

## Obtención de energía a partir de residuos sólidos: Situación actual en el Estado de México

ANGEL-CUAPIO, Alejandro\*†, ESCAMILLA-LOZANO, Yolanda y SERRANO-MALDONADO, María José.

*Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México. Paraje San Isidro S/N, Barrio de Tecamachalco, 56400, Los Reyes Acaquilpan, México. División de Ingeniería Ambiental. División de Ingeniería en Energías Renovables.*

Recibido Julio 1, 2016; Aceptado Septiembre 2, 2016

### Resumen

La obtención de energía mediante energías renovables es una alternativa que evita daños ambientales, tanto locales como transfronterizos. En México existe el potencial para desarrollar fuentes de energía de esta naturaleza, mediante el aprovechamiento de los residuos sólidos por medio de su combustión directa o mediante los gases generados por la descomposición anaeróbica de los mismos (biogás). En el presente trabajo se analiza de forma generalizada cómo se puede generar energía con los residuos sólidos, enfocándose en la utilización de biogás y los beneficios que se podrían obtener, además, se muestra el panorama de la bioenergía en el Estado de México en años recientes. Cuya finalidad es presentar una perspectiva de lo que en la actualidad está ocurriendo en el campo de la bioenergía, siendo el Estado de México quien cuenta con el mayor número de proyectos potenciales para la generación de energía a nivel nacional.

**Energías Renovables, Generación de Energía, Biomasa, Estado de México**

### Abstract

Energy obtaining using renewable energies is an alternative that avoids both local and transboundary environmental harm. In Mexico there is the potential to develop energy sources of this nature, through leveraging solid waste by direct combustion or by the gases generated by the anaerobic decomposition thereof (biogas). In this paper we analyze widely how you can generate energy with solid waste, focusing on the use of biogas and the benefits that could be obtained, as well as the panorama of bioenergy in the Estado de Mexico in recent years. Whose purpose is to present a perspective of what is currently happening in the field of bioenergy, with the Estado de Mexico who has the largest number of potential projects for power generation nationwide.

**Renewables Energy, Energy Generation, Biomass, Estado de Mexico**

**Citación:** ANGEL-CUAPIO, Alejandro, ESCAMILLA-LOZANO, Yolanda y SERRANO-MALDONADO, María José. Obtención de energía a partir de residuos sólidos: Situación actual en el Estado de México. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-5: 71-76

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: angelcuapio@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Actualmente los pobladores en el mundo crecen aceleradamente, por consiguiente el consumo de energía aumenta, debido al vínculo que existe con el desarrollo, con aspectos relacionados con la calidad de vida y económicos. Ahora, las tendencias de progreso se impulsan a partir de combustibles fósiles, como el petróleo y el gas natural. El uso excesivo de dichos combustibles implica la generación de diferentes efectos negativos. Uno de los problemas que existen es que los combustibles fósiles son no renovables y pese a que se trabaja apuradamente para hallar nuevos yacimientos de petróleo más tarde que temprano estos se agotarán, si los seres humanos sólo dependieran de estos recursos energéticos, las generaciones futuras estarían en un gran riesgo respecto al abastecimiento de energía. Otro aspecto importante a considerar es el gran daño medioambiental que se genera al consumir el gas natural y el petróleo y sus derivados. Durante la combustión de estos últimos se produce CO<sub>2</sub> principalmente, que es un poderoso gas de invernadero. Es por estas razones, la vital importancia de buscar otras fuentes de energía, que se pueden considerar renovables y que además sean limpias, es decir que no contribuyan a los daños medioambientales o que sean de mucho menor impacto.

Como el consumo global de energía crece cada año, el desarrollo de ciertas fuentes alternativas se hace cada vez más importante, en especial en lo que se refiere a la eliminación de residuos y al uso de la energía, con la posibilidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

Entre las energías alternativas tenemos la generación del biogás, término que se aplica a la mezcla de gases que se obtienen a partir de la descomposición en un ambiente anaerobio (sin oxígeno) de los residuos urbanos, dentro de los cuales hay que considerar los residuos sólidos urbanos (RSU), que genera una gran cantidad de biomasa en diferentes formas, por ejemplo, residuos alimenticios, cartón, papel y madera, normalmente denominados basuras urbanas.

Algunas ventajas que presenta el aprovechamiento de los RSU con fines energéticos, son:

- Producción de energía: calor, luz, electricidad.
- Transforma los desechos orgánicos en fertilizantes de alta calidad.
- Mejora las condiciones higiénicas por la reducción de patógenos, huevos de moscas, etc.
- Reduce la cantidad de trabajo con respecto a la recolección de leña.
- Favorece la protección del suelo, agua, aire y vegetación, obteniendo menor deforestación.
- Beneficios micro-económicos a causa de la situación de energía y fertilizantes, del aumento de los ingresos y aumento de la producción agrícola-ganadera.
- Beneficios macroeconómicos, a través de la generación descentralizada de energía, reducción de los costos de importación y protección ambiental.

El denominado “biogás” es un biocombustible gaseoso que se obtiene por digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de la biomasa y cuyos principales componentes son el metano (55-65 %) y el anhídrido carbónico (35-45%) y el menor proporción, nitrógeno (0-3%), hidrógeno (0-1%), oxígeno (0-1%) y sulfuro de hidrógeno (trazas). Se produce a razón de unos 200-400 litros por kg de materia seca, con un valor calórico de unas 5,500 kcal/m<sup>3</sup>.

La fracción orgánica de los RSU constituye alrededor del 50% de la materia total y puede transformarse en biogás por digestión anaerobia. En los vertederos controlados, el depósito de los RSU se realiza por capas regulares sucesivas, de espesores variables, que se van compactando y cubriendo con tierra hasta llegar a la cota máxima permitida en que el vertedero se sella. La materia orgánica del interior del vertedero sufre un proceso de descomposición anaerobia y como resultado se produce biogás. Por cada tonelada de residuo se producen unos 100 m<sup>3</sup> de biogás, lo que supone una producción anual entre 5 y 20 m<sup>3</sup> de biogás.

El biogás es un producto del metabolismo de las bacterias metanogénicas que participan en la descomposición de tejidos orgánicos en ambiente húmedo y carente de oxígeno. Durante el proceso de descomposición anaerobia, se pueden obtener entre otros, etanol, metanol y gas metano, además de algunos compuestos orgánicos que son transformados a minerales, que pueden ser utilizados fácilmente como fertilizantes para los cultivos. La producción de biogás va a depender de los materiales utilizados, de la temperatura y del tiempo de descomposición.

Actualmente, con la aplicación de las técnicas de reciclaje a los RSU se están obteniendo importantes cantidades de materia orgánica que puede utilizarse para tratarse por digestión anaerobia.

El gas producido, que contiene el 35-40% de CO<sub>2</sub> y el 50-60% de CH<sub>4</sub>, se emplea normalmente para producir electricidad, estimándose una producción media de 100 a 500 kWh por cada tonelada de RSU.

### **Metodología a desarrollar**

En esta investigación se analiza de forma general como se genera energía a partir de residuos sólidos para la producción de biogás y su panorama actual en el Estado de México. El tipo de estudio es de tipo descriptivo y el diseño que se utilizó es no experimental. Los métodos utilizados para la recopilación de información fueron la investigación documental, así como, de sistemas de información geográfica e informáticos.

### **Resultados**

El proceso de producción de biogás y generación energética se presenta en cinco etapas.

### **Gestión de residuos**

Antes de introducir los residuos orgánicos dentro del reactor hay que realizar una serie de operaciones de acondicionamiento. La finalidad de estas operaciones es introducir el residuo lo más homogéneo posible, con las condiciones fisicoquímicas adecuadas al proceso al que va a ser sometido y sin elementos que puedan dañar el digester. La forma de acondicionar los residuos de entrada puede ser por pretratamiento, reducción del tamaño de partícula, espesamiento, calentamiento, control de pH, eliminación de metales y eliminación de gérmenes patógenos.

### **Digestión anaerobia**

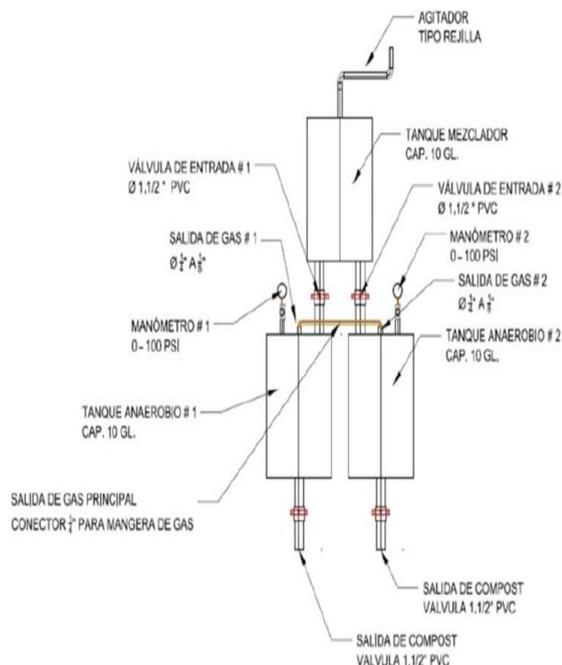
Las bacterias productoras de biogás son estrictamente anaeróbicas y por tanto solo podrán sobrevivir en ausencia de oxígeno atmosférico. A continuación se describen las etapas del proceso de fermentación.

Fase de hidrólisis: las bacterias rompen cadenas largas de estructura carbonada para formar cadenas cortas y simples, liberando hidrógeno y dióxido de carbono.

Fase de acidificación: las bacterias acetogénicas realizan la degradación de los ácidos orgánicos llevándolos al grupo acético  $\text{CH}_3\text{-COOH}$  (metano, nitrógeno y dióxido de carbono).

Fase metanogénica: las bacterias que intervienen en esta etapa son del grupo de las arqueobacterias, llevan a cabo la metanogénesis, proceso que implica la producción biológica de metano ( $\text{CH}_4$ ).

Una propuesta viable de un biodigestor, es la que propone Arce Cabrera, (2011), en la Figura 1, se muestran los componentes de un biodigestor de flujo discontinuo, siendo un equipo de bajo costo para la producción de biogás y con ello satisfacer ciertas demandas locales.



**Figura 1** Generación nacional de energía eléctrica por energía renovable. Fuente Arce Cabrera, (2011).

## Almacenamiento y filtrado del biogás

Se puede utilizar un filtro de forma cilíndrica, que tiene una forma cónica en uno de sus extremos, consta de una entrada para el biogás, una salida para el biogás con un menor porcentaje de  $\text{H}_2\text{O}$ , y un sistema de desfogue para el agua que se condensa dentro del filtro. Finalmente, el almacenamiento se realiza en una bolsa de neopreno que a su vez, es conetado a un compresor para almacenar en un tanque de alta presión.

## Compostaje

Es el proceso microbiológico aerobio mediante el cual los microorganismos transforman los materiales orgánicos en materiales biológicamente estables que pueden utilizarse como abonos orgánicos.

## Generación de energía

Se puede utilizar el biogás para varios fines:

- Calefacción domiciliar e industrial
- Generación de electricidad
- Purificación a gas natural
- Uso de vehículos
- El lodo se puede usar como fertilizante

## Situación actual en el Estado de México

Según la Secretaria de Energía (SENER), la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE), en México el 71% de la energía eléctrica es generada mediante energías convencionales, mientras que el 19% es obtenido con energías renovables, en donde la biomasa participa con el 3% de la generación nacional (Figura 2).

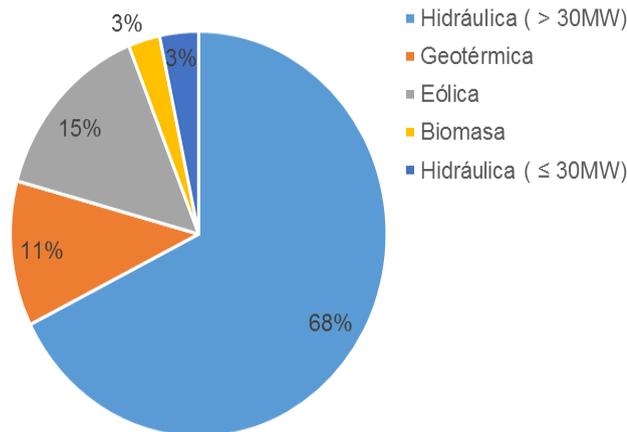


Figura 2 Generación nacional de energía eléctrica por energía renovable. Fuente CFE y CRE.

En México existe un gran potencial de recursos biomásicos para producir biogás (Figura 3). La SENER y la CFE consideran que en el Estado de México se cuenta con un alto potencial energético a nivel nacional para la generación de energía a partir del aprovechamiento de RSU.

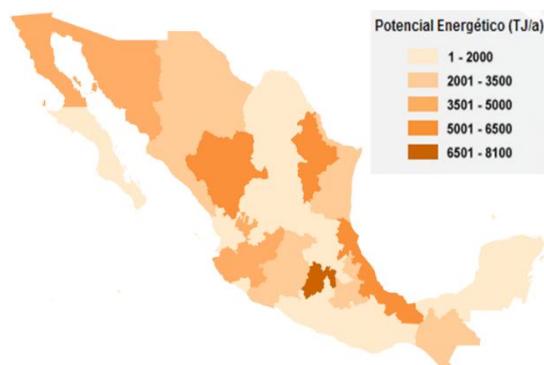


Figura 3 Potencial energético a nivel nacional, a partir de residuos sólidos. Fuente CFE, CRE y UNAM.

El aprovechamiento potencial comprende información existente de sitios potenciales para generar electricidad por medio de recursos renovables de energía (biomasa), y es el resultado de estudios existentes con aproximaciones del potencial para generar energía eléctrica por cada sitio potencial (Figura 4). El Estado de México abarca el 40% del potencial a nivel nacional para la generación de 1,122 GWh/a, a partir de biomasa.

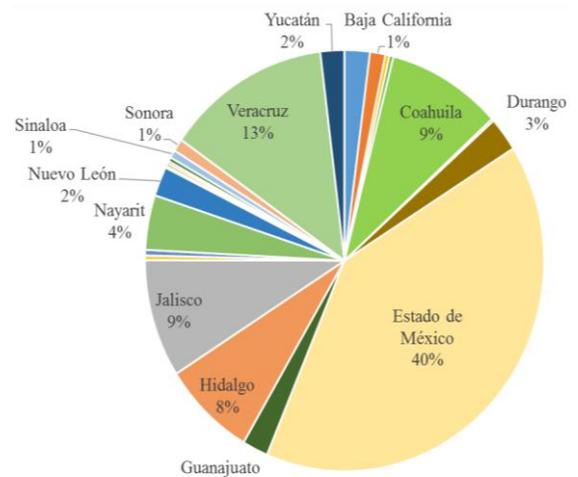


Figura 4 Análisis de proyectos potenciales para la generación de electricidad por energías renovables. Fuente CFE, CRE, UNAM.

El municipio de Nezahualcóyotl en el Estado de México, cubre el 73% del potencial (Figura 5), en donde los proyectos están orientados a la obtención de biogás a partir de biomasa.

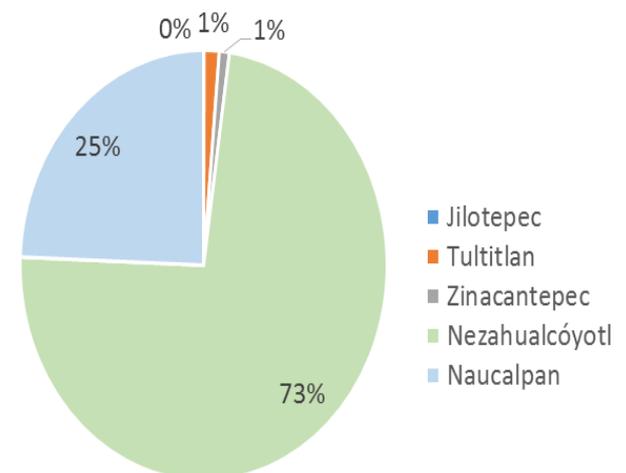


Figura 5 Municipios del Estado de México con potencial para la generación de electricidad por energías renovables. Fuente CFE, CRE, UNAM.

### Agradecimiento

Los autores agradecen al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por el financiamiento y al Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México (TESOEM).

## Conclusiones

La producción de biogás a partir de residuos sólidos urbanos, propone beneficios adicionales ya que persiste con la reutilización total o parcial de la materia inicial.

El uso de biogás para la generación de electricidad y de energía térmica, da un valor agregado a la aplicación de biodigestores, sin embargo, los resultados económicos no se pueden generalizar pues cambiarán de acuerdo a las circunstancias de cada lugar.

Los sistemas de información geográfica (SIG) son una potente herramienta para la evaluación de los recursos de biomasa, combinan eficientemente tanto los datos cartográficos como los provenientes de los censos utilizados y facilitan la cartografía de los resultados.

## Referencias

Aguilar-Virgen, Q., Armijo-de Vega, C. & Taboada-González, P. (2009). El potencial energético de los residuos sólidos municipales. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 13:1, 59-62.

Arce Cabrera, J.J. (2011). *Diseño de un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral* (Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Guayaquil, Ecuador).

Creus, A. (2014). *Energías renovables*. Bogotá, Colombia. Ediciones de la U.

De Juana, J.Ma., Santos, F., Crespo, A., & Herrero, M. A. (2009). *Energías renovables para el desarrollo*. Madrid, España. International Thomson.

Domínguez Bravo, J., Ciria, P., Esteban, L.S., Sánchez, D. & Lasry, P. (2003). Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra (España). *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 3, 1-10.

Guillén Solís, O. (2004). *Energías renovables: una perspectiva ingenieril*. D.F., México. Trillas.

Inventario Nacional de Energías Renovables (2016, Agosto 10). *INERE, Inventario potencial*. Revisado en <http://inere.energia.gob.mx/version4.5/>

Vega de Kuyper, J.C., & Ramírez Morales, S. (2014). *Fuentes de energía, renovables y no renovables. Aplicaciones*. D.F., México. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.