



Manejo integral de los residuos, y  
aprovechamiento de los gases para la generación  
de energía en la Ciudad de México

Octubre 2019

**Título: Manejo integral de los residuos, y aprovechamiento de los gases para la generación de energía en la Ciudad de México**

**Autor: Monica Paola Acosta**

**Octubre 2019**

**Clasificación temática: Legislatura, Medio Ambiente, Energía.**

### **RESUMEN**

El objetivo de este texto, es describir algunos aspectos referentes a la producción de residuos en la ciudad, así como los factores involucrados en el aprovechamiento energético de estos. A partir de lo anterior, se podrá estimar el potencial para la generación de electricidad, mediante el tratamiento/conversión de la basura -esto puede ser por medios biológicos en rellenos sanitarios y por incineración en plantas térmicas-

# Contenido

Introducción .....	4
Objetivos de la Investigación .....	5
Planteamiento y delimitación del problema.....	6
Marco teórico de referencia .....	11
Hipótesis.....	12
Pruebas empíricas o cualitativas de la Hipótesis .....	13
Conclusiones .....	19
Bibliografía .....	20

## Introducción

El objetivo de este texto, es describir algunos aspectos referentes a la producción de residuos en la ciudad, así como los factores involucrados en el aprovechamiento energético de estos. A partir de lo anterior, se podrá estimar el potencial para la generación de electricidad, mediante el tratamiento/conversión de la basura -esto puede ser por medios biológicos en rellenos sanitarios y por incineración en plantas térmicas-.

Siguiendo este orden de ideas, el presente texto también será de utilidad para identificar que existen diversos nichos de oportunidad, ya que la energía que se produzca se puede utilizar en la misma ciudad, aprovechándola para el alumbrado público, bombeo de agua, entre otros usos.

Además, se hace énfasis en que la producción de energía a partir del tratamiento de residuos, se da por procesos sustentables, resultando en tecnologías que también son sustentables y amigables con el medio ambiente. El potencial energético y los beneficios ambientales están a la vista, pero, falta una mayor difusión y conocimiento entre las sociedades, de esas tecnologías, las cuales son el camino probado para aprovechar el potencial energético de la basura.

## Objetivos de la Investigación

- Identificar las directrices bajo las cuales la Ciudad de México alcance un manejo adecuado de los residuos sólidos, que en ella se generan.
- Reconocer mediante que estrategias y acciones aplicables se puede involucrar a los diferentes sectores de la sociedad, a fin de consolidar el aprovechamiento y gestión de los residuos.
- Exponer la importancia del desarrollo sostenible en las sociedades actuales

## Planteamiento y delimitación del problema

En 2015, más de 150 líderes mundiales asistieron a la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, en Nueva York, con el propósito de aprobar la Agenda para el Desarrollo Sostenible. El documento final, se tituló “Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, el cual fue adoptado por los 193 Estados miembros de las Naciones Unidas. Dicho documento incluye diecisiete objetivos<sup>1</sup>, que se pueden resumir en poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático sin que nadie quede atrás para el 2030.

Siguiendo estos objetivos, con metas específicas, que constituyen una agenda integral y multisectorial, México ha puesto atención en lo referente a la basura como un recurso energético, lo cual se desarrollara a detalle en los siguientes párrafos.

### **Hacia una gestión sustentable**

El manejo de residuos representa un reto para la sostenibilidad. Se estima que en México se generan diariamente 102,895 toneladas de residuos, de los cuales se recolecta el 83.93% y se disponen en sitios de disposición final el 78.54% reciclando únicamente el 9.63% (EnRes). En el país, sigue predominando el manejo básico de los residuos sólidos urbanos (RSU), que consiste en recolectar y disponer los residuos en rellenos sanitarios,

---

<sup>1</sup> 1. Fin de la pobreza, 2. Hambre cero, 3. Salud y bienestar, 4. Educación de calidad, 5. Igualdad de género, 6. Agua limpia y saneamiento, 7. Energía asequible y no contaminante, 8. Trabajo decente y crecimiento económico, 9. Industria, innovación e infraestructura, 10. Reducción de las desigualdades, 11. Ciudades y comunidades sostenibles, 12. Producción y consumo responsables, 13. Acción por el clima, 14. Vida submarina, 15. Vida de ecosistemas terrestres, 16. Paz, justicia e instituciones sólidas y 17. Alianza para lograr los objetivos. Para más información se puede consultar: <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-del-desarrollo-sostenible/>

desaprovechando aquellos que son susceptibles a reincorporarse al sistema productivo.

En México, la regulación nacional de residuos establece tres tipos:

1. Residuos urbanos (de competencia municipal)
2. Residuos de manejo especial (de competencia estatal)
3. Residuos peligrosos (de competencia federal)

Asimismo, se precisa que los municipios poseen la facultas de prestar el servicio público para el tratamiento y disposición de sus aguas residuales. Atendiendo lo anterior, es necesario referir que hay una nula o baja efectividad de la aplicación de políticas públicas encaminadas a ejecutar un sistema de recolección selectiva que favorezca la gestión de residuos y su valorización. Se estima que más del 75% de los residuos terminan en rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto, incluyendo desechos no regulados. Lo anterior resulta alarmante debido a la contaminación de agua, aire y suelo que acarrea, así como por el desarrollo de fauna nociva.

### **La Ciudad de México y los RSU**

Actualmente existe una tendencia global hacia el aumento de la población urbana. En el país, la Ciudad de México, es considerada como una de las aglomeraciones urbanas más habitada del mundo; representa el principal centro político, económico, cultural y científico del país, esto combinado con el gran número de actividades, sitios de interés, importancia en el mercado laboral, etc., otorgan a la ciudad un ritmo de vida acelerado que se ve reflejado en el consumo y aprovechamiento de recursos naturales, con una repercusión directa en la generación de RSU, propios de una urbe de tales dimensiones.

Por sus características sociopolíticas y culturales, la Ciudad de México afronta constantes retos en torno a los residuos sólidos. Ejemplo de lo anterior es el incremento en el volumen de tales residuos, los cuales para

2016 se calculaban en 12,893 toneladas diarias. Por lo anterior, es urgente la creación de políticas públicas con un sentido de prioridad para la gestión integral de los residuos sólidos, buscando prevenir los impactos ambientales y sociales negativos.

Ante lo anterior, resulta de importancia considerar el potencial energético de la basura municipal. En este sentido, habrá que considerar la situación actual de dicho recurso energético, así como los procesos existentes para su conversión a energía y las tecnologías probadas y aprobadas disponibles.

### **La basura**

Para considerar a la basura como una fuente de energía, se deben considerar dos factores básicos: la cantidad que se genera y su contenido energético.

Se estima que cada habitante en México, genera en promedio 1 kg de basura por día, gran parte de esta se recolecta y dispone a través de los municipios, de acuerdo a sus propios recursos y cuotas establecida, en sitios que van desde tiraderos a cielo abierto sin ninguna infraestructura, hasta rellenos sanitarios que cumplen con altas especificaciones.

Desde hace algunos años, en algunos municipios del país se han iniciado proyectos para tener una mejor gestión de sus residuales, y muchos de ellos ya cuentan con espacios aptos. Sin embargo, existe un rezago importante en otros tantos municipios, por lo que se requiere un mayor esfuerzo para que se detonen los proyectos que hacen frente técnica y ambientalmente la problemática.

### **Procesos de conversión**

Existen básicamente dos procesos de conversión de la basura a energía, estos son de tipo biológico y los de tipo térmico. Los primeros son efectuados por bacterias mediante el proceso de digestión anaerobia, donde descomponen de manera natural la parte orgánica de la basura en ausencia de aire. Este proceso ocurre en los rellenos sanitarios y sitios no controlados, así como en tanques o reactores donde se acelera el proceso anterior, en el que se genera una mezcla de gases mejor conocida como biogás, cuyo componente principal es el metano (CH<sub>4</sub>), el cual también se encuentra en el gas natural, y es el segundo gas de efecto invernadero más importante.

Mientras que el Tratamiento térmico con recuperación de energía, *Waste-to-Energy* (WTE), es el término que en inglés se emplea para referir a los procesos en los que se obtiene energía eléctrica o térmica a través del tratamiento térmico (principalmente combustión) de los RSU. La tecnología que predomina es la incineración en calderas de parrilla móvil, acondicionadas para quemar los residuos urbanos sin mayor separación y donde el vapor que se genera alimenta, ya sea a un turbogenerador para producir energía eléctrica, o se utiliza para propósitos de calefacción en zonas urbanas.

Se debe resaltar, que a través de este proceso se obtiene una reducción del 80% al 95% en el volumen de los RSU, quedando cenizas del material inerte que pueden confinarse o utilizarse como insumo en la industria de la construcción. Asimismo, hay que considerar que, hasta hace unas décadas, la incineración de RSU no era bien vista por las sociedades, ya que no había un control sobre los gases y compuestos tóxicos emanadas de su combustión. Actualmente, la tecnología de la incineración cuenta con un equipamiento efectivo para el control de emisiones, y se le reconoce a nivel mundial como una tecnología amigable con el medio ambiente, además de segura y eficiente en el aprovechamiento de la energía al utilizar el calor generado por la combustión.

Cabe mencionar, que en los últimos años han surgido variantes tecnológicas a la incineración, que incorporan procesos de pirólisis, gasificación y arco de plasma, buscando hacer más eficientes los procesos, y de menor costo.

## Marco teórico de referencia

La problemática ambiental en que se encuentra el ecosistema mundial como consecuencia del descontrolado crecimiento urbano es causada principalmente por la utilización inadecuada que ha hecho el ser humano del territorio y de sus recursos naturales, y que ha conducido a una crisis que pone de manifiesto la necesidad de reorientar hacia la conservación del medio para garantizar una buena calidad de vida y supervivencia al resto de la comunidad.

Para este trabajo, partimos del concepto de **desarrollo sostenible**. La sostenibilidad es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medioambiente y el bienestar social.

El desarrollo sostenible es un concepto que apareció por primera vez en 1987 con la publicación del Informe Brundtland, que alertaba de las consecuencias medioambientales negativas del desarrollo económico y la globalización y trataba de buscar posibles soluciones, a los problemas derivados de la industrialización y el crecimiento de la población.

## Hipótesis

El manejo de los RSU en la Ciudad de México, ha sido un tema de interés desde hace varios años; se ha dado continuidad a la elaboración de instrumentos rectores en la materia, así como la continua investigación, sirviendo como ejemplo para otras identidades federativas.

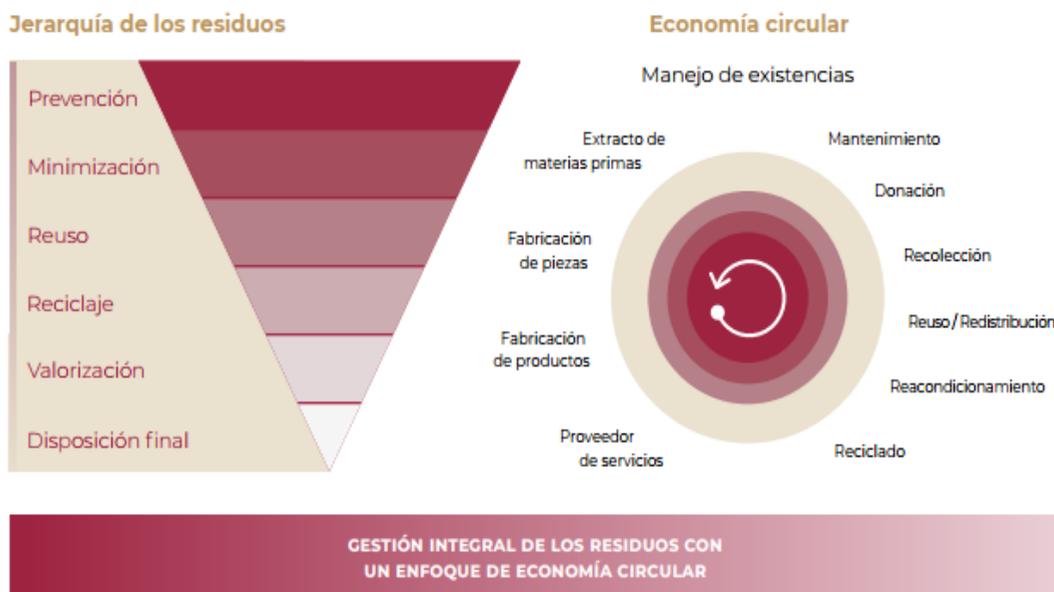
En esos instrumentos se ha reconocido la importancia del fomento de las energías renovables, las cuales conllevan a múltiples beneficios; por un lado, se mitiga la emisión de gases de efecto invernadero y, por el otro, se contribuye a la diversificación de la generación de energía eléctrica, con un impacto positivo en la seguridad energética del país.

## Pruebas empíricas o cualitativas de la Hipótesis

Para atender el problema que representan los residuos en el país, se requiere trabajar integralmente y con una visión de economía circular, donde el aprovechamiento de las materias primas sea prioritario en todas las etapas del ciclo de vida de un producto.

En este sentido, la jerarquía del manejo de los residuos sigue vigente; donde la prevención y minimización antepone a la disposición final. Se requiere corregir la mala disposición de los residuos del país, y atender las necesidades que enfrenta la gestión, elaborar políticas e instrumentos para ampliar la cobertura de servicios, así como aumentar la capacidad de valorización del sistema económico, establecer la separación de los residuos desde el origen, fomentar el reciclaje y establecer un órgano de inspección y vigilancia efectivo, en lo referente a la disposición final; todo lo anterior, bajo un modelo de negocio sustentable y economía circular.

Atendiendo lo anterior, se tendría como objetivo principal el transformar el esquema tradicional del manejo de los residuos en un modelo de economía circular; y así llegar al aprovechamiento racional de los recursos naturales y favorecer el desarrollo sustentable del país.





Fuente: *Visión nacional hacia una gestión sustentable. Cero residuos.*

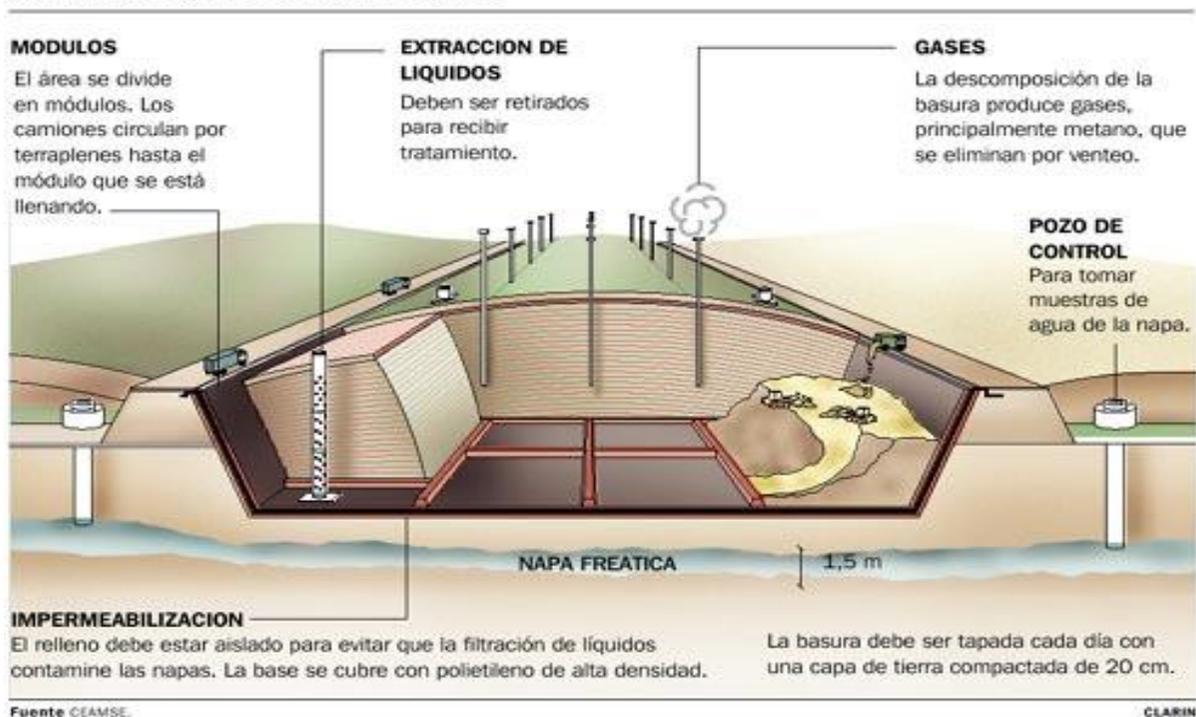
Además, la gestión integral de los residuos contempla a los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial. Para ello, la gestión y manejo deben ser diferenciados, por los riesgos, infraestructura requerida, procesos, y atribuciones.

Ahora, se debe considerar que histórica y globalmente, el relleno sanitario se ha empleado como el método más aceptado, y aún con la disminución de la generación de residuos por reciclaje o los sistemas de procesamiento, el relleno sanitario prevalece como un componente imprescindible de los sistemas de manejo de la basura municipal. El relleno sanitario, como toda obra de ingeniería, tiene que ser planeado y diseñado previamente para asegurar su correcta construcción y operación.

Un relleno sanitario está formado por una trinchera natural o artificial, que debe ser preparada mediante compactación, impermeabilización y nivelación de tal manera que se puedan instalar los sistemas de drenaje, bombeo, extracción y captura de biogás. Una vez depositada la basura, deberá cubrirse con material que permita, por un lado, la mayor recuperación posible de biogás y evite su fuga hacia los costados y la atmósfera, y por el otro, que evite la entrada de aire y agua de lluvia al relleno.

El biogás generado en los rellenos sanitarios, es una mezcla de gases que contiene un 50% de metano, 45% de bióxido de carbono y en menores cantidades: oxígeno, nitrógeno, vapor de agua y ácido sulfhídrico, así como otra gran variedad de gases. Este biogás es conducido hacia la central eléctrica, compuesta generalmente por módulos de 1 MW de capacidad, a través de tuberías que son conectadas a sopladores que extraen el biogás de los pozos construidos en el relleno sanitario.

### Cómo es un relleno sanitario



Asimismo, se debe considerar que el incumplimiento del diseño y plan de construcción y operación de los rellenos sanitarios, ha conducido en muchos casos a una menor recuperación de metano de la esperada, por lo que la preparación del sitio, la impermeabilización, la instalación del sistema de extracción de lixiviados<sup>2</sup> y la compactación de las coberturas intermedias y finales, han conducido a reducir la viabilidad de estos proyectos por la presencia de lixiviados y grietas en las cubiertas, provocado

<sup>2</sup> La materia orgánica se degrada, formando un fertilizante líquido orgánico denominado lixiviado.

por asentamientos acelerados a consecuencia de una pobre compactación de la basura durante la operación del relleno sanitario.

En cuanto a la conversión térmica, el proceso de combustión con recuperación de energía conocido como basura a energía (WTE), es una de las alternativas existentes para el manejo de la basura, ya que reduce la cantidad de materiales enviados a los rellenos sanitarios, previene la contaminación del agua y aire, permite mejorar los programas de reciclamiento, requiere menos espacio y disminuye la dependencia de los combustibles fósiles para la generación de energía.

La incineración puede llevarse a cabo con tecnologías sin clasificación de la basura (*Mass Burn*), o con clasificación de esta (*RDF*). El término RDF (Combustible Derivado de la Basura), refiere a la basura que es procesada para incrementar su poder calorífico y quemarse tanto en plantas WTE, como en plantas termoeléctricas convencionales. Los mayores problemas enfrentados por esta tecnología son sus mayores costos de inversión y operación.

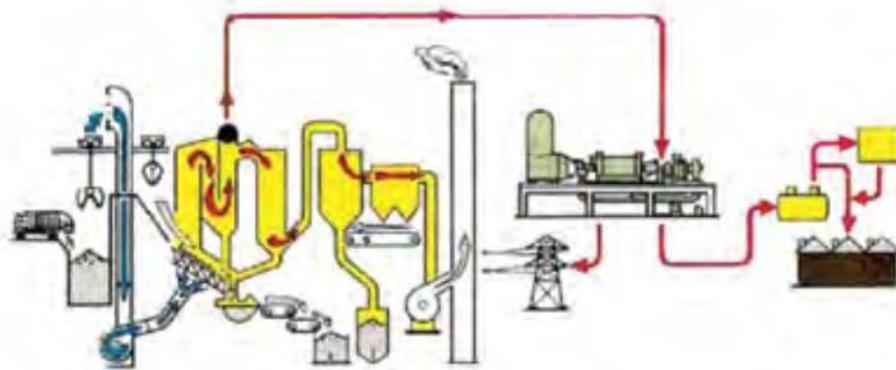


Figura 3. Esquema de planta de incineración de basura.

Los incineradores de lecho fluidizado se usan ampliamente en Japón. Esta tecnología tiene mayor eficiencia, debido a que las temperaturas de incineración son más altas, permitiendo una mayor recuperación de

energía, menores cantidades de materiales no oxidados y menos exceso de aire que las plantas tradicionales.

La tecnología de la gasificación a baja temperatura (500°C), convierte la basura a una mezcla de gases, con un poder calorífico comprendido entre 6 y 12 MJ/m<sup>3</sup>. Existen más de 100 plantas de gasificación alrededor del mundo en operación y construcción actualmente, algunas han estado en operación y construcción actualmente, algunas han estado en operación comercial. La gasificación tiene ventajas sobre la incineración convencional, ya que se lleva a cabo en ambientes con bajo contenido de oxígeno, lo que limita la formación de dioxinas<sup>3</sup> y grandes cantidades de óxidos de azufre y nitrógeno. Como resultado, el volumen de los gases de combustión producido es menor, por lo que se requieren equipos de tratamiento más pequeños y menos costosos.

Mientras que la tecnología de arco de plasma se efectúa en medio de gas ionizado con número igual de cargas positivas y negativas; se genera por descarga de corriente con alto voltaje entre dos electrodos, los resultados son la producción de luz y calor. El gas no tiene limitaciones de temperatura, alcanzando de los 3,000 a los 8,500°C, suficientes para suministrar la energía de activación necesaria para promover los cambios físicos y químicos de la materia, los cuales no pueden ocurrir cuando se calienta con la baja temperatura de combustión convencional. De este tipo de plantas, son pocas las que existen en el mundo.

Ahora bien, para determinar el potencial de la basura como combustible, se ha recurrido a fuentes directas de información, como las ofrecidas por la Secretaría de Desarrollo Social, la cual se encarga de generar la información relativa a la cantidad de basura generada en el país por entidades y municipios. Se estimó que por cada tonelada de basura dispuesta en un

---

<sup>3</sup> Las dioxinas son un grupo de sustancias químicas cloradas, de carácter orgánico, que poseen una estructura similar (**contaminantes orgánicos persistentes**, COP). Se encuentran en el medio ambiente de todo el mundo y en el tejido graso de los animales. Algunas presentan propiedades dañinas, en función del número y la posición de los átomos de cloro presentes en su estructura.

relleno sanitario se puede generar de 150 a 175 kWh, en tanto que cada tonelada de basura incinerada se puede generar un promedio de 550 kWh.

Con biogás existe un potencial estimado en 165 MW, provenientes de la basura ya depositada en rellenos sanitarios. En tanto que si se genera electricidad mediante incineración de la basura existe un potencial de 2,415 MW.

<b>Tabla 3. Capacidad eléctrica de la biomasa.</b>		
<b>Tecnología</b>	<b>Capacidad MW</b>	<b>Capacidad MW</b>
Biogás	165	0
Incineración	0	2,415
<b>Subtotal</b>	<b>165</b>	<b>2,415</b>

## Conclusiones

México es un país tradicionalmente petrolero, por lo que resulta difícil concebir la basura municipal como una fuente de energía. Sin embargo, ante el contexto actual, se motiva a la búsqueda de fuentes alternas de energía, que se caracterizan por ser renovables, sustentables y compatibles con el medio ambiente. Dentro de ese contexto, la basura, cumple con esos atributos, ya que por un lado se genera en cantidades suficientes y con el contenido energético necesario para su conversión a energía, al mismo tiempo de proteger al medio ambiente.

En la Ciudad de México hay un gran potencial para el aprovechamiento energético de la basura, la cual se genera diariamente, y suele depositarse en rellenos sanitarios. En este sentido, hay que considerar que las dos tecnologías no se contraponen, ya que la electricidad en rellenos sanitarios proviene de basura ya existente, y la generación de electricidad por incineración o procesos térmicos se aplicaría a basura que se está generando día a día y en el futuro.

Sin duda, el potencial energético y los beneficios ambientales están a la vista, pero hay que difundir conocimientos reales de las tecnologías que se han descrito de manera general en el presente texto, y que sin duda son el camino probado para aprovechar el potencial energético de la basura.

## Bibliografía

- Arvizu Fernández, José Luis. 2010. *La basura como recurso energético. Situación actual y prospectiva en México*. Recuperado de: <https://www.ineel.mx/boletin012011/inves.pdf>
- Comisión Federal de Electricidad (CFE)-Instituto de Investigaciones Eléctricas. 2012. *Guía de usuario. Generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos*. Recuperado de: <https://www.ineel.mx/docu/Guia-RSU.pdf>
- EnRes equipo técnico. 2018. *Proyecto de Aprovechamiento Energético a partir de Residuos Urbanos en México. Plantas de producción de energía en hornos cementeros, biodigestores, rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales*. Recuperado de: <https://www.giz.de/de/downloads/giz2019-ES-EnRes-Proyectos-de-Aprovechamiento.pdf>
- Naciones Unidas México. “Objetivos de Desarrollo Sostenible”. Recuperado de: <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-del-desarrollo-sostenible/>
- Secretaría de Energía. 2012. *Prospectiva de Energías Renovables, 2012 – 2026*. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva_de_Energías_Renovables_2012-2026.pdf)
- Secretaría del Medio Ambiente. *Programa de gestión integral de residuos sólidos 2016 - 2020*. Recuperado de: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/programas/residuos-solidos/pgirs.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2019. *Visión nacional hacia una gestión sustentable. Cero residuos*. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435917/Vision Nacional Cero Residuos 6 FEB 2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435917/Vision_Nacional_Cero_Residuos_6_FEB_2019.pdf)