

## PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (FORSU)

SIMÓN GONZÁLEZ MARTÍNEZ

En algunos países europeos, desde hace más de 25 años, separan los residuos orgánicos de la basura doméstica del resto con el fin de utilizarlos de alguna manera para obtener un beneficio de este procesamiento. Esto se debe, principalmente, a la problemática asociada con el manejo de residuos sólidos urbanos y la búsqueda para disponer de ellos de una manera ambientalmente adecuada, de preferencia para obtener algún otro beneficio adicional. La situación se ve radicalmente modificada cuando, en 1998, la mayor parte de los países firma el Protocolo de Kioto para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Posteriormente, en 2008, la Unión Europea publica la *Directiva Europea de Vertido de Residuos* que contempla, entre otras cosas, el control de la producción de gases efecto invernadero cuando los residuos son confinados en rellenos sanitarios. De esta problemática se mencionan, específicamente, las emisiones de metano y dióxido de carbono como las principales por sus volúmenes generados.

Para ese entonces ya muchos rellenos sanitarios estaban controlados por medio de cubiertas de geomembranas para colectar el biogás y comercializarlo como gas natural después de su purificación y así evitar la salida del metano a la atmós-

fera. La mayor parte de estos sistemas controlados producen energía eléctrica por combustión de metano, ya que por las distancias de entrega es más fácil comercializar la energía eléctrica que el metano como gas natural. Otras instalaciones se fueron construyendo específicamente para producir metano por medio de la digestión anaerobia a partir de residuos orgánicos urbanos.

Se reporta que, a partir de 2009, cuando se realizó el primer censo de plantas productoras de biogás en Europa, el número se incrementó de 6,227 a 17,662 instalaciones en 2017. De éstas, la mayor parte de las plantas que producen biogás a partir de sustratos agrícolas aumentaron de 4,797 en 2009 a 12,496 en 2016. En número de instalaciones, le siguen las que procesan: lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales (2,838), residuos de rellenos sanitarios (1,604) y otros tipos de sustratos (688) (EBA, 2017).

A pesar de que la tendencia de construcción de nuevas plantas en Europa ha disminuido, la capacidad instalada continúa en aumento al incrementar la capacidad de las plantas existentes y el tamaño de las nuevas; la producción de biometano se incrementó de 752 GWh en 2011 a 17,264 GWh en 2016. Solamente en 2016 la producción de biometano en Europa incrementó en 4,971 GWh (+40 %) (Figura 1). El crecimiento en el sector es fácilmente reconocible. Los países con el mayor crecimiento en producción de biometano en 2016 fueron: Alemania con +900 GWh, Francia con +133 GWh y Suecia con +78 GWh. Aproximadamente el 65 % de la producción proviene de sustratos agrícolas y el restante de residuos orgánicos municipales, industriales y agropecuarios de diferentes tipos (EBA, 2017).

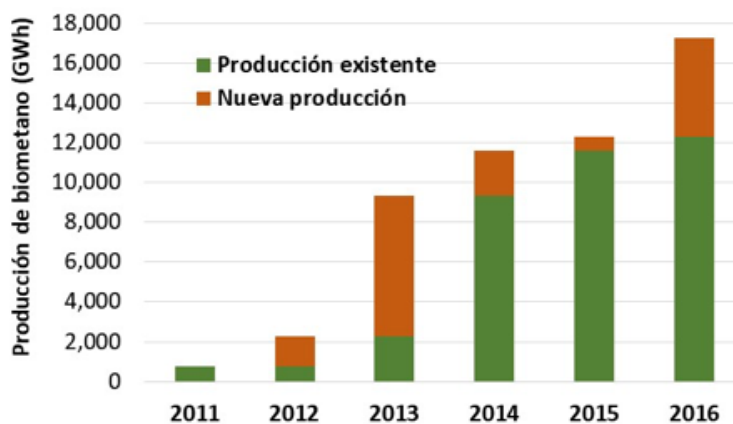


Figura 1. Evolución de la producción de biometano en Europa (EBA, 2017)

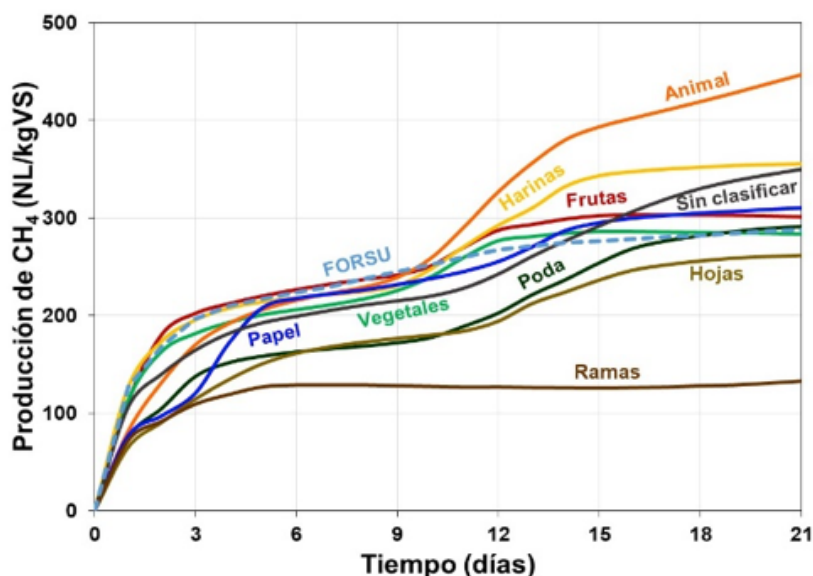


Figura 2. Producción de biogás a partir de las fracciones separadas de la FORSU de la Ciudad de México.

Estas consideraciones son importantes cuando la necesidad de disponer y procesar millones de toneladas de residuos orgánicos urbanos y la importante influencia de la *Directiva Europea de Vertido de Residuos* prohíbe cualquier instalación que produzca metano que pueda ser liberado a la atmósfera.

La producción de biometano a partir de biogás, que es una mezcla de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ), a partir de cultivos energéticos se ha convertido en un negocio rentable que ha sido estrictamente regulado en Europa, porque es necesario controlar la dedicación del suelo y evitar la competencia con la producción de alimentos. En cambio, la producción de biometano a partir de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU) no es negocio debido a los costos asociados con su recolección, manejo y preparación antes de la fermentación. Sin embargo, ha tenido éxito debido a la asociación del manejo ambientalmente adecuado de los residuos urbanos, cuyos costos son cubiertos por los usuarios por medio de cuotas mensuales que son cobrados por los gobiernos municipales, con la producción de biometano y venta de metano y los productos de la digestión de FORSU.

De esta manera, el productor de biometano a partir de FORSU no conlleva los costos asociados con el manejo ambiental de los residuos, pero participa activamente en la protección ambiental, cuya legislación prohíbe el confinamiento de residuos orgánicos en rellenos sanitarios para evitar la producción de

gases efecto invernadero y permitir la conversión de los residuos en sustancias reciclables como mejorador de suelos (por ejemplo, composta). El balance de costos se compensa con las cuotas que paga la población por manejo de residuos sólidos, el valor de venta del biometano (como electricidad, calor o gas natural) con la venta de la composta como mejorador de suelos o del denominado *digestato* para posterior producción de energía por incineración.

En México se generan diariamente 102,895.00 toneladas de residuos, de los cuales se recolectan 83.93 % y se disponen en sitios de disposición final 78.54 %, reciclando únicamente el 9.63 % de los residuos generados (SEMARNAT, 2017).

La Ciudad de México produce 12,843 t/d de residuos sólidos urbanos con una producción per cápita que varía entre 0.85 y 2.42 kg/d dependiendo de la zona en la que se produzcan. De este volumen, un 47.7 % son de origen domiciliario, 15.4 % proviene de comercios y 13.6 % del sector de servicios. Aproximadamente el 53 % son residuos orgánicos (FORSU) (SEMARNAT, 2017).

En el grupo de investigación se están llevando a cabo varios proyectos relacionados con la producción de biometano (biogás) a partir de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU). El origen de estas investigaciones data de hace aproximadamente diez años cuando el Gobierno de la Ciudad de México, a través del entonces existente Instituto de Ciencia

# COORDINACIÓN DE INGENIERÍA AMBIENTAL

y Tecnología de la Ciudad de México (actualmente Secretaría de Ciencia y Tecnología), solicita apoyo para contribuir en la mejora del sistema de manejo de residuos sólidos de la Ciudad de México. Una de las propuestas del Instituto de Ingeniería fue el manejo de la FORSU para producir biogás y posteriormente darle al material fermentado una salida como mejorador de suelos. Desde entonces se llevan a cabo investigaciones en diversos aspectos de la producción de biogás a partir de FORSU como una de las formas más adecuadas de aprovechamiento, al considerarla una materia prima y no como un desecho.

Las investigaciones se inician con la caracterización de la FORSU considerando que provienen de dos fuentes principales: a) residuos domésticos provenientes de alimentos, y b) residuos de poda de jardines. Debido a que estos residuos se encuentran mezclados no es posible contemplar su procesamiento por separado. Su análisis se basa en caracterizarlos de manera tradicional como residuos sólidos, y también como material orgánico proveniente de restos de alimentos. De los resultados de la caracterización de FORSU y de la separación de las fracciones identificables se obtiene el biogás y, a partir del biogás, el metano (Figura 2).

Se han realizado diversos proyectos para mejorar la producción de metano por medio de tratamientos previos a la fermentación metanogénica de FORSU como son: 1) efectos de la temperatura sobre la producción de biogás, 2) efectos de la adición de sustancias ácidas y básicas, 3) efectos del tamaño

de las partículas, 4) uso de enzimas especializadas, 5) separación de compuestos solubles de insolubles, 6) características de los digestatos y su relación con la producción de biogás, 7) efectos de la dilución para reducir efectos inhibitorios por productos formados, 8) contenido de sustancias lignocelulósicas y producción de biogás, 9) mecanismos de diferentes tipos de inhibiciones y producción de biogás, 10) diferencias entre recalcitrancia e inhibición de los procesos bioquímicos. Cada uno de estos proyectos es realizado por estudiantes del Posgrado en Ingeniería Ambiental que es parte del Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería de la UNAM; las investigaciones experimentales se llevan a cabo en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería. |

## Contacto

Dr. Simón González Martínez  
[sgm@pumas.iingen.unam.mx](mailto:sgm@pumas.iingen.unam.mx)

---

## Referencias

- EBA. European Biogas Association Statistical Report 2017. <http://european-biogas.eu/2017/12/14/eba-statistical-report-2017-published-soon/>. Consultado el 5 de octubre de 2018.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Fecha de publicación 10 de enero de 2017. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>. Consultado el 5 de octubre de 2018.