

El uso de cultivos energéticos en México

La agro energética es una nueva faceta de la agricultura, en la que se pretende la producción de biomasa mediante cultivos específicos y la transformación de ésta en productos energéticos de fácil utilización, en sustitución de los combustibles tradicionales.

OMAR GUILLÉN SOLIS*

La biomasa, en su definición más amplia, es toda la materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial. La biomasa natural es la que se produce en la naturaleza sin la intervención humana. La biomasa residual es la que genera cualquier actividad humana, en los procesos agrícolas, ganaderos y los del propio hombre, tal como, basuras y aguas residuales. La biomasa producida es la cultivada con el propósito de obtener biomasa transformable en combustible, en vez de producir alimentos, como la caña de azúcar en Brasil, orientada a la producción de etanol para carburante.

La energía de la biomasa es aquella que se obtiene de la vegetación, cultivos acuáticos, residuos forestales y agrícolas, urbanos, desechos animales, etc. Genéricamente las fuentes de biomasa se pueden clasificar como primarias (recursos forestales) y secundarias (básicamente los residuos como aserrín, residuos de las hojas de árboles, los agrícolas, pajas rastrojos y los urbanos).

La biomasa, es decir, la materia vegetal utilizada como fuente de energía, se percibe tradicionalmente como una alternativa prometedora a las energías fósiles y nuclear, que son contaminantes. Desde el punto de vista energético, la biomasa se puede aprovechar de dos maneras; quemándola para producir calor o transformándola en combustible para su mejor transporte y almacenamiento.

La naturaleza de la biomasa es muy variada, ya que depende de la propia fuente, pudiendo ser animal o vegetal, pero generalmente se puede decir que se compone de hidratos de carbono, grasas y proteínas. Siendo la biomasa vegetal la que se compone mayoritariamente de hidratos de carbono y la animal de grasas y proteínas.

La utilización con fines energéticos de la biomasa requiere de su adecuación para utilizarla en los sistemas convencionales. Estos procesos pueden ser:

Físicos.- son procesos que actúan físicamente sobre la biomasa y están asociados a las fases primarias de transformación, dentro de lo que puede denominarse fase de acondicionamiento, como, triturado, astillado, compactado e incluso secado.

Químicos.- son los procesos relacionados con la digestión química, generalmente mediante hidrólisis pirólisis y gasificación.

Biológicos.- son los llevados a cabo por la acción directa de

microorganismos o de sus enzimas, generalmente llamado fermentación. Son procesos relacionados con la producción de ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas y polímeros.

Termoquímicos.- están basados en la transformación química de la biomasa, al someterla a altas temperaturas (300°C - 1500°C).

Cuando se calienta la biomasa se produce un proceso de secado y evaporación de sus componentes volátiles, seguido de reacciones de craqueo o descomposición de sus moléculas, seguidas por reacciones en la que los productos resultantes de la primera fase reaccionan entre sí y con los componentes de la atmósfera en la que tenga lugar la reacción, de esta forma se consiguen los productos finales.

Según el control de las condiciones del proceso se consiguen productos finales diferentes, lo que da lugar a los tres procesos principales de la conversión termoquímica de la biomasa:

Combustión: Se produce en una atmósfera oxidante, de aire u oxígeno, obteniendo cuando es completa, dióxido de carbono, agua y sales minerales (cenizas), obteniendo calor en forma de gases calientes.

Gasificación: Es una combustión incompleta de la biomasa a una temperatura de entre 600°C a 1500°C en una atmósfera pobre de oxígeno, en la que la cantidad disponible de este compuesto está por debajo del punto estequiométrico, es decir, el mínimo necesario para que se produzca la reacción de combustión. En este caso se obtiene principalmente un gas combustible formado por monóxido y dióxido de carbono, hidrógeno y metano.

Pirólisis: Es el proceso en la descomposición térmica de la biomasa en ausencia total de oxígeno. En procesos lentos y temperaturas de 300°C a 500°C el producto obtenido es carbón vegetal, mientras que en procesos rápidos (segundos) y temperaturas entre 800°C a 1200°C se obtienen mezclas de compuestos orgánicos de aspectos aceitosos y de bajo pH, denominados aceites de pirólisis.

Pudiéndose obtener combustibles sólidos (leña, astillas, carbón vegetal), líquidos (biocarburantes, aceites, aldehídos, alcoholes, cetonas, ácidos orgánicos) y gaseosos (biogás, hidrógeno).

Usos de la biomasa en México

La forma de aprovechar la biomasa como energético puede ser a través de la combustión directa, como tradicionalmente se ha aprovechado en México la leña y el bagazo de caña, o bien mediante la conversión de la biomasa en diferentes hidrocarburos a través de diferentes tipos de procesos.

La combustión directa que todos conocemos es el proceso por el que se aprovecha el poder calorífico de la biomasa en México, siguiendo métodos tradicionales para producir carbón. La pirolisis además del carbón puede dar lugar a líquidos como el alquitrán que es un combustible con cierto poder calorífico alto de unas 9,000 o 10,000 Kcal por litro y también da lugar a la producción de monóxido de carbono que es un gas que puede emplearse como combustible.

Por el otro lado se tienen procesos biológicos, los tradicionales, la producción de alcohol a partir de productos celulosos que por ejemplo nosotros conocemos tradicionalmente la producción de alcohol a través de una fermentación de caña. Cuando el azúcar está disponible para otros fines, alimenticios entre ellos, podemos pensar en residuos, en celulosa, darles un tratamiento con ácido clorhídrico, con alta temperatura, gasificarlos, llegar a la glucosa, fermentarlos y producir el alcohol.

El proceso de la fermentación anaeróbica puede ser empleado en muchos casos, por un lado el proceso produce fertilizantes o un abono orgánico, más que un fertilizante es un acondicionador de suelos y en muchos casos se han hecho experimentos para emplearlo como un complemento alimenticio y por el otro tenemos un combustible que es el conocido como biogás. Hay una gran variedad de residuos que pueden aprovecharse, agrícolas, animales, algas que se generan en grandes cantidades en las costas, el lirio acuático por ejemplo que es una plaga en las presas de México y la basura que se está generando todos los días.

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) ha otorgado 313 permisos a la fecha (cifra de abril 2005) para autoabastecimiento en diversos ingenios azucareros del país que les permite utilizar el bagazo de caña como energético primario para generar electricidad. En algunos de ellos, es exclusivamente el bagazo de caña el utilizado como energético primario para generar electricidad; en otros casos participa conjuntamente con hidrocarburos (combustóleo y diesel). Las capacidades de generación son del orden de varios megawatts y varios miles de toneladas al año utilizadas por cada ingenio para generar su energía. Existe también un proyecto en Monterrey que genera electricidad a partir del biogás concentrado en un relleno sanitario, del orden de los 7 MW.

Cultivos energéticos

Las especies vegetales de interés agrícola han sido seleccionadas a lo largo de la historia, de acuerdo con sus posibilidades de producir alimentos de forma rentable. Esta condición ha impuesto tal cantidad de restricciones, que solamente unas pocas especies de plantas superiores, entre las más de 250,000 especies existentes, han podido ser objeto de agricultura extensiva. Se calcula que el hombre a lo largo de la historia ha cultivado unas 3 000 especies para fines alimentarios de las que solamente unas 150 lo han sido a escala comercial. Hoy en día, la alimentación mundial está basada en 20 cultivos principales, de los cuales 4 de ellos (caña de azúcar, maíz, arroz y trigo) representan el 61% de la producción agrícola mundial. Existen casos en que la sobreproducción de algunos cultivos provoca una sobre-oferta, lo que puede suponer un grave problema, y llegar a fomentar e incentivar el abandono de tierras de cultivo para productos alimentarios tradicionales y se fomenten las alternativas de cultivos con fines no alimentarios, enfocándolos a la producción de

energía.

Aparte de la producción de alimentos, la agricultura ha proporcionado a lo largo de la historia otra serie de productos tales como fibras textiles, aceites de uso industrial, tabaco, condimentos, colorantes, esencias de perfumería, fármacos, plantas de ornamento, etc; pero siempre de importancia relativa menor a la alimentaria.

El principal problema radica en la limitación de mercado, que en la mayoría de casos se saturaría si se aumentaran producciones, lo que impide considerar a este tipo de cultivos como alternativas reales para ocupar las superficies que van a quedar sin cultivar como consecuencia del abandono de las producciones alimentarias.

Para garantizar la continuidad de las actividades del sector agrícola es necesario pensar en otro tipo de cultivos alternativos a los alimentarios, que puedan dar rentabilidad a las tierras agrícolas retiradas de la producción de alimentos y cuyas producciones no estén sujetas a causa de contingencias a causa de saturación del mercado. Deben ser cultivos de gran demanda, susceptibles de producirse a partir de biomasa vegetal generada en plantaciones extensivas; y con un costo de producción tal, que haga rentable su comercialización. Para que se den estas circunstancias hay que pensar necesariamente en el sector energético per capita es varias veces superior al alimentario.

Agroenergética

Ante la posibilidad de producir biomasa para fines energéticos por el sector agrario, surge el concepto de **agro energética**, que se puede definir como una nueva faceta de la agricultura, en la que se pretende la producción de biomasa mediante cultivos específicos, y la transformación de esta en productos energéticos de fácil utilización en los sistemas convencionales, en sustitución de los combustibles tradicionales. El desarrollo de esta actividad agrícola en un plazo más o menos breve depende principalmente de (1) la identificación de especies vegetales adecuadas para producir biomasa en las tierras agrícolas disponibles, (2) la disponibilidad de tecnología necesaria para hacer competitiva la producción de biocombustible, (3) el interés de la sociedad por conservación y protección del medio ambiente, y (4) el establecimiento de políticas adecuadas para estimular al agricultor y al industrial a iniciar esta actividad.

Como los objetivos perseguidos en los cultivos energéticos son distintos a los perseguidos con los alimentarios, es de esperarse que las especies seleccionables para este uso sean distintas a las empleadas como alimento. Las especies dedicadas a producir biomasa con fines energéticos pueden ser de tipo herbáceo o leñoso, y a veces pueden coincidir con especies utilizadas en cultivos agrícolas tradicionales o en aprovechamientos silvícolas clásicos. La principal condición que debe darse para el desarrollo de cultivos energéticos es la necesidad de que **la producción sea**

económicamente rentable, para lo cual deben alcanzarse elevados rendimientos de biomasa con bajos costos de producción, recolección, almacenamiento y procesado para su transformación.

Nuevas agroindustrias

El desarrollo de cultivos energéticos no tiene sentido si a la par no se desarrolla la correspondiente industria agro energética que utilice la biomasa producida como materia prima. Los sistemas agro energéticos constituyen verdaderas agroindustrias en las que la producción y la transformación deben estar íntimamente relacionadas; desde el punto de vista técnico, económico y geográfico; como en los aspectos contractuales que obliguen a los productores a suministrar la materia prima necesaria para el funcionamiento de la industria, así como esta a aceptar la producción al precio estipulado.

Una característica específica de las agroindustrias energéticas es la necesidad de que el centro de transformación se encuentre próximo a los lugares de producción, ya que es inconcebible gastar en transporte más energía de la que se puede obtener del cultivo.

Entre las nuevas agroindustrias que podrían crearse a futuro en base a producción de biomasa para fines energéticos, cabe citar:

- **Bioaceites carburantes** obtenidos de semillas oleaginosas para utilizarse en motores diesel en sustitución del combustible fósil convencional; ya sea directamente o tras un proceso de transformación adecuado (transesterificación). Los aceites vegetales utilizados directamente en motores sin precámara de inyección no resultan adecuados, debido a la aparición de residuos carbonosos y por las dificultades del sistema de inyección, al ser mucho más viscoso que el diesel. Pero utilizados en motores de inyección indirecta o de pre-cámara, sí resultan eficaces. También pueden utilizarse los aceites sin modificar, mezclados en pequeñas proporciones con diesel., lo que no impide que el motor se deteriore con el tiempo, aunque puede funcionar sin problemas durante un período mucho mayor que si se utilizara aceite vegetal solo.
- **Bioetanol carburante** producido por fermentación de materias primas azucaradas o de materias amiláceas tras un proceso de hidrólisis previa. El etanol deshidratado puede utilizarse en mezclas de 5 al 15% con gasolina para incrementar el octanaje y eliminar el uso de aditivos con plomo.
- **Biocombustibles sólidos** para su empleo en calefacción doméstica o para usos industriales. La biomasa es idónea para este tipo de utilización es la biomasa lignocelulósica, ya sea de origen herbáceo o leñoso. Los procesos de transformación pueden ir desde simples mecanismos de astillado, compactación o peletización, hasta la obtención de carbón

- vegetal.
- **Agro electricidad**, que consiste en la producción de energía eléctrica a partir de biocombustibles producidos en las inmediaciones de una central. También en este caso la biomasa más adecuada resulta ser la de tipo lignocelulósico, por ser más barata y de precio competitivo contra los combustibles tradicionales que se utilizan para generación de electricidad (carbón y combustóleo).

Entre los obstáculos a vencer de los biocarburantes y biocombustibles en su penetración en el mercado energético, destaca la necesidad de tener un precio inferior a los carburantes y combustibles tradicionales.

Cultivos energéticos para México

La biomasa que se produce en el país sin aprovechamiento para consumo humano como el bagazo del agave (producción de tequila), la cascarilla de café, de arroz, de trigo, lirio acuático, estiércol, y muchos otros, también puede emplearse como energético. Ejemplos de aprovechamiento actual son la leña y el bagazo de la caña de azúcar, sin embargo, las demás no se aprovechan. Algunos estados como Durango, Sonora, Sinaloa, Querétaro, Veracruz y Chiapas pueden contribuir con este recurso a disminuir el consumo de productos petrolíferos. La ventaja estratégica y cuanto a la balanza de pagos del país, resulta al sustituir a los combustibles producidos a partir del petróleo; suponiendo la disminución de dependencia del manejo del costo del barril de petróleo en el concierto internacional, además de un ahorro de divisas.

Cultivo
Producción Anual* (ton)
Lugar Mundial
Cultivo
Producción Anual* (ton)
Lugar Mundial

Caña de Azúcar		45,126,500
	6	
Piña (Ananá)	720,900	
	8	
Maíz (Mazorca)		20,000,000
	4	
Calabaza	560,000	
	6	

Sorgo		6,300,000
	4	
Melón	510,000	
	10	
Naranja		3,969,810
	3	
Pepino	435,000	
	12	
Jitomate		2,148,130
	10	
Zanahoria	378,517	
	12	
Plátano		2,026,613
	6	
Fruta Fresca	320,000	
	14	
Chiles y Pimientos		1,853,610
	2	
Café	310,861	
	5	
Lima y Limón		1,824,890
	1	
Toronja	257,711	
	4	
Mango		1,503,010
	4	
Fruta Tropical fresca	250,000	
	10	

Frijol (Seco)		1,400,160
Lechuga	5 243,406 9	
Cebolla		1,130,660
Garbanzo	1 240,000 5	
Aguacate		1,040,390
Durazno (Melocotón)	1 223,883 12	
Sandía		970,055
Cártamo	6 212,765 1	
Coco		959,000
Coliflor	7 200,000 8	
Papaya		955,694
Algodón (Semilla)	2 200,000 19	

**Tabla 2. Los 30 principales cultivos en México por nivel de producción anual.
(Fuente: FAO 2004)**

Es destacable la información mostrada en la Tabla 2, en la cual se puede constatar que México es importante productor de varios cultivos a nivel mundial; siendo en algunos casos el primero en ese mismo ámbito, como es el caso de la lima y limón, cebolla, aguacate y cártamo. Desafortunadamente, en México algunos de estos cultivos tiene bajo valor de mercado para fines alimentarios, por lo que se puede pensar en su utilización con fines energéticos, tal es el caso de la piña.

Las opciones que pueden utilizarse para producir cultivos energéticos son las siguientes:

- **Cultivos oleaginosos para obtención de biodiesel.**- puede utilizarse el girasol principalmente. Otros cultivos son cártamo, cardo, cacahuete y soya; y otros cultivos enfocados a la producción de aceites.
- **Cultivos alcoholígenos.**- La materia prima para obtención de bioetanol puede proceder de una biomasa de tipo azucarado (glucosa, fructosa o sacarosa), o de biomasa de tipo amiláceo (almidón o inulina). Es preciso que la materia prima de partida sea lo más barata posible. El etanol obtenido por destilación de excedentes de vinos y cuyo almacenamiento durante prolongados períodos de tiempo pueda representar un alto costo; podría resultar económico para estas aplicaciones. Entre los cultivos convencionales dedicados a este fin pudieran considerarse a la remolacha y los cereales.
- **Cultivos productores de biomasa lignocelulósica.**- Para utilizar biomasa con fines térmicos, se requiere de un tipo e biomasa de bajo costo, competitivo con carburantes de sustitución y con alto rendimiento por unidad de superficie. Podrían utilizarse los chopos, acacias, eucaliptos y robinia. Pueden plantarse estas especies con una alta densidad (unas 10 000 plantas/ha) y con turnos de corta de 4 a 6 años, aprovechando la capacidad de rebrote para continuar la plantación en años sucesivos. Cabe señalar que las especies leñosas tienen el inconveniente de ocupar el terreno por un cierto número de años; y al querer recuperar las tierras para fines agrícolas; se requiere de fuertes inversiones para “destoconar”; lo que no es atractivo.

Conclusiones

La aplicación de cultivos energéticos en México destaca la posibilidad de poder cambiar el paradigma de producir ciertos cultivos, anteriormente con fines alimentarios, con bajo valor de mercado y reducidos márgenes de utilidad (y en muchos casos nulos, llegando hasta las pérdidas), a producirlos con fines energéticos, trayendo el desplazamiento de combustibles fósiles por los biocombustibles producidos, reduciendo emisiones contaminantes y efectos adversos

al entorno, y principalmente beneficiando a la población que otrora los producía, con nuevos empleos, desarrollo socioeconómico y posibilidades de reducir de forma notoria su condición de miseria. Se percibe una serie de ventajas con respecto a la utilización de ciertos cultivos como fuente de energía para México:

- Permiten la continuidad de la actividad del sector agrícola, evitando abandono de superficies productivas y manteniendo la actividad en los sectores industriales relacionados directamente con producción agrícola, fertilizantes, maquinaria agrícola o producción de semillas
- Pueden crear puestos de trabajo en el sector agrícola y en el de transformación
- La utilización de cultivos energéticos tiene un menor requerimiento de insumos de producción, por lo que el impacto ambiental es menor
- Toman en cuenta a los cultivos perennes protegen al suelo de la erosión; eliminado el laboreo excesivo y pérdida de suelo fértil
- Permiten una reducción de CO₂, ya que éste ha sido previamente fijado por las plantas mediante la fotosíntesis antes de su combustión
- Mitigan de la emisión de óxidos de azufre (SOX) al sustituir la combustión de hidrocarburos; evitando lluvias ácidas, entre otros efectos contaminantes.
- 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.

** Es ingeniero civil, egresado de la UNAM, y maestro en Energías Renovables por la Universidad Internacional de Andalucía, España. Es investigador del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) en las áreas de energía solar fotovoltaica, energía eólica y sistemas híbridos, Autor del libro: "Energías renovables, una perspectiva ingenieril".*