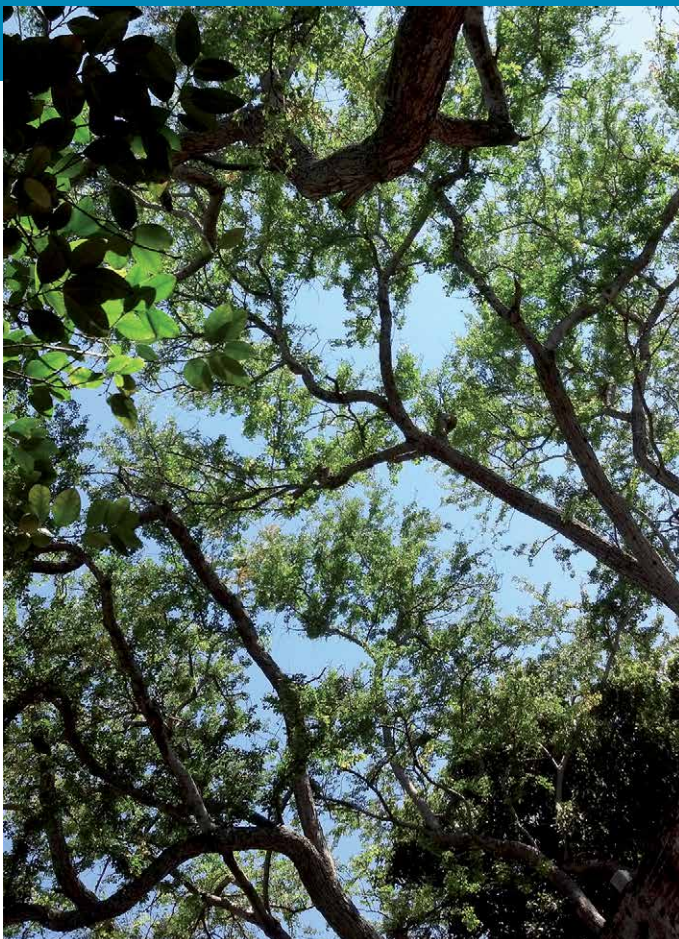


La biomasa en la transición energética de México

Jorge Maximiliano Huacuz Villamar

Abstract

Along human history, biomass in its multiple forms has played an important role as an energy source. It is estimated that biomass could supply between 25 and 30% of the future global energy mix by the year 2050. This energy resource has a vast potential in Mexico and there is also a legal framework for its exploitation, along with programs for its promotion. However, there are still pending tasks for this resource to make an important contribution to this country's energy transition. This article presents an overview of the biomass situation in Mexico.



La biomasa en el mundo antiguo

Desde que el hombre primitivo descubrió cómo controlar y usar el fuego con fines prácticos, el uso como energético de materia orgánica de origen vegetal ahora llamada biomasa ha sido una constante en el proceso del desarrollo humano. Aún se discute si fue el homo sapiens, o su antecesor el homo erectus, quien aprendió a usar el fuego para tener mayor seguridad, mejores opciones alimenticias y más confort (Primitive Man's Relationship with Fire and the Environment, 2015).

El hombre primitivo también aprendió a domesticar animales para uso como bestias de tiro y carga, cuya fuerza muscular le fue útil en el proceso del desarrollo agrícola y para otras actividades. Así, por miles de años la fotosíntesis fue fuente primaria de energía, que a través de la alimentación soportó la fuerza muscular de humanos y animales. Más adelante, la combustión de madera tomó auge como fuente de energía calorífica, que ha sido usada a lo largo de miles de años en procesos productivos.



Se reporta que a finales del siglo XV, el escenario energético estaba dominado en casi 50% por la fuerza muscular de hombres y bestias, mientras que la leña cubría el resto de la demanda. Por su lado, el **carbón vegetal** ya se destinaba para procesar metales, actividad intensiva en uso de calor.

Al aumentar la población también creció la necesidad de espacio para fundar ciudades y de tierra fértil para producir más alimentos. Durante la edad media los bosques se redujeron en treinta por ciento en Europa, al ser reemplazados por áreas de cultivo. Por ejemplo, en 1086 en Inglaterra, los bosques ocupaban el 15% del territorio, pero en dos siglos, la mitad de esa superficie fue talada, por lo que a fines del siglo XIII se emitieron en esta zona las primeras leyes para la protección de los bosques. La deforestación tuvo proporciones similares en todo el continente europeo y los bosques pasaron de ser fuente de energía a suministrar madera para otros usos (Szabó et al., 2015).

A principios del siglo XIX, la sociedad humana aún vivía una economía agrícola, cuya base energética comenzaba ya a diversificarse con la incorporación lenta pero creciente de otras formas de energía. Investigadores sostienen que la sustitución de combustibles de origen orgánico principalmente por carbón mineral, se debió en gran medida a la



competencia por espacios cultivables entre la producción de alimentos y la producción de energía (Wrigley, 2011).

La biomasa en el mundo moderno

El Consejo Mundial de la Energía reporta que en 2013, la biomasa suministraba globalmente unos 50 Exajoules (EJ), equivalente al 10% del consumo anual de energía primaria en el mundo. El potencial técnico de la biomasa para 2050 se estima en 1,500 EJ por año, aunque escenarios que toman en cuenta aspectos de sustentabilidad (factores ambientales, disponibilidad de agua y otros) indican un potencial menor, de entre 200 y 500 EJ. La demanda mundial de energía primaria para el año 2050 se espera se ubique en el rango de 600 EJ a 1000 EJ, por lo que la biomasa podría contribuir entre 25% y 30% de la mezcla futura de energía (World Energy Council, 2013).

En los países industrializados, la contribución de la biomasa es en promedio solamente 3% de la energía primaria total, primordialmente en aplicaciones para calor y electricidad, pero muchos países han establecido metas para incrementar su uso como medio para cumplir con sus objetivos energéticos y ambientales. Se espera que para el año 2050, el uso de biomasa para energía en la industria se duplique, mientras que para la producción de electricidad crezca entre 2 y 2.5 veces para el año 2030. Los biocombustibles tienen una mayor tasa de crecimiento para el transporte y reciben mucha atención del público, pero hoy solamente representan el 1.5% del total del consumo. Se proyecta que para el año 2030 habrá crecido 10 o 20 veces en relación con el nivel de consumo actual (World Energy Council, 2013).

Procesos de conversión

Existen varias tecnologías con distinto grado de desarrollo para la conversión de biomasa en bioenergéticos. También se desarrollan tecnologías para mejorar la calidad de algunas formas de biomasa y convertirlas en energéticos más densos, así como de mayor eficiencia para su acarreo y almacenamiento.

Las tecnologías para producción de calor van desde estufas muy rudimentarias hasta plantas modernas de **cogeneración** (calor y electricidad), la **cocombustión** de biomasa (*co-firing*) en centrales carboeléctricas, y la **combustión directa** de residuos sólidos urbanos (RSU). La **digestión anaerobia** para producir **biogás** (mezcla de gases con alto contenido de metano) es un proceso más apropiado para transformar biomasa húmeda, lodos residuales y líquidos con alto contenido de materia orgánica. Estos procesos están tecnológicamente bien establecidos y disponibles comercialmente. Las tecnologías de **gasificación** de biomasa producen mezclas de gases de alto valor energético, pero su uso es aún limitado, aunque pueden ser más eficientes y económicas, tanto en pequeña como en gran escala.

La producción de alcohol etílico anhidro (**bioetanol**) por fermentación de la glucosa contenida en algunos productos agrícolas (caña de azúcar, remolacha, maíz) y la producción

de **biodiésel** por transesterificación de aceites derivados de cultivos oleaginosos, aceites residuales orgánicos y grasas, son las principales tecnologías para la producción de **biocombustibles** destinados al sector transporte.

Ejemplos a seguir

Varios países han emprendido exitosamente la ruta de los bioenergéticos. Brasil es el primer productor de bioetanol en el mundo a partir de caña de azúcar y Estados Unidos ocupa un lugar equivalente usando maíz. Los países europeos tienen políticas ambiciosas para el uso de bioenergéticos. Suecia es un caso notable: en 1980 decidió abandonar la ruta nuclear y limitar su dependencia del petróleo, y reorientó su estrategia energética hacia las energías renovables. Ya para 1999 la biomasa aportaba 14% del suministro total de energía. Ocho años después su aportación se había duplicado (Johansson, 2004), y el 57.7% del calor, el 9.2% de la electricidad y el 4.9% de los combustibles automotores provenían de la biomasa (Melin, 2009). Gracias a un esquema de estímulos (Johansson, 2001), en 2008 había un total de 30 plantas incinerando el 48% de los RSU para producir casi 10 TWh de electricidad (Melin, 2009). Cientos de autobuses, camiones y vehículos híbridos en Suecia operan con biocombustibles producidos con excedentes de granos y vinos del mercado europeo. El impulso a la biomasa en este país impacta en



los sectores tecnológico, agrícola, forestal e industrial. Suecia exporta biocombustibles sólidos, equipo para su manejo y aprovechamiento, y servicios profesionales para el aprovechamiento de la biomasa.

Los bioenergéticos en México

En México, la biomasa aporta el 4.22% del total de la energía primaria (SENER, 2014). El recurso básico es madera forestal en forma de leña y carbón vegetal. Se estima un consumo de 38 millones de metros cúbicos de madera al año, es decir, tres y media veces superior al uso de madera en rollo en las industrias del papel, muebles, y la construcción (SEMARNAT, 2007-2012). Cerca del 66% van al sector doméstico de autoconsumo y alrededor del 2% para producir carbón vegetal, 2,500 toneladas en 2012 (IRENA). El resto va, en partes iguales, al sector doméstico comercial y a pequeñas industrias.

El potencial de la biomasa en México no ha sido cuantificado en forma integral, pero hay cifras sobre su valor en varios sectores. Su potencial energético bruto se ubica entre 3,000 y 4,500 Petajoules (PJ) por año (Islas, 2007), considerando madera de bosques naturales y de plantaciones forestales, subproductos agrícolas, cultivos energéticos y RSU. Estas cifras representan entre 45 y 67 por ciento de la oferta interna bruta de energía del año 2014.



Generación eléctrica

Algunos autores ubican el potencial de generación eléctrica con biomasa en México por arriba de los 18,500 MW (Arvizu, 2008) que podrían lograrse en un escenario alto de penetración para el año 2030 (Islas, 2007). La SENER establece una cifra de 3,642 MW, de los cuales 1,515 pueden implementarse en diez años a partir de residuos: RSM, 200 MW; agrícolas, 950 MW; pecuarios, 278 MW; y forestales 87 MW (SENER, 2012).

De acuerdo con el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables-PEAER (DOF, 2014), la capacidad instalada para generación en el país a partir de biomasa es de 680.6 MW. Del total de la bioelectricidad producida, el 90% proviene de la combustión directa de bagazo de caña en ingenios azucareros y el resto de biogás de diversas fuentes. La Prospectiva de Energías Renovables prevé 402 MW en plantas de generación distribuida con biomasa para el año 2028. Aún no aparecen en México plantas de cocombustión o de gasificación de biomasa, ni plantas de combustión de RSU. El IIE elaboró una guía con información útil para el desarrollo de nuevos proyectos de generación con RSM (Romo et al., 2012).

Biocombustibles

Los dos principales cultivos para producir bioetanol para automotores en México son caña de azúcar y sorgo en grano. Se calcula que para el año 2020 habrá suficiente capacidad en el país para atender una demanda anual de bioetanol por casi 350 millones de litros, mientras que de sorgo se podrían suministrar casi 150 millones de litros (CIDB). Para producir biodiésel en México hay tres cultivos no alimenticios con potencial actual para rendir 10 millones de litros al año: palma de aceite, higuera, y *Jatropha curcas* (SAGARPA, 2013). Para 2015 se estima una producción de entre 8 y 11 millones de litros de bioetanol, que se espera crezca a entre 175 y 250 millones de litros anuales en 2025 (SENER, 2014-2028) y 350 millones para 2030 (IRENA, 2015). Sin embargo, poco se observa en términos de ampliación de la capacidad nacional de producción, pues de 40 permisos que el gobierno ha otorgado en bioetanol, solamente dos corresponden a proyectos de producción y dos para transporte, el resto son permisos para comercialización. En biodiésel, el gobierno ha otorgado a la fecha 15 permisos para plantas cuya capacidad sea menor a 500 litros por día.

Las principales acciones a la fecha en el área de biocombustibles incluyen una prueba piloto realizada en el período 2008-2009, en la cual una flotilla de vehículos en el área de Monterrey operó con gasolina mezclada con

bioetanol al 6%. En la mezcla se utilizaron 2.38 millones de litros de gasolina Magna y 151,600 litros de bioetanol. En el período 2010-2011 se destinó financiamiento para la producción de biodiésel. Se reporta la existencia de cuatro plantas y una producción que pasó de 49,000 litros en 2010 a 60,000 litros en 2011. En ese mismo período, el programa Pro-árbol de CONAFOR financió la siembra de más de ocho mil hectáreas de *Jatropha curcas*. También se realizaron pruebas piloto en vehículos utilizando mezclas al 5% de biodiésel como lubricante del diésel ultra bajo en azufre. Por su parte, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), quien tiene firmado un convenio con el Gobierno del Estado de Morelos para impulsar la producción de aceite de *Jatropha*, presentó en 2010 la iniciativa "Plan de vuelo hacia los biocombustibles sustentables de aviación en México". Se han realizado ya en el país varios vuelos de prueba utilizando **bioturbosina** (mezcla de turbosina y **biokeroseno** producido con aceite de *Jatropha*) suministrada por ASA.

El Marco Jurídico en México

Antes de 2008 México no tenía un marco jurídico aplicable a los bioenergéticos, ni en general a las energías renovables. En ese año se emitió la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos-LPDB (DOF, 2008) para promover la producción de insumos y materias primas, así como la producción,





transporte y comercialización de bioenergéticos. El Gobierno busca reactivar el sector rural, generar empleo y mejorar la calidad de vida de la población rural con esta ley.

La LPDB define bioenergéticos como “combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades agrícola, pecuaria, silvícola, acuicultura, algacultura (sic), residuos de la pesca, domésticas (sic), comerciales, industriales, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados, producidos por procesos tecnológicos sustentables que cumplan con las especificaciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente”. Cabe notar que la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética-LAERFTE (DOF, 2008), emitida también en 2008, excluye a los RSU del concepto de energía renovable cuando son convertidos mediante procesos térmicos.

La LPDB crea la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos (CIDB), entidad que coordina las políticas en la materia. El Reglamento de esta Ley (DOF, 2009) establece obligaciones para varias dependencias y prohíbe la producción de bioenergéticos con maíz. También prohíbe cambiar el uso de suelo de forestal a agrícola para producir insumos para bioenergéticos, y obliga a la SAGARPA a emitir un “Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos”, otro para el “Desarrollo Científico y Tecnológico”, y a la SENER el “Programa de Introducción de Bioenergéticos” con objetivos, estrategias, acciones y metas. El PEAER, derivado de la LAERFTE, establece entre sus cinco objetivos principales incrementar la participación de biocombustibles en la matriz energética nacional y propone promover el aprovechamiento de residuos e insumos para la producción de biocombustibles, desarrollar las condiciones de certidumbre legal y de mercado para la promoción de todo tipo de biocombustibles y mezclas, y generar y difundir información relevante para su promoción, desarrollo y uso.

Las políticas en México no establecen mandatos para los mercados de biocombustibles para el transporte, pero se

actúa para promover el desarrollo de esa agroindustria mediante el Programa de Bioeconomía implementado en 2010, con un presupuesto de 1,000 millones de pesos otorgado por el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. El recurso aprobado se destina a proyectos para la multiplicación de semillas, plantas y material vegetativo, así como al establecimiento de cultivos a nivel comercial y proyectos innovadores de producción de insumos para bioenergéticos, así como para apoyar proyectos de plantas piloto, investigación y desarrollo tecnológico, validación de paquetes tecnológicos de cultivos agrícolas o de algas con potencial productivo para la obtención de biomasa (Zamarrita, 2011).

Las tareas pendientes

Varios factores impactan la viabilidad comercial de los bioenergéticos en el país, ya sea para generación eléctrica o para biocombustibles, incluyendo los costos de producción y la logística para el acopio de la biomasa, los costos de recolección y entrega en las plantas de procesamiento, las adecuaciones que requerirán las centrales de generación ya en operación y otros más.

La transición de nuestro país hacia una economía con mayor aprovechamiento de la biomasa seguramente durará varias décadas, a lo largo de las cuales los bioenergéticos deberán evolucionar hacia formas más eficientes, más

rentables y más sustentables. Su participación en la matriz energética dependerá fundamentalmente de su competitividad económica y del marco de políticas y programas que para su adopción se establezcan en el futuro.

Al igual que hace cientos de años en otras regiones, la producción de bioenergéticos en México se podrá ver limitada por factores tales como el incremento en la demanda por alimentos de una población creciente y con mayor poder económico, lo que puede limitar la disponibilidad de suelos y agua para su cultivo. Igualmente limitantes podrán ser los posibles impactos del cambio climático sobre los cultivos de bioenergéticos y de éstos sobre la biodiversidad.

La investigación y el desarrollo deberán jugar un papel importante para eliminar las barreras, tanto en el trayecto hacia los bioenergéticos de segunda y tercera generación como en la estructuración local de las correspondientes cadenas de valor, de tal forma que la implementación masiva de bioenergéticos en el país sea social, económica y ambientalmente sustentable. Cabe destacar que los bioenergéticos de segunda generación se basan en insumos que contienen biomasa ligno-celulósica y de los cuales se pueden obtener biocombustibles líquidos. En los de tercera generación se ubican las microalgas unicelulares y las macroalgas, de las cuales se pueden producir tanto alcoholes como diésel e hidrógeno. Actualmente se investigan procesos tanto bioquímicos como termoquímicos para su transformación.

Se espera que el Centro Mexicano de Innovación en Bioenergéticos, en proceso de creación por el Fondo de Sustentabilidad Energética CONACyT-SENER, logre vincular los esfuerzos de la academia, centros de investigación y empresas para atender la diversidad de barreras que han sido obstáculo a nivel internacional para el desarrollo de proyectos de bioenergéticos, incluyendo el riesgo tecnológico derivado de la compleja interacción de las diversas etapas de desarrollo de las componentes tecnológicas individuales a través de todos los segmentos de la cadena de producción y suministro.

Igualmente importante será planear el uso de suelo a nivel regional y lo relativo a la tenencia de la tierra, así como el desarrollo de una estrategia integral del sistema energético, transversal a los sectores calor, electricidad y transporte. Resulta de particular interés en el momento actual, revisar y actualizar los esquemas existentes para el financiamiento de proyectos, de manera relevante los de pequeña escala, así como desarrollar nuevas formas de negocio de los bioenergéticos, si es que se quiere cumplir con los objetivos de la ley de crear empleos y promover el desarrollo de las comunidades rurales menos favorecidas.

Referencias

- 123HelpMe.com. (2015). Primitive Man's Relationship with Fire and the Environment. Recuperado de <http://www.123HelpMe.com/view.asp?id=22172>.
- Szabó et al. (2015). *Intensive woodland management in the Middle Ages: spatial modelling based on archival data*. Journal of Historical Geography 48.
- Wrigley, T. (2011). *Opening Pandora's box: A new look at the industrial revolution*. July 22.
- World Energy Council. (2013). World Energy Resources: Bioenergy.
- Johansson, B. (2001). *Biomass in Sweden Historic Development and Future Potential Under New Policy Regimes*. Environmental and Energy Systems Studies, Lund University.
- Melin G. (2009). *Current use of Biomass for energy in Sweden and forecast for the coming years*. SVEBIO.
- Johansson, B. *Biomass and Swedish Energy Policy*. Environmental and Energy Systems Studies, Lund University.



SENER. (2014). *Balance Nacional de Energía 2013*, México.

Comisión Nacional Forestal SEMARNAT. *Programa Nacional de Dendroenergía Forestal 2007-2012*.

Samperio, J. (2007). *Prospectiva del uso de la Bioenergía en México*. Seminario “Cambio Climático. El Caso de México”. Academia de Ingeniería, Septiembre.

Arvizu, J. (2008). *Potencial Eléctrico Regional de Fuentes de Biomasa en México*. *Energía Racional*, pp 12-18, Año 18, No. 69, Oct-Dic.

SENER. *Iniciativa para el Desarrollo de las Energías Renovables en México. Energía de la Biomasa*. (2012). Noviembre.

Diario Oficial de la Federación. *Decreto por el que se aprueba el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables 2014-2018*. (2014). Lunes 28 de abril.

Romo et al. (2012). *Generación de Electricidad mediante residuos sólidos urbanos*. Guía de Usuario. 1ª Edición, octubre.

Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos. *Análisis y Propuesta para la Introducción de Etanol Anhidro en las Gasolinas que Comercializa PEMEX*.

SAGARPA. *Futuro de la Producción de Biocombustibles en México*. (2013). 29 de noviembre.

SENER. *Prospectiva de Energías Renovables PER 2014-2028*.

IRENA. *Renewable Energy Prospects: MEXICO*. REmap 2030. May 2015.

Diario Oficial de la Federación. *Ley de Desarrollo y Promoción de los Bioenergéticos*. (2008). Febrero 1.

Diario Oficial de la Federación. *Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*. (2008). 28 de noviembre.

Diario Oficial de la Federación. *Reglamento de la Ley de Desarrollo y Promoción de los Bioenergéticos*. (2009). 18 de junio.

Zamarrita, C. *Estado del Arte y Novedades de la Bioenergía en México*. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

Currículum vitae



Jorge Maximiliano Huacuz Villamar

[jhuacuz@iie.org.mx]

Doctor y Maestro en Ingeniería Física por la Universidad de California, San Diego, Estados Unidos. Ingeniero Químico por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 1970. Desde 1980 colabora con el IIE, desempeñándose como investigador, Coordinador del Área de Energía Solar y Gerente de Energías No Convencionales, puesto que ocupó de 1995 a septiembre de 2013, fecha en que se reincorpora a la plantilla de investigadores de esa Gerencia. Fue fundador y Presidente Nacional de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) de México. Fue miembro de la Sociedad Internacional de la Energía Solar y Editor Asociado de la revista *Solar Energy*, publicación científica de dicha sociedad. Fue Coordinador Internacional de la Red Iberoamericana de Electrificación Rural con Energías Renovables (RIER) del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Colabora con el Grupo de Trabajo sobre Energías Renovables y es miembro del Comité Ejecutivo del Acuerdo Solar *Power and Chemical Systems*, ambos de la Agencia Internacional de la Energía. Ha dictado conferencias sobre el tema de las energías renovables en varios países y ha publicado artículos en revistas nacionales e internacionales. Posee el nombramiento de Investigador Nacional por el Sistema Nacional de Investigadores (SNI).