

Programa de Energía

Análisis Microeconómico del Desarrollo de las Fuentes

Renovables de Energía en México

- Gerardo Oseguera Peña -

Avances del proyecto

Agosto de 2008

I. ANTECEDENTES

Actualmente la humanidad está enfrentando grandes retos que son concomitantes y que ponen en riesgo la sustentabilidad del desarrollo, tales como el agotamiento de las reservas de hidrocarburos, el calentamiento global debido a la indiscriminada emisión de gases efecto invernadero y en general el deterioro del medio ambiente tanto en los ámbitos locales de todo el planeta como en el entorno global, con una presión cada vez mayor debida al crecimiento de la población mundial que demanda una mayor utilización de recursos naturales.

La energía es un insumo fundamental para la actividad humana, ya sea para os diferentes procesos productivos, o para asegurar la movilidad de las personas y materiales o bien para lograr condiciones adecuadas de habitabilidad en las viviendas y edificios. Existe claramente una correlación positiva entre el consumo de energía y el desarrollo económico, y también una relación entre el consumo de energía y la calidad de vida de las personas.

Desde la década de los setenta del siglo veinte, como resultado de la crisis energética en los Estados Unidos, las fuentes renovables de energía han sido consideradas como la opción más viable para diversificar la cartera energética, con el beneficio de su menor impacto ambiental. Hoy en día, a más de 25 años de esta crisis, muchas de las tecnologías de aprovechamiento de energías renovables han madurado y evolucionado, aumentando su confiabilidad, reducido su precio y mejorado su rentabilidad en muchas de sus aplicaciones.

Tanto en México como en el resto del mundo hay un escenario coyunturalmente favorable para una transición hacia las fuentes renovables de energía. Hay un encarecimiento generalizado de los hidrocarburos debido a una escasez relativa, las tasas de interés son históricamente bajas, y hay un mejoramiento en las tecnologías para el aprovechamiento de estas fuentes. Sin embargo, hasta ahora no se ha hecho suficiente para impulsarlas, por lo que resulta necesario que se hagan políticas públicas adecuadas para su fomento a gran escala. Indiscutiblemente, estamos en el umbral de tránsito hacia un futuro en el que se utilicen masivamente los recursos energéticos renovables, los cuales son casi ilimitados en la escala humana.

En tanto el mundo en desarrollo siga el mismo patrón de consumo energético que ha tenido el mundo desarrollado, el futuro de la humanidad parece poco alentador. Empero, si tanto los países en vías de desarrollo como los desarrollados unen esfuerzos para compartir las experiencias, el mundo puede dar un salto cualitativo en el uso de la energía hacia una transición energética favorable de cara al siglo XXI, sin necesidad de pasar por patrones de consumo de energía menos sustentables.

Ante este escenario de mayor escasez de combustibles fósiles, México debe de plantearse la necesidad de tener una política energética orientada hacia dos aspectos fundamentales: mejorar la eficiencia energética y lograr una transición a las fuentes de energía renovable, haciendo que seamos más competitivos y que se aprovechen los recursos energéticos renovables con los que se cuenta.

Desarrollo sustentable y externalidades

Por mucho tiempo se ha pensado que no hay límites a la oferta energética mundial, sin embargo es bien sabido que el sistema energético actual es insostenible en el largo plazo, debido a aspectos ambientales, económicos y geopolíticos.

El desarrollo sustentable se refiere a aquél que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas. Tiene tres dimensiones fundamentales: la social, la económica y la ambiental. En los tres aspectos, la energía tanto producida como consumida en el mundo juega un papel fundamental. El concepto de desarrollo sustentable fue acuñado por el informe Brundtland, en 1987, como “el desarrollo económico que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades”.

La aplicación de la definición anterior al sector energético lleva a definir que un modelo energético sostenible es aquel que permite satisfacer las necesidades energéticas del presente sin comprometer a las generaciones futuras de satisfacer las suyas, sin comprometer tampoco el acceso a la energía de determinados grupos de población, como los países en desarrollo. Evidentemente, el nivel de consumo actual de los países desarrollados no permite asegurar el abasto futuro de energía ni facilita el acceso a la energía de los países en desarrollo. Entre las políticas que pueden implementarse para asegurar la sustentabilidad de largo plazo del modelo energético, la de fomento a las energías renovables es fundamental.

El sistema energético actual depende ampliamente de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) los cuales representan cerca del ochenta

por ciento del consumo de energía primaria. En el aspecto social, se observa también que existe una gran inequidad entre los países desarrollados y los no desarrollados, ya que mientras en los primeros se tiene un consumo per capita de 4.7 toneladas de petróleo equivalente (toe), en estos últimos se observa un consumo por persona de 0.78 toe.

A los combustibles fósiles no se les ha asignado el costo de la contaminación tanto local como global, y ello ha repercutido en que las energías renovables no sean viables *vis a vis* los combustibles fósiles. Hay dos asuntos de suma importancia: el impacto de los sistemas energéticos actuales en el medio ambiente y los aspectos de seguridad asociados con el suministro de combustible.

Las externalidades se definen como los beneficios o costos generados por una determinada actividad económica, en los que no hay una compensación de las partes involucradas en la actividad. Las externalidades ambientales son beneficios o costos que se manifiestan a través de cambios en el medio ambiente. Se considera a las externalidades como un sub-producto no intencionado de la actividad económica.

Las externalidades pueden ser positivas o negativas. Las externalidades positivas son aquellas que afectan favorablemente a terceros, como la contratación de un velador por parte de un vecino, esto genera una externalidad positiva, ya que disminuye la probabilidad de robos a las viviendas o autos de los demás vecinos. Las externalidades son negativas cuando afectan desfavorablemente a los demás, como es el caso de fumar en el salón de clase, ya que se afecta a quienes no fuman.

La contaminación emitida por vehículos y por plantas eléctricas que usan combustibles fósiles para la generación, daña a la gente y al medio

ambiente. En tanto el consumidor final de estos productos no pague por estos costos ambientales o no compense a la gente por el daño causado, no estará asumiendo el costo total de los servicios que este compra (es decir que implícitamente la energía que éste utiliza está siendo subsidiada) y en consecuencia los recursos energéticos no son asignados eficientemente.

El origen de las externalidades generalmente se debe a la ausencia de una definición completa de los derechos de propiedad. Sin embargo, no es fácil remediar esta situación para establecer derechos de propiedad. En tales circunstancias, al menos en teoría, el instrumento correctivo apropiado es un impuesto *Pigouviano*, equivalente al daño marginal que debe pagar el generador de la externalidad. Si este impuesto se utiliza para compensar al afectado o a los afectados por los daños, entonces la externalidad se habrá internalizado.

Es condición necesaria para lograr el desarrollo económico sustentable, garantizar el suministro energético estable y de calidad. Las fuentes de energía renovables (FRE) contribuyen de manera notable a garantizar el suministro energético a largo plazo de una manera sustentable, en tanto que son fuentes energéticas autóctonas y prácticamente inagotables.

Las principales ventajas que presentan las FRE son que contribuyen a la diversificación de la cartera energética nacional reduciendo los riesgos de una eventual falta de suministro, la creación de empleos principalmente en localidades rurales y dispersas, mejoramiento de la competitividad industrial, mejoramiento de la calidad de vida en las ciudades al reducir la emisión de gases contaminantes debidas a la combustión de energéticos fósiles y por último, las FRE posibilitan la reducción en la emisión de gases efecto invernadero, y con ello, la reducción de los daños derivados del cambio climático.

El mercado mundial de las fuentes renovables de energía (FRE)

Aun cuando todavía se considera que es precaria su participación en la oferta energética mundial, en el año 2005 la capacidad de generación eléctrica mediante fuentes de energía renovables (FRE) fue de 182 GW (excluyendo a las grandes hidroeléctricas). Los principales países que han impulsado el crecimiento de las FRE son, Estados Unidos, Alemania España, Japón y China. No obstante que México cuenta con cuantiosos recursos, no figura en las listas de los países con mayor desarrollo de las fuentes renovables de energía, con la excepción de la energía geotérmica, donde ocupa el tercer puesto, después de Estados Unidos y Filipinas. En términos relativos la aportación de la energía geotérmica en la oferta energética nacional es demasiado pequeña.

El año 2005 se tuvo el récord de inversión en instalación de nueva capacidad para la generación de energía mediante las FRE. Alemania y china fueron los líderes en inversión, con cerca de 7,000 millones de dólares cada uno, seguido de los Estados Unidos, España, Japón e India. La energía eólica registró la segunda mayor capacidad adicional instalada después de las grandes hidroeléctricas, con una tasa de crecimiento de 24 por ciento, alcanzando 59 gigawatts (GW). Otras FRE como la biomasa, el biodisel y la energía solar tanto fotovoltaica como solar, han registrado incrementos considerables.

A pesar de la contribución pequeña a la generación de electricidad en el mundo, las “nuevas” fuentes renovables (geotérmica, solar, eólica y maremotriz, entre otras) crecieron de 1971 al año 2000 a una tasa promedio de 9.1 por ciento. Esta tasa de crecimiento refleja un crecimiento anual de 52 por ciento para la energía eólica, 32.5 para la solar y 8.8 para la geotérmica.

Las “nuevas” fuentes de energía renovable todavía no tienen una participación importante en el sector energético. Para impulsar el crecimiento de las FRE se deben aplicar políticas que las soporten, y se requiere invertir más en investigación y desarrollo.

En 1997 la Unión Europea publicó el “Libro Blanco de Energía para el Futuro: Fuentes de Energía Renovables”, en el cual se establece que: en algunos casos, será necesario y suficiente que las autoridades de los Estados miembros adopten las disposiciones legales u otras necesarias en los ámbitos siguientes:

- flexibilidad de amortización de las inversiones en fuentes de energía renovables;
- tratamiento fiscal favorable de la financiación por parte de terceros de las fuentes de energía renovables;
- subvenciones de puesta en marcha para nuevas centrales de producción, para las empresas pequeñas y medianas (pymes) y para la creación de nuevos empleos;
- incentivos financieros destinados a los consumidores, para que compren equipos y servicios vinculados con las energías renovables.

Estado del arte de la tecnología

Se pueden distinguir tres generaciones en la tecnología de las fuentes renovables de energía a lo largo de 100 años. La primera generación surgió de la revolución industrial a finales del siglo 19, incluye a la energía hidráulica, la combustión de biomasa y la geotermia, de las cuales todavía están en uso. La segunda generación incluye al calentamiento y enfriamiento solar, a la energía eólica, a las modernas formas de la bionenergía y a la energía fotovoltaica. La tercera generación de tecnologías está actualmente en desarrollo e incluye concentración solar,

la energía de los océanos, los sistemas geotérmicos mejorados y los sistemas de bioenergía integrados.

Las celdas fotovoltaicas convierten la energía del sol en corriente eléctrica directa, sin que existan partes móviles. Los materiales semiconductores son encapsulados y sellados herméticamente. Generalmente están hechas de silicón, el cual es el segundo material más abundante en el planeta. En países en vías de desarrollo con recurso solar, el periodo de recuperación de las inversiones es del orden de 18 meses, mientras que la vida útil de los equipos es en promedio de más de 25 años.

La tecnología solar fotovoltaica (FV) está caracterizada por su modularidad, ya que puede ser implementada en cualquier escala y tamaño. La eficiencia de los sistemas disponibles en el mercado oscila entre 6 y 15 por ciento dependiendo del tipo de tecnología de la celda. La vida útil esperada de los sistemas fotovoltaicos es de 20 a 30 años. Se espera que los cristales de silicón seguirán dominando en los siguientes años y las celdas solares de capa delgada serán considerablemente menos caras en el mediano y largo plazos.

La reducción de costos ha sido un factor clave para la energía solar fotovoltaica, dado que todavía estos son mayores respecto a otras tecnologías. Los costos de los sistemas FV se han reducido 4 veces en las últimas 2 décadas. Se espera que esta tendencia se mantenga en el futuro. La reducción de costos de las celdas y módulos es importante ya que son los componentes más importantes de los sistemas FV.

Por su parte, el calentamiento solar de agua es una tecnología madura. A finales del año 2002 había instalados alrededor de 12.3 millones de metros cuadrados de calentadores solares en los países miembros de la Unión Europea, con un crecimiento anual de 1.5 millones de m². Cerca del 60 por

ciento de estos calentadores fueron instalados en Alemania, Grecia y Austria. La Unión Europea tiene la meta de instalar 100 millones de m² de captadores solares para el año 2010.

En cuanto a la energía eólica, el desarrollo comercial y tecnológico está fuertemente asociado con el tamaño de la turbina. El diámetro de las turbinas eólicas ha crecido de 10 metros (de 22 a 35 Kw.) que tenían en la década de los setenta hasta más de 80 metros que tienen actualmente. Una tendencia es la de incrementar el diámetro del rotor con el fin de fabricar turbinas para aplicaciones costa fuera. Otra tendencia principal es la del crecimiento de mercados para sistemas pequeños, sobre todo en países en desarrollo.

En lo que respecta a los biocombustibles, los recursos bioenergéticos son utilizados principalmente para la producción de calor y también para la producción de electricidad en conjunto con calor. Una ventaja de la bioenergía, con respecto a las demás energías renovables es que se puede almacenar. La biomasa ofrece muchas aplicaciones para la generación de electricidad, desde cogeneración hasta generación distribuida. En algunas áreas la generación con biomasa puede competir con los sistemas tradicionales en el rango de 30 a 100 MW. Se espera que para el año 2020 la capacidad mundial de generación de energía con biomasa sea de 30 GW.

Por último, la tecnología para aprovechar la energía geotérmica depende del tipo y localización de recurso natural. Debido a que no es práctico transportar vapor de alta temperatura a grandes distancias, la mayoría de las plantas geotérmicas son construidas cerca de donde se encuentra el recurso. Las plantas geotérmicas por lo general tienen una capacidad que oscila en el rango de 20 a 60 MW, y la capacidad de un solo pozo es de alrededor de 4 a 10 MW. Se utilizan tres tecnologías para la conversión de

energía térmica (del vapor) a eléctrica, las cuales dependen del tipo de fluido (agua o vapor) y de su temperatura: plantas de vapor seco, plantas de vapor en punto flash y plantas de ciclo binario.

La energía geotérmica es importante en México, ya que ocupa el tercer lugar mundial en capacidad instalada, después de Estados Unidos y Filipinas. En el año 2000 la capacidad instalada de energía geotérmica en el país es de 755 MW y la generación fue de 5.7 TWh. La capacidad instalada en el mundo es de 7,974 MW y la generación para el mismo año fue de 49.3 TW. Es decir que México aporta alrededor del 10 por ciento de la capacidad instalada en el mundo.

Hoy en día, México se encuentra en el umbral de una transición energética importante, en la cual se debe considerar seriamente incorporar a las fuentes renovables de energía en la cartera energética nacional. No solo porque sea una tendencia mundial, sino por dos razones fundamentales: por un lado las reservas probadas de hidrocarburos están agotándose y en consecuencia es imperativo diversificar la oferta energética nacional. Por otro lado, se tienen que detener los daños al medio ambiente (tanto locales como regionales y globales) debidos a la generación de energía mediante la quema de combustibles fósiles.

En este trabajo se hace un análisis desde el punto de vista económico de las principales políticas públicas que se han aplicado en algunos países desarrollados, que han sido muy exitosas en el impulso a las fuentes renovables de energía, y que se pueden aplicar con el mismo nivel de éxito en el sector energético mexicano.

II. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES DE POLITICAS ENERGÉTICAS

Algunos países han adoptado diversas políticas públicas orientadas al desarrollo del mercado de la energía renovable. Unos han tenido más éxito que otros, pero la implantación de éstas políticas ha presentado beneficios que redundan en una mayor utilización de estas fuentes energéticas. La conclusión a la que se llega es que ninguna política puede, por sí mismo y de forma aislada, lograr el desarrollo de los mercados de energía renovable, sino que se requiere la conjunción de varias de éstas para que se logren remover las barreras que existen a la utilización de las fuentes renovables de energía. De las medidas que se han implementado, las tres más importantes que se describen en este trabajo son: el portafolio de energías renovables (PER, o RPS por sus siglas en inglés), los certificados de energía renovable (CER), las leyes que establecen tarifas fijas de alimentación a la red eléctrica (*feed-in laws*) y los subsidios y reembolsos de capital.

Portafolio de Energías Renovables (Renewable Portafolio Standard o RPS)

Este es un instrumento de política pública diseñado para inducir una mayor producción de energía a partir de fuentes renovables, las cuales tienen características deseables desde el punto de vista social y ambiental. El portafolio de energías renovables (PER) es una política basada en cantidad, la cual requiere que los participantes del mercado entreguen una mínima cantidad de energía eléctrica renovable, generalmente un porcentaje de sus ventas totales.

La ventaja de adoptar un esquema como el PER es que ofrece mayor flexibilidad a los oferentes de electricidad, ya que pueden elegir el medio más barato para cubrir los requerimientos de tiempo y porcentaje del

portafolio, ya sea que generen la electricidad ellos mismos o que se la compren a alguien más. Como resultado se tiene mayor generación de electricidad mediante fuentes renovables al menor costo, y un incentivo a los proveedores de energía renovable a reducir aún más sus costos. La implementación del PER es relativamente sencilla, ya que recurre a las fuerzas del mercado de las energías renovables, para cumplir con las metas a los más bajos precios del mercado de las renovables.

En el año 2003 el senado de los Estados Unidos aprobó una ley que obligaba a que las fuentes renovables aportaran el uno por ciento de la electricidad para el año 2005 y el 10 por ciento para el año 2020. Cabe hacer notar que el PER debe de incluir también un mecanismo de comercio de créditos entre productores, con el fin de darle flexibilidad y reducir el costo del cumplimiento de dicha norma. También incluye un crédito al impuesto para generadores con fuentes renovables. Para ese año, 10 estados de la unión americana, ya habían adoptado el esquema de PER, y algunos otros estaban considerando implantarlo. Los desechos urbanos y rellenos sanitarios son generalmente elegibles para este tipo de proyectos, así como las celdas de combustible y la cogeneración.

En 1997 la Unión Europea emitió un libro blanco, en el cual se establecía como objetivo mínimo, que para el año 2010 las energías renovables tuvieran una participación del 12 por ciento en la oferta de energía eléctrica total. En Italia se implementaron los PER de tal manera que los operadores están obligados a producir 2 por ciento de su energía eléctrica a partir de fuentes renovables nuevas.

Holanda es el país líder en la Unión Europea en la aplicación del esquema PER. Las empresas eléctricas holandesas han adoptado los PER voluntariamente, basándose en objetivos del 5 por ciento de la generación de electricidad para el año 2010, incrementándose hasta el 17 por ciento para el año 2020.

Certificados de energía renovable (CER)

Los certificados de energía renovable (CER) son unidades comerciables que representan el bien formado por los atributos ambientales de una unidad de energía renovable que está detrás de la generación de electricidad. Bajo la mayoría de los programas un CER sería equivalente a los atributos ambientales de un Mwh de electricidad generada a partir de una fuente de energía renovable.

Los certificados reconocen la generación de energía a partir de las fuentes renovables y están relacionados con instituciones y reglas de comercio, que separan los atributos renovables de la energía física asociada. Esto permite crear un mercado para las fuentes renovables de energía independientemente de las ventas de electricidad. Los mercados de CER están emergiendo en muchos países, permitiendo que los productores y compradores de energía renovable que obtengan CER, los vendan a quienes no han generado o comprado suficiente energía renovable y los necesitan para cumplir sus obligaciones.

Este esquema hace que se mejore el valor de la energía verde para el productor y hace potencialmente más rentable la producción y venta de la energía, además de que atrae inversionistas en la etapa inicial de desarrollo del mercado de energía renovable y aumenta notablemente la probabilidad de éxito para alcanzar los objetivos nacionales.

Tarifas de alimentación a la red (*feed-in*)

En Alemania, las leyes *feed-in*, así como políticas similares en otros países europeos en la década de los noventa, establecieron un precio fijo mínimo de largo plazo para la compra de energía renovable por parte de las

empresas eléctricas. En Alemania, los productores de energía renovable podrían vender su electricidad a las empresas eléctricas a un 90 por ciento del precio de venta al usuario final y las empresas eléctricas estaban obligadas a comprar esa energía. La ley *feed-in* alemana rápidamente condujo a un crecimiento de la capacidad instalada y al desarrollo de los mercados de energía renovable.

La política de las tarifas *feed-in* ha puesto a Alemania, España y Dinamarca en una posición de ventaja en las tecnologías de energía solar y del viento. La capacidad instalada para generar electricidad a partir del viento en Alemania en 1990 era de cero, y con la implementación de estas políticas en el año de 2001 esta capacidad fue de 8,500 MW, con lo que Alemania se convirtió en el líder global de inversión en energía renovable.

Subsidios y reembolsos

Los subsidios y los reembolsos son una manera directa de reducir los costos iniciales de capital para los sistemas de energía renovable. Los subsidios son utilizados para reducir el costo inicial de los sistemas de tal manera que el consumidor vea un precio menor. En los Estados Unidos cuando menos 19 estados ofrecen programas de reembolso e incentivos a nivel estatal, local o de la empresa eléctrica para promover la instalación de equipo de energía renovable. La mayoría de los programas aplican a sistemas de calentamiento de agua o fotovoltaicos aunque algunos comprenden bombas de calor geotérmico, pequeños generadores de viento, solar pasivo biomasa y celdas de combustible.

Se han hecho diversos esfuerzos sostenidos para incrementar el uso de las fuentes renovables de energía a través de políticas multi-anales. Por ejemplo, Japón, Alemania y los Estados Unidos subsidian los costos de

capital de la energía solar fotovoltaica como parte de sus programas de transformación del mercado.

En Japón, el programa **Sunshine** provee de subsidios al capital y medición neta para sistemas fotovoltaicos de azotea. De 1994 a 2000 el gobierno invirtió 725 millones de dólares con lo que se instalaron 58,000 sistemas fotovoltaicos con una capacidad de 220 MW.

En 1991 Alemania comenzó un programa denominado 1000 techos solares, que ofreció subsidios de hasta 60 % de los costos de capital, a los consumidores que compraban individualmente sistemas fotovoltaicos. El programa se expandió en 1999 a 100 mil techos solares a lo largo de cinco años, ofreciendo créditos de bajo interés a 10 años tanto a consumidores como a empresas. Como resultado de tarifas de alimentación (feed-in) y bajas tasas de interés, se espera que con este programa se logre una capacidad instalada de 300 MW de energía solar fotovoltaica.

Los Estados Unidos lanzaron el programa de un millón de techos solares en 1997 para instalar sistemas solares fotovoltaicos y solarse térmicos en un millón de edificios para el año 2010. El programa considera financiamiento al consumidor con tasas de interés bajas y de largo plazo, programas de comercialización e incentivos a la producción.

III. MARCO TEÓRICO

El modelo que comúnmente se utiliza para analizar el equilibrio en el consumo intertemporal de energía puede ser estático o dinámico. De lo que se trata es de optimizar el valor presente del consumo en todos los períodos.

Suponiendo que la curva de demanda de un recurso no renovable es lineal y estable a lo largo del tiempo, entonces la función de demanda inversa para el año t está dada por la siguiente expresión:

$$P_t = a - bq_t$$

Los beneficios totales (BT) de extraer una cantidad q_t en el año t están dados por la integral de esta función (el área bajo la curva de la función de demanda).

$$\begin{aligned} BT &= \int_0^{q_t} (a - bq) dq \\ &= aq_t - \frac{b}{2} q_t^2 \end{aligned}$$

Asumiendo que el costo marginal de extraer el recurso es una constante c y por consiguiente el costo total (CT) de extraer cualquier cantidad q_t en el año t está dado por la siguiente expresión:

$$CT=cq_t$$

Si la cantidad de recurso disponible es Q, entonces la asignación dinámica de un recurso a través de n años es aquella que satisface el siguiente problema de maximización:

$$\text{Max} \sum_{i=1}^n \frac{aq_i - bq_i^2/2 - cqi}{(1+r)^{i-1}} + \lambda \left[Q - \sum_{i=1}^n q_i \right]$$

Suponiendo que Q es menor a lo que se demandaría normalmente, la asignación dinámica eficiente debe de satisfacer:

$$\frac{a - bq_i - c}{(1+r)^{i-1}} - \lambda = 0 \quad i=1, \dots, n$$

$$Q - \sum_{i=1}^n q_i = 0$$

VI. BIBLIOGRAFÍA

Aitken, Donald W., ***Libro Blanco: Transición hacia un Futuro Basado en las Fuentes Renovables de Energía***, primera edición en español, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México, 2006.

Comunicación de la Unión Europea, ***Energía para el Futuro: Fuentes Renovables de Energía***, Unión Europea, 1997.

Cleveland J. Cutler, ***Encyclopedia of Energy***, primera reimpresión, Elsevier, Estados Unidos de América, 2005

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, ***Plan de Energías Renovables en España 2005-2010***, IDAE, España, 2005.

Johanson Thomas y Goldemberg José, ***Energy for Sustainable Development: A Policy Agenda***, United Nations Development Program, New York, 2002.

International Energy Agency, ***Renewables for Power Generation***, París, 2003.

International Energy Agency, ***Renewable Energy: R&D Priorities***, París, 2006

Owen Anthony D., ***Environmental Externalities, Market Distortions and the Economics of Renewable Energy Technologies***, Energy Journal, Volume 25, Issue 3, July, 2004.

Martinot et Al, ***Renewables Global Status Report, 2006 Update***, Renewable Energy Policy Network for the 21st century, 2006.

Tietenberg, Tom, ***Environmental and Natural Resource Economics***, séptima edición, Pearson Addison Wesley, Estados Unidos de América, 2006.