

# Perspectivas de Energía Renovable: Biomasa

\*MARÍA DEL PILAR LONGAR BLANCO,  
\*\*MARÍA DEL PILAR M. PÉREZ HERNÁNDEZ,  
\*\*JOSÉ ÁNGEL ALVARADO MARTÍNEZ.

RESUMEN: El presente trabajo se perfila a la identificación y sistematización de estudios de caso donde pueda ser factible dar mejores opciones de calidad de vida a poblaciones vulnerables en el medio rural y urbano. Se sabe que en México, igual que en otras partes del mundo, los indicadores económicos como la producción o la inversión han ido durante años en incremento pero no han crecido equitativamente; y los indicadores ambientales resultan cada vez más negativos, con una contaminación sin fronteras y un cambio climático que amenaza la biodiversidad y la propia supervivencia de la especie humana. Se buscan nuevas tecnologías alternativas para llevar a cabo acciones que contrarresten la presión que se ha ejercido en el planeta. El análisis está basado en una de estas alternativas, las energéticas, específicamente: biomasa; y se plantean las urgentes medidas necesarias tecnológicas, educativas y políticas para avanzar hacia la sustentabilidad.

## Introducción

La biosfera es la capa que se extiende entre 8 y 10 kilómetros en la atmósfera y aproximadamente la misma distancia en las profundidades del mar; constituida por vapor de agua, dióxido de carbono y otros gases que ayudan a regular el clima, y que permanecieron estables por miles de años. La vida moderna y sus respectivos procesos industriales han provocado cambios a estas condiciones naturales como son: emisión de contaminantes (carbono) que ha conducido a una mayor retención del calor del sol (efecto invernadero) lo que provoca el gradual aumento en la temperatura de La Tierra; aunado a la acelerada pérdida de la biodiversidad, así como un avance de la frontera agrícola y urbanización, por mencionar algunas.

\*Directora del Proyecto CGPI 2005281. Becaria de Exclusividad COFAA. Profesora Investigadora CIECAS-IPN. c. e.: mlongar@ipn.mx, pilarlongar24@yahoo.com

\*\*Participantes en el Proyecto CGPI 2005281. Profesores Investigadores CIECAS-IPN. c. e.: mpperez@ipn.mx, jaalvarado@ipn.mx respectivamente.

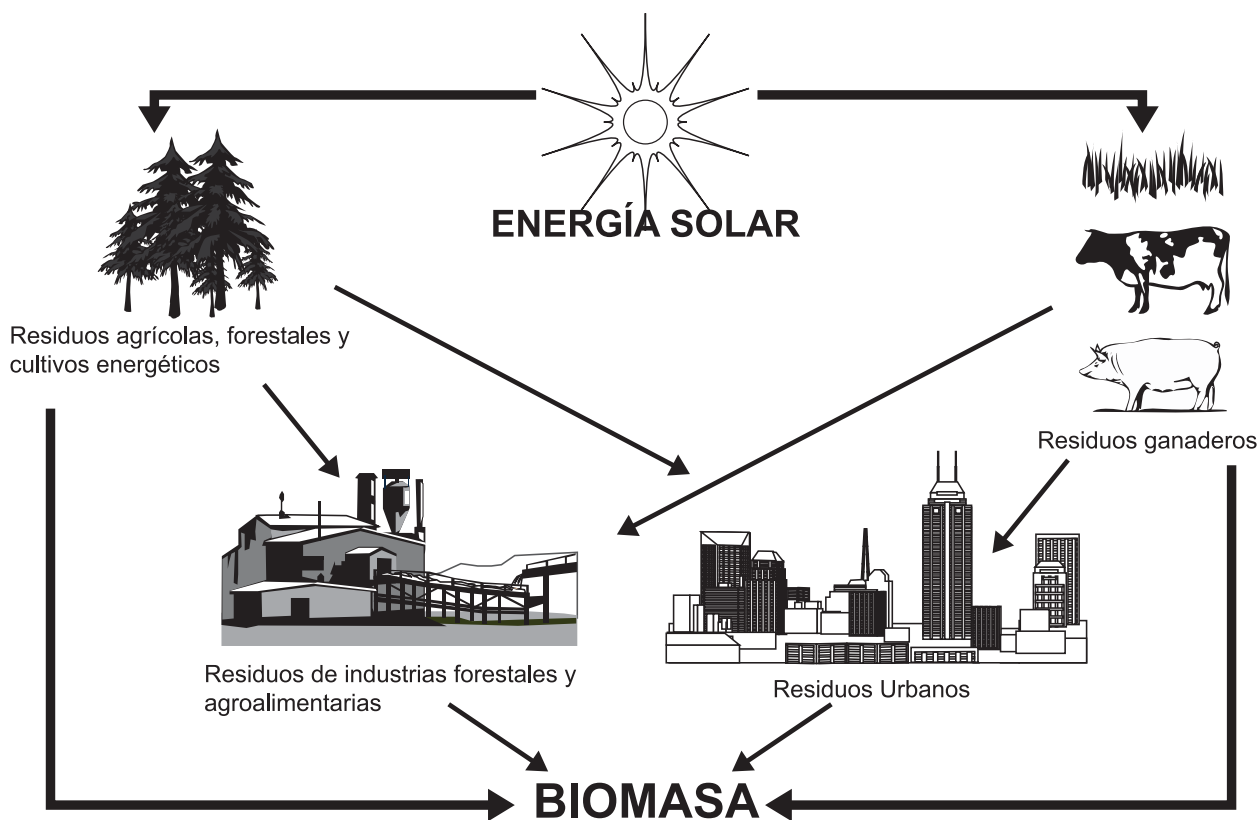
*Este artículo es parte del proyecto de Investigación CGPI 2005281, también se agradece el apoyo proporcionado por COFAA-IPN.*

El flujo de energía a través de los ecosistemas es el factor más importante en su organización. De la energía solar que alcanza la superficie de la Tierra, una fracción muy pequeña, deriva a los seres vivos, suficiente para que se lleve a cabo el proceso de fotosíntesis a través de las plantas, que ocupan el primer nivel como únicos organismos autótrofos o productores primarios (soportan todos los niveles de la cadena alimentaria o trófica). Se conoce que la *productividad bruta* es una medida de la tasa a la cual los organismos asimilan energía en un nivel trófico determinado.

Curtis *et al.* (2000), refieren que podría considerarse análoga a la tasa de ingreso bruto en un negocio. La *productividad neta* es la *productividad bruta* menos el costo de todas las actividades metabólicas de los organismos en cuestión. La misma autora y colaboradores, aducen que sería comparable a la tasa de ganancia neta. También suele expresarse como el incremento de la Biomasa (medida en gramos o en toneladas métricas) en un período determinado. Las relaciones energéticas entre los niveles tróficos determinan la estructura de un ecosistema en función de la cantidad de organismos y de la cantidad de *Biomasa* presente. Por lo tanto, se conceptualiza el término como *aquella materia orgánica renovable de origen animal o vegetal*. Con el uso masivo de combustibles fósiles el aprovechamiento energético de la biomasa fue disminuyendo progresivamente y en la actualidad presenta en el mundo un reparto muy desigual como fuente de energía primaria. En cambio, en los países desarrollados, es según Sims (2002) la energía renovable más extendida y que más se está potenciando.

De acuerdo a la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés, 1994) la biomasa agrícola y forestal supone un potencial económico importante especialmente en las zonas tropicales y subtropicales.

Figura 1



Biomasa. Representación esquemática del ciclo anaeróbico y co-digestión (residuos) animal y basura orgánica. OECD. 2004

Por lo ya mencionado, existen diferentes regiones geográficas que presentan gran potencial bioenergético. Los organismos fotosintéticos, tanto terrestres como marinos, pueden ser considerados como convertidores continuos de la

energía solar, y por consiguiente renovables, en materia orgánica, refiere Boyle (2004). Las plantas fijan anualmente mediante la fotosíntesis una cantidad de carbono similar en energía a 2,1021 joules<sup>1</sup>, que equivalen aproximadamente a 10 veces el consumo mundial de energía y alrededor de 200 veces la energía consumida en forma de alimentos.

El interés medioambiental de la biomasa reside en que, siempre que se obtenga de una forma renovable y sostenible, es decir que el consumo no vaya a más velocidad que la capacidad del bosque, la tierra, etc. para regenerarse, es la única fuente de energía que aporta un balance de CO<sub>2</sub> favorable, de manera que la materia orgánica es capaz de retener durante su crecimiento más CO<sub>2</sub> del que se libera en su combustión.

### Importancia de la biomasa entre las fuentes de energía

Al contrario de las energías extraídas de la *tanatoma* (carbón; petróleo), la energía derivada de la biomasa es renovable indefinidamente. En oposición a las energías eólica y solar, la de la biomasa es fácil de almacenar. Pero, opera con enormes volúmenes combustibles que hacen su transporte oneroso y constituyen un argumento en favor de una utilización local y sobre todo rural. Su rendimiento, expresado en relación a la energía solar incidente sobre las mismas superficies, es muy débil (0,5% a 4%, contra 10% a 30% para las pilas solares fotovoltaicas), las superficies terrestres y acuáticas, de que pueden disponer no tienen comparación con las que pueden cubrir, por ejemplo, los captadores solares.

Estados Unidos de Norteamérica es el país más grande generador de potencia con biomasa con 7,000 mega watts (mw) instalados. Las expectativas de crecimiento de la generación con biomasa alrededor del mundo son de más de 30,000 mw para el año 2020. Otros países como China y la India son considerados candidatos para instalar sistemas con biomasa de manera masiva. Las estimaciones muestran que para el 2015 China deberá tener entre 3,500 y 4,100 mw instalados, y la India entre 1,400 y 1,700 mw. Esto representa un crecimiento acelerado de sus niveles actuales de capacidad instalada de 154 y 59 mw respectivamente. Otros países que muestran un promisorio crecimiento por la variedad de sus sistemas de biomasa son Brasil, Malasia, Filipinas, Indonesia, Australia, Canadá, Inglaterra, Alemania y Francia.

La obtención de energía respecto a biomasa, es uno de los recursos económicos importantes del presente y futuro del mundo, por ejemplo, en Brasil, donde la caña de azúcar se transforma en *Etanol* para carburante, y en la provincia de Sicuani, en China, donde se obtiene gas a partir de estiércol, el *Gasohol*, que es una sustancia for-

mada por nueve partes de gasolina sin plomo y una de alcohol (etanol o metanol). Esto se utiliza en algunos países para abaratar el precio de la gasolina para el automóvil. Aunque no es renovable.

Europa, la cual ha asumido con mayor responsabilidad el proceso de transición a un sistema energético sustentable, siendo Alemania, Dinamarca y España los países que más se han destacado por este desarrollo en producción de energías. El caso de Dinamarca merece ser ejemplificado. Actualmente cubre 7% de su oferta energética con energías renovables, 5% corresponde a biomasa y para el año 2020 planea cubrir 20% con renovables (Sebastián y Royo, 2002).

De la misma manera, en México es factible la utilización directa, como tradicionalmente se ha aprovechado la leña y el bagazo de la caña, o mediante la conversión de la biomasa en diferentes hidrocarburos a través de diferentes procesos de transformación.

Los datos oficiales de la Comisión Reguladora de Energía [CRE] (2004), estiman que en estos últimos años la alimentación mundial está basada en 20 cultivos principales, de los cuales 4 de ellos, como la caña de azúcar, el maíz, el arroz y el trigo, representan un 61% de la producción agrícola mundial.

Según la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía [CONAE] (2004) la capacidad generada respecto a biomasa, está estimada en un promedio de 14,000 mw de capacidad instalada alrededor del mundo, la biomasa es la mayor fuente de potencia para generación de energía eléctrica con energías renovables, después de la hidroeléctrica.

### Tipos de biomasa

Existen diferentes tipos o fuentes de biomasa que pueden ser utilizados para suministrar la demanda de energía de una instalación:

**a) Biomasa natural:** es la que se produce espontáneamente en la naturaleza sin ningún tipo de intervención humana. Los recursos generados en las podas naturales de un bosque constituyen un ejemplo de este tipo de biomasa. La utilización de estos recursos requiere de la gestión de su adquisición y transporte hasta la empresa, lo que puede provocar que su uso sea inviable económicamente.

**b) Biomasa residual seca:** se incluyen en este grupo los subproductos sólidos no utilizados en las actividades

<sup>1</sup> 1 caloría= 4.184 joules.

1 joule= 0.239 calorías; 1 joule/ seg.= 1 watt; 1 joule= 2.7777 x 10<sup>-7</sup> Kilowatt hora.

1Tonelada petróleo= 41.840. 000.000 joules = 11,622 Kwh.

1Tonelada Carbón = 29. 300. 000.000 joules= 8138.9 Kwh.

agrícolas, en las forestales y en los procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera y que, por tanto, son considerados residuos. Este es el grupo que en la actualidad presenta un mayor interés desde el punto de vista del aprovechamiento industrial. Algunos ejemplos de este tipo de biomasa son la cáscara de almendra, las podas de frutales, el aserrín, entre otros.

**c) Biomasa residual húmeda:** son los vertidos denominados *biodegradables*: las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos. *Cultivos energéticos*: son cultivos realizados con la única finalidad de producir biomasa transformable en combustible. Algunos ejemplos son el cardo, el girasol cuando se destina a la producción de biocarburantes, por mencionar algunos.

**d) Biocarburantes:** aunque su origen se encuentra en la transformación tanto de la biomasa residual húmeda (por ejemplo reciclado de aceites) como de la biomasa residual seca rica en azúcares y almidón (maíz, trigo, etc.) o en los cultivos energéticos (colza, girasol, etc.), por sus especiales características y usos finales este tipo de biomasa exige una clasificación distinta de las anteriores. (Sebastián y Royo, 2002).

### Tecnologías para la obtención de energía de Biomasa

La utilización práctica de las diferentes formas de biomasa requiere de técnicas y sistemas de conversión. Entre las que se pueden distinguir:

#### Métodos termoquímicos

Estos métodos se basan en la utilización del calor como fuente de transformación de la biomasa. Están bien adaptados al caso de la biomasa seca y, en particular, a los de la paja y de la madera.

**a) La combustión:** Es la oxidación completa de la biomasa por el oxígeno del aire, libera simplemente agua y gas carbónico, y puede servir para la calefacción doméstica y para la producción de calor industrial.

**b) La pirólisis:** Es la combustión incompleta de la biomasa en ausencia de oxígeno, a unos 500 °C, se utiliza desde hace mucho tiempo para producir carbón vegetal. Aparte de éste, la pirólisis lleva a la liberación de un gas pobre, mezcla de monóxido y dióxido de carbono, de hidrógeno y de hidrocarburos ligeros. Este gas de débil poder calorífico, puede servir para accionar motores diesel, o para producir electricidad, o para mover vehículos. Una variante de la pirólisis, llamada *pirólisis flash*, lleva a 1000°C en menos de un segundo, tiene la ventaja de asegurar una gasificación casi total de la biomasa. De todas formas, la gasificación total puede obtenerse mediante una

oxidación parcial de los productos no gaseosos de la pirólisis. Las instalaciones en las que se realizan la pirólisis y la gasificación de la biomasa reciben el nombre de gasógenos. El gas pobre producido puede utilizarse directamente como ya se indicó, o bien servir de base para la síntesis de un alcohol muy importante, el metanol, que podría sustituir las gasolinas para la alimentación de los motores de explosión (*carburol*). (Sebastián y Royo, 2002).

#### Métodos biológicos

**a) Fermentación alcohólica** es una técnica muy antigua usada con los azúcares, que puede utilizarse también con la celulosa y el almidón, a condición de realizar una hidrólisis previa (en medio ácido) de estas dos sustancias. Pero la destilación, que permite obtener alcohol etílico prácticamente anhidrido, es una operación muy costosa en energía. En estas condiciones, la transformación de la biomasa en etanol y después la utilización de este alcohol en motores de explosión, tienen un balance energético global dudoso. A pesar de esta reserva, ciertos países (Brasil y Estados Unidos) tienen importantes proyectos de producción de etanol a partir de biomasa con un objetivo energético: propulsión de vehículos (cuando el alcohol es puro o mezclado con gasolina, como el carburante *gasohol* ).

**b) Fermentación metánica** es la *digestión anaerobia de la biomasa por bacterias*. Es idónea para la transformación de la biomasa húmeda (más del 75% de humedad relativa). En los fermentadores, o digestores, la celulosa es esencialmente la sustancia que se degrada en un gas, que contiene alrededor de 60% de metano y 40% de gas carbónico. El problema principal consiste en la necesidad de calentar el equipo, para mantenerlo a la temperatura óptima de 30°C a 35°C. No obstante, el empleo de digestores es un camino prometedor hacia la autonomía energética de las explotaciones agrícolas, por recuperación de las deyecciones y camas del ganado. Además, es una técnica de gran interés para los países en vías de desarrollo. En China, millones de digestores ya son utilizados por familias campesinas. (Sebastián y Royo, 2002). Con base a estos métodos se han desarrollado diferentes sistemas, que hacen posible la utilización de la energía de la biomasa como son:

#### Tecnologías en la generación de energía por biomasa

Cuando se desea generar energía con biomasa se puede optar por diferentes sistemas tecnológicos. La elección entre uno y otro depende de las características de los recursos, de la cuantía disponible y del tipo de demanda energética requerida.

En general, los sistemas comerciales existentes en el mercado para utilizar la biomasa residual seca se pueden clasificar en función de que estén basados en la combustión del recurso o en su gasificación; los que aprovechan el contenido energético de la biomasa residual húmeda están basados en su digestión anaerobia y, por último, para ambos tipos de recursos, existen tecnologías que posibilitan la obtención de *biocarburantes*.

### Sistemas basados en la combustión de la biomasa

Con los equipos que en la actualidad existen en el mercado se pueden conseguir rendimientos de combustión muy elevados, que pueden alcanzar hasta el 95% si se acoplan equipos de recuperación de calor. Los avances tecnológicos conseguidos, tanto en los sistemas de alimentación de la biomasa como en los equipos de combustión, hacen que, en estos momentos, si se dispone de biomasa y es necesario cubrir una demanda térmica en la empresa, los equipos de combustión de biomasa sean tan eficientes, cómodos y competitivos como los basados en combustibles fósiles.

En general, una planta de combustión de biomasa consta de los siguientes sistemas:

- Almacenamiento de combustible
- Transporte y dosificación del combustible al equipo de combustión
- Equipos y cámara de combustión
- Caldera (vapor, agua caliente, aceite térmico)
- Recuperadores auxiliares de calor
- Depuración de gases
- Extracción de cenizas

Existen diferentes tecnologías para llevar a cabo la combustión de la biomasa: caldera de parrilla, cámara torsional, combustor en lecho fluido, etcétera. En función de las características del recurso y de la demanda (energía a baja o a alta temperatura y cantidad de la misma a suministrar) es idónea en relación a otros según sea el caso; los avances tecnológicos antes mencionados, proporcionan tanta seguridad y confort como los sistemas basados en combustibles fósiles.

### Sistemas basados en la gasificación de la biomasa

Cuando se desea generar energía térmica y/o eléctrica con biomasa, ésta se puede introducir en equipos en los que por la acción del calor y la carencia de oxígeno producen —al descomponer térmicamente el recurso— un gas combustible que puede emplearse de forma similar a como se utilizan el gas natural u otros combustibles gaseosos

tradicionales. Estos equipos presentan la ventaja de que poseen, cuando se trabaja con potencias reducidas o con potencias muy elevadas, mayor rendimiento que los sistemas de combustión, por lo que en esos casos pueden ser mucho más adecuados.

Una planta de gasificación consta de los mismos sistemas que una planta de combustión, salvo que la caldera se sustituye por el gasificador y el sistema de limpieza del gas.

Como ocurre con la combustión, existen diferentes tecnologías de gasificación de un recurso, gasificador de corrientes paralelas, gasificador en contracorriente, gasificador de lecho fluido, etcétera. En función de las características del combustible y del destino del gas generado es más conveniente un tipo de aplicación u otro.

### Digestión anaerobia

La biomasa residual húmeda, o lo que es lo mismo, las aguas residuales de origen orgánico, son aquellas que aparecen como resultado de la actividad humana en instalaciones agropecuarias, urbanas e industriales y que, por su contenido en agua y materia orgánica, puede ser tratada mediante un proceso biológico.

Estos procesos biológicos permiten el aprovechamiento del potencial energético de este tipo de biomasa, disminuyen su carga contaminante y generan subproductos estabilizados con valor fertilizante. De todos los procesos, el *compostaje* y la digestión anaerobia son los más empleados y ya se encuentran a escala comercial.

La materia orgánica del residuo, en ausencia de oxígeno, se degrada o descompone por la actividad de unos microorganismos específicos transformándose en un gas de alto contenido energético o biogás y en otros productos que contienen la mayor parte de los componentes minerales y compuestos de difícil degradación que en ocasiones se denominan fangos.

El biogás, cuyos componentes principales son el metano y el anhídrido carbónico, puede emplearse para producir energía térmica, eléctrica o en sistemas de cogeneración. El metano es el componente que confiere el valor energético a este gas, 1 m<sup>3</sup> de biogás con un 60% de metano, tiene un poder calorífico próximo a las 5.500 kcal. Para que el proceso tenga lugar con la máxima eficiencia se deben controlar una serie de factores como el pH, la alcalinidad, la acidez volátil, la temperatura, los nutrientes, los inhibidores y los tiempos de residencia.

Existen en la actualidad diferentes sistemas para llevar a cabo este proceso. Estas tecnologías se clasifican en función del sistema de carga utilizado y el estado de la biomasa bacteriana existente dentro del digestor. La implantación de una tecnología u otra depende principalmente de las características del vertido a tratar.

## Implicaciones del uso de la energía de biomasa

Sebastián y Royo (2002) reportan que la utilización energética de la biomasa presenta, por sus características, algunos inconvenientes con relación a los combustibles fósiles:

- Los rendimientos de las calderas de biomasa son ligeramente inferiores en comparación a los usados por un combustible fósil líquido o gaseoso.
- La biomasa posee menor densidad energética, o lo que es lo mismo, para conseguir la misma cantidad de energía es necesario utilizar más cantidad de recurso. Esto hace que los sistemas de almacenamiento sean, en general, mayores.
- Los sistemas de alimentación de combustible y eliminación de cenizas son más complejos y requieren mayores costos de operación y mantenimiento (respecto a las que usan un combustible fósil líquido o gaseoso). No obstante, cada vez existen en el mercado sistemas más automatizados que van minimizando este inconveniente.
- Los canales de distribución de la biomasa no están tan desarrollados como los de los combustibles fósiles (sólo aplicable en el caso de que los recursos no sean propios).
- Muchos de estos recursos tienen elevados contenidos de humedad, lo que hace que en determinadas aplicaciones pueda ser necesario un proceso previo de secado.

## Conclusiones

Existe en México la necesidad inaplazable de llevar a cabo una transición hacia un nuevo sistema energético de energías renovables como una alternativa para lograr las metas de la política ambiental con el desarrollo global. Se requiere que en nuestro país, se adopten medidas y políticas públicas más rigurosas por la importancia que representa en términos económicos, tecnológicos y ambientales traducidos en acciones precautorias para los impactos en agricultura, agua, energía y desastres naturales, entre otros, cuenta con un enorme potencial para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, pero se requiere de manera urgente un cambio tecnológico e incorporar programas de energías alternativas por las consecuencias del cambio climático (mayor consumo de energía para el control de la temperatura en casas e industrias) en salud, desarrollo social, agricultura, por mencionar algunas. De acuerdo a las opiniones de expertos en la materia, vertidos en la V Jornada de Energía y Sustentabilidad (2005) se estima que en México las reservas de hidrocarburos tendrán una duración máxima de 20 años, según el ritmo al que sean explotadas.

Entre los atributos del aprovechamiento energético de la biomasa, se destaca el permitir a los cultivos perennes proteger al suelo de la erosión; eliminado la sobrecarga con el pastoreo del ganado o degradación de suelo fértil. También resulta necesario dar continuidad a la actividad del sector agrícola, evitando abandono de superficies productivas y manteniendo los sectores industriales relacionados directamente con: producción agrícola, fertilizantes naturales, maquinaria agrícola o producción de semillas. Asimismo, se contribuye a la creación de puestos de trabajo, en el propio sector agrícola y en el de transformación. Dichos energéticos renovables reducen el consumo de petrolíferos, los cuales se pueden destinar a la generación de otros productos con mayor valor de mercado y posicionamiento estratégico en el mismo.

## Bibliografía

- Boyle, G. (editor). 2004. *Renewable Energy: Power for Sustainable Future*. 2<sup>nd</sup> Edition. Oxford. UK. 452 pp.
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía CONAE. 2004. *Las energías renovables en México y el mundo Semblanza 1*. [www.conae.gob.mx/work/secciones/24/imagenes/seml](http://www.conae.gob.mx/work/secciones/24/imagenes/seml)
- Curtis, H. *et al.* 2000. *Biology*. Editorial W. H. Freeman and Company. New York. 1496 pp.
- FAO. 1994. *Bioenergy for development: Technical and environmental dimensions*. FAO Environmental and Energy. Paper 13. Rome. Italy. 78 p.
- Kautto, N. 2004. *Biomass. Bioenergy Technology Evaluation and Potential in Costa Rica*. Research Reports in Biological and Environmental Sciences. 81. Department of Biological and Environmental Science. University of Jyväskylä. Finland. pp. 50- 126.
- La Biomasa como fuente de energía renovable*. 2004. [www.cps.unizar.es/~isf/html/bigen01.html](http://www.cps.unizar.es/~isf/html/bigen01.html)
- OECD. 2004. *Biomass and agriculture: Sustainability, markets and policies*. OECD. [www.novaenergie.ch/iea-bioenergytask37/Dokumente/managementpaw3](http://www.novaenergie.ch/iea-bioenergytask37/Dokumente/managementpaw3) Paris. France. 565p.
- Sebastián, F., N. H. Royo. 2002. *Ciclo de energías renovables. Jornadas de biomasa*. Fundación CIRCE. [www.cps.unizar.es/~isf/adjuntos/bigen01.pdf](http://www.cps.unizar.es/~isf/adjuntos/bigen01.pdf)
- Sims, R.E.H. 2002. *The brilliance of bioenergy in business and in practice*. Editorial James & James. London. UK. 316pp.
- V Jornada de Medio Ambiente. 2005 *Energía y Sustentabilidad. Relatoría de Conferencias y mesas redondas*. Programa de Medio Ambiente. Universidad Iberoamericana. México (18 y 19 de abril). 53pp.