=43>)
- [13] EREC & Greenpeace, *energy [r]evolution. A sustainable world energy outlook*, 3rd edition 2010 world energy scenario. [15]
- [14] WWEA, *Reporte Mundial de Energía Eólica 2009*, Bonn Alemania, (2010).
- [15] E. A. Rincón E., *Combining Solar and Wind in Sustainable Energy Systems*, in *Wind Energy International 2009/2010*, WWEA, p.383-385, (2010).
- [16] REN 21, *Renewables Global Status Report: 2009 Update* .
- [17] SolarPACES, ESTELA, & Greenpeace, *Global Concentrating Solar Power, Outlook 09*, Brussels, (2009).