

Educación ambiental para el aprovechamiento de desperdicios orgánicos en la producción de biozás

Conrado Ruiz Hernández,
Alma Delia Lupercio Lozano,
Thalía Ameyatzin Bernal González,
Francisco José Torner Morales y
José Luis Muñoz López

Resumen

De los problemas ambientales en México, uno de los más graves es la generación, manejo y disposición de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). La fracción orgánica (FORSU) corresponde a 52.4%, constituyendo un área de oportunidad en el campo biotecnológico, por lo que es necesario atender la separación, recolección, manejo y su disposición final vinculando lo ambiental, social y económico desde la complejidad de la educación ambiental. Se estudió la generación y disposición de la FORSU

Abstract

Among environmental problems in Mexico, one of the most serious is the generation, management and disposal of Urban Solid Waste (USW), the organic fraction (OF-USW) corresponds to 52.4% of the total waste generated; constituting an area of opportunity in the biotechnological field, being necessary to attend to the separation, collection, management and its final disposition linking the environmental, social and economic aspects from the complexity of environmental education. The generation and disposition

Investigación realizada con el financiamiento del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica de la UNAM, PAPIIT: IN310719. Se agradece a los miembros del proyecto, al biólogo Carlos Enrique Palacios Díaz, el pedagogo Eduardo Rodríguez Sierra y al psicólogo José Antonio Amador Melo, que participaron activamente en la realización de esta investigación. Asimismo, se reconoce el apoyo editorial de la Mtra. en Cooperación Internacional Michelle Ruiz Valdés y de la becaria del proyecto PAPIIT Adriana Hernández García.

CONRADO RUIZ HERNÁNDEZ, ALMA DELIA LUPERCIO LOZANO, THALÍA AMEYATZIN BERNAL GONZÁLEZ, FRANCISCO JOSÉ TORNER MORALES, JOSÉ LUIS MUÑOZ LÓPEZ. Unidad de Investigación Interdisciplinaria en Ciencias de la Salud y Educación (CYMA-UIICSE-DIP), Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Contacto: [educa.ambiente.cyma18@gmail.com]

Revista Intercontinental de Psicología y Educación, vol. 22, núm. 1, enero-junio 2020, pp. 139-156.
Fecha de recepción: 10 de septiembre de 2020 | Fecha de aceptación: 24 de septiembre de 2020.

de los expendios de alimentos de la Facultad de Estudios Superiores (FES) Iztacala, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con un abordaje multimétodo. Para incrementar el porcentaje de FORSU separada (en promedio 58 kg diarios), es necesario reforzar las estrategias para su aprovechamiento en una planta generadora de biogás del campus Almaráz de FES Iztacala, UNAM.

PALABRAS CLAVE:

Fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU), complejidad, educación ambiental, multimétodo

of the OF-USW, same ones that come from food outlets of the FES-Iztacala (UNAM), our research group carried out the study with a multi-method approach. To increase the percentage of separated OF-USW, on average 58 kilograms per day, it is necessary to reinforce the strategies for its use in a biogas generating plant installed on the Almaraz campus of FES-Iztacala UNAM.

KEYWORDS:

Organic Fraction of Urban Solid Waste (OF-USW), complexity, environmental education, multi-method

Los problemas ambientales en México son considerables; uno de los más graves es la generación, el manejo y disposición de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). La cantidad de RSU generada en México es de aproximadamente 53.1 millones de toneladas anuales, de las cuales, sólo se recolecta 83.93% y se traslada 78.54% a sitios de disposición final como rellenos sanitarios, sitios controlados o, en el peor de los casos, tiraderos a cielo abierto; mientras que únicamente 9.63% de los residuos generados se recicla (Inegi, 2017).

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) están compuestos por materia orgánica —originada por seres vivos como plantas, animales y aquellos que son producto de actividades antropogénicas relacionadas con éstos, altamente biodegradable y genéricamente llamada Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU)— e inorgánica —conjunto de materiales inertes, en su mayoría, fabricados por el hombre—. La composición de los RSU puede variar debido a los hábitos de consumo, nivel socioeconómico y demografía de cada lugar (Rios, Kaltschmitt, 2016). Para México, durante el periodo 2012-2019 se puede observar que 52.4 % de lo gene-

rado responde a residuos de comida, mientras que 47.6% restante lo integran papel, cartón, productos de papel, plásticos, vidrio, textiles, aluminio, metales ferrosos, otros metales no ferrosos y otro tipo de residuos.

Considerando los datos anteriores, la FORSU representa más de la mitad de los RSU generados a nivel nacional, constituyendo un área de oportunidad en el campo biotecnológico en el país, lo que hace necesario prestar gran atención a los temas relacionados con la separación, recolección, manejo y disposición final de los residuos. En este sentido, las investigaciones sobre producción de energía por medio del biogás se encuentran en etapa pionera, ya que la mayoría de las acciones proambientales se orientan hacia el aprovechamiento y reciclaje de los materiales inorgánicos (metales, plásticos, vidrio, etcétera), que económicamente son más valorados (Ruiz, Lupercio y Bernal, 2018; Rios y Kaltschmitt, 2016; Campuzano y González-Martínez, 2015).

En este marco —con apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt); el Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (Comecyt), y de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación (Seciti) del gobierno de la Ciudad de México—, investigadores de la Facultad de Química e Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México iniciaron el proyecto de construcción de una planta piloto generadora de biogás mediante dos tecnologías (húmeda y seca) a partir de la FORSU generada en diferentes sitios, como facultades de la UNAM, centrales de abastos, mercados, tianguis y gobiernos municipales, entre otros.

Los objetivos de esta planta son contribuir a la investigación en la materia a la par que proveen datos para implementar nuevas tecnologías para el óptimo aprovechamiento de los residuos. Adicionalmente, se generan subproductos que pueden ser utilizados como mejoradores de suelos agrícolas; asimismo, abre la puerta para abordar temas de educación ambiental respecto de la separación y el aprovechamiento de los RSU.

Cabe señalar que la FORSU —para los efectos de poder producir un volumen óptimo de metano y asegurar el buen funcionamiento de los mecanismos de la planta, así como de la comunidad microbiana que degrada los desperdicios orgánicos— requiere que la materia orgánica sea fresca,

fácilmente biodegradable, libre de objetos extraños o de sustancias contaminantes. Dicho de otra manera, la planta piloto generadora de biogás demanda de una dieta selectiva de desperdicios orgánicos que debe estar libre de contenido lignocelulósico (madera y restos de poda), semillas duras o grandes (como las del mamey o aguacate) y huesos (Ruiz, Bernal y Lupercio, 2018). Lo anterior facilita el proceso de degradación de la materia orgánica, agilizando la obtención de los componentes del biogás (principalmente CH_4 en 50%-70% y CO_2 en 25%-40%).

La complejidad de la educación ambiental

El desarrollo de la educación ambiental hace indiscutible su búsqueda por generar y mantener nuevos comportamientos, actitudes, valores y creencias que impulsen el desarrollo social, productivo y creador; como consecuencia, puede ser el medio para el logro de nuevas relaciones entre los seres humanos. Entonces, se propone, por medio del desarrollo de diversas estrategias pedagógicas, contribuir a la formación de una conciencia sobre la responsabilidad del humano en la continuidad de las distintas formas de vida en el planeta, así como la formación de sujetos críticos y participativos ante los problemas ambientales.

A la educación ambiental le corresponde, entre otras cuestiones de igual importancia, no sólo explicar los problemas del ambiente natural, sino también del social y el transformado, en el que se manifiestan con toda claridad las distintas responsabilidades de los sectores sociales. Dichos problemas hacen evidente la necesidad de decidir y actuar sobre los retos inmediatos, sin perder de vista las acciones a mediano y largo plazos (Flores, 2012; Espejel y Flores, 2012). De este modo, la conceptualización de la educación ambiental que inició de lo exclusivamente biológico a la inclusión de aspectos como lo social, económico, cultural y regional ha permitido establecer que disfrutar de un medio ambiente sano es derecho de todos, pero cuidar, preservar y proteger el entorno también es responsabilidad de cada ciudadano. Por ello, es necesario educar a la so-

ciudad, que exige una nueva manera de ver al medio, a fin de contribuir al desarrollo de una cualidad ambiental positiva mediante la solución de los problemas medioambientales a escala local (Suero, Labrador y Lezcano, 2018) con impacto global.

En este sentido, la afirmación de Enrique Leff (2009:11) respecto de que “la crisis ecológica actual por primera vez no es un cambio natural; es transformación de la naturaleza inducida por la concepción metafísica, filosófica, ética, científica y tecnológica del mundo”, nos permite, de manera breve, reconocer los orígenes de la educación ambiental para comprender las tendencias en investigación y praxis que se han desarrollado en su breve historia a partir de las reflexiones críticas que llegan a congresos internacionales, iniciando en la *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano* celebrada en Estocolmo, Suecia, en junio de 1972, donde se plantea como una alternativa en las sociedades internacionales para promover el cuidado y conservación de la naturaleza.

En 1975 se definen los objetivos y se aprueba el primer proyecto trienal, el cual consistió en la realización de un estudio para identificar proyectos en marcha, necesidades y prioridades de los Estados y la promoción de una conciencia ambiental. A partir del proyecto y los objetivos se ha realizado una serie de seminarios y congresos en diferentes partes del mundo para promover la divulgación de la educación ambiental como una herramienta fundamental para la sustentabilidad del ambiente (Espejel y Flores, 2012).

Flores (2012) sintetiza con claridad el desarrollo de la educación ambiental y nos dice que, durante aproximadamente 40 años, la educación ambiental ha tenido un camino recorrido en organizaciones internacionales como el Fondo Mundial para el Medio Ambiente; el Banco Mundial; el Fondo Monetario Internacional; la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, así como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. En el caso de México, los documentos como *Elementos estratégicos para el desarrollo de la educación ambiental en México*, 1993; *Educación y medio ambiente*, 2003, y *Estrategia de Educación ambiental para la sustentabilidad en México*, 2006, entre

otros, son los diagnósticos realizados en distintas etapas en el país, donde se resalta la recuperación de los antecedentes propios, los avances y perspectivas.

En México se han dado múltiples experiencias, entre las que destacan: la creación, en 1983, de una oficina de educación ambiental en la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue); la instrumentación en 1986 del Programa Nacional de Educación Ambiental; la creación en 1995 del Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (Cecadesu); en 2000 del Consorcio Mexicano de Programas Universitarios para el Desarrollo Sustentable (Complexus) y el establecimiento de la Academia Nacional de Educación Ambiental (ANEA), y en 2006 el inicio de la Estrategia Nacional de Educación Ambiental para la Sustentabilidad.

Por otro lado, Teresa Bravo (2003) nos proporciona un panorama del desarrollo de la investigación en educación ambiental en México e identifica las siguientes tres etapas: la primera (1984-1989), orígenes del campo; la segunda (1990-1994), crecimiento y diversificación de las investigaciones en educación ambiental; la tercera (1995-2002), del proceso de consolidación del campo de la investigación en educación ambiental. La revisión que ofrece Flores (2012) del periodo de 2002 a 2012 podría considerarse una cuarta de etapa de profesionalización, que se caracteriza por la proliferación de trabajos de investigación vinculados, principalmente, a programas educativos de diferentes instituciones de educación superior del país.

La educación ambiental en algunas universidades de México

En relación con los programas ambientales en instituciones de educación superior, Espinosa *et al.* (2013) señalan que, a partir de diciembre de 2002, la Asamblea General de la Organización de Naciones Unidas (ONU) aprobó la Resolución 57/254, en la que el periodo comprendido entre 2005 y 2014 se proclama como el *Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible*, designándose a la Organi-

zación de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) como el organismo rector de la promoción del *Decenio* (ONU, 2002). Derivado de la resolución de la ONU, en México, la Secretaría de Educación Pública y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales firmaron el *Compromiso Nacional por la Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable*, en el cual se menciona que la educación se considera uno de los principales medios para promover profundos cambios en los estilos de vida, de desarrollo y de pensamiento y conocimiento (Semarnat y SEP, 2005). De esta manera, la educación para el desarrollo sustentable plantea el reto de adoptar nuevos comportamientos y prácticas que garanticen un futuro común. Por ello, las Instituciones de Educación Superior construyen sus propios modelos de “universidad sustentable”, mediante los cuales relacionan las dimensiones de la sustentabilidad con las actividades de la universidad; es decir, integrar las dimensiones ambiental, social y económica con las funciones sustantivas de la universidad: la docencia, la investigación y la extensión y difusión de la cultura, contemplando, además, la gestión administrativa universitaria.

En México, a partir del Acuerdo Semarnat-ANUIES de 2000, varias instituciones de educación superior elaboraron sus planes ambientales institucionales, en la UNAM por medio del Programa Universitario del Medio Ambiente; el Instituto Politécnico Nacional (IPN) con el Programa Ambiental, y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) con el Programa Institucional hacia la Sustentabilidad (PIHASU). Igualmente, las universidades privadas cuentan con programas, entre ellas destacan la Universidad Iberoamericana y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) campus Estado de México. La mayoría de las acciones realizadas en ese sentido están ahora institucionalizadas en los planes de desarrollo de dichas universidades, por lo que el avance de cada programa depende en gran medida de los recursos que se asignen y del personal involucrado (Semarnat, CESU y ANUIES 2006).

Para este estudio nos centraremos en la FES-Iztacala, donde actualmente se encuentra en vigor el *Programa de Manejo Integral de Residuos* (Promir), el cual inició en agosto de 2014. Ahí se invitó a participar a la

comunidad en la separación de los desechos, se estableció una clasificación de recuperación de residuos sólidos urbanos (orgánicos, inorgánicos, reciclables, PET y sanitarios) y se conformó un comité para el análisis y discusión, así como la toma de decisiones con miembros representantes de toda la comunidad, con el fin de iniciar una sustentabilidad dentro de la institución (antes de la pandemia de la COVID-19, el comité no estaba en funciones). Previo al programa, en la FES-Iztacala ya existían iniciativas que habían logrado colocar algunos residuos en una ruta para su reutilización, como el acopio de PET en contenedores colocados en áreas comunes, el acopio de papel de oficina, así como la colocación de contenedores de mayor capacidad para el depósito de los desechos generados por la población. El continuo interés de académicos y alumnos que realizan proyectos con propuestas para solucionar problemáticas ambientales, como la recolección de desechos orgánicos para realizar prácticas de lombricomposta y demás, en su momento, también se integraron al programa. Aún en estas fechas se podría afirmar que el plan de manejo se encuentra en un momento de establecimiento del diseño, aplicación y mejoramiento. Sin embargo, se puede mejorar aún más la recuperación de los residuos sólidos y en específico los orgánicos.

Un abordaje multimétodo

Este estudio, debido a la multiplicidad de aspectos que involucra abarcando disciplinas de campos biotecnológicos y socioeducativos, nos obliga a reconocer lo complejo que resulta el manejo integral de los residuos sólidos urbanos en los términos de un abordaje multimétodo (Ruiz, 2008). Esto se refleja en la composición misma del equipo de investigación, cuyas formaciones profesionales son diversas (biología, psicología, ingeniería ambiental, entre otras). Dicha situación impulsa el establecimiento de estrategias de comunicación que hagan posible el intercambio de puntos de vista y argumentos, con el objetivo de llegar a acuerdos consensados y epistemológicamente claros. De aquí que en el desarrollo de este reporte

se abordan contenidos biotecnológicos y socioeducativos, dándole su lugar a cada uno de los campos, en una investigación enmarcada en la educación ambiental. En este tipo de problemática, de naturaleza holística y sistémica, ningún abordaje unidisciplinario por sí solo podrá aportar una única solución.

Por lo tanto, en este estudio se establecieron los siguientes objetivos:

1. Determinar las prácticas en la comunidad universitaria (profesores, alumnos y trabajadores) relacionadas al manejo de RSU-FORSU.
2. Realizar un inventario de la FORSU producida en los locales de comida al interior del campus Iztacala de la UNAM.
3. Analizar la FORSU producida al interior de la FES Iztacala con relación a las necesidades de la planta de biogás campus Almaráz.

Metodología y procedimiento

En la investigación se procedió a identificar los informantes estratégicos relacionados con el manejo de los RSU, revisando la estructura administrativa de la FES Iztacala. Se inició estableciendo contacto con la secretaria administrativa del campus (que nos brindó todos los apoyos de gestión, autorizaciones, permisos y traslados para la realización de esta investigación).

Se determinaron los espacios que generan FORSU dentro de la FES Iztacala, como el comedor central, los expendios de comida conocidos como *kioscos* y su numeración (son tres ubicados en distintos espacios abiertos).

Se organizaron formatos y horarios de observación inadvertida en los espacios de los expendios de comida, observando, principalmente, el manejo de los residuos orgánicos que generan y disponen los comensales en los contenedores más cercanos a la mesa o barra y donde les entregan los alimentos ya preparados en distintos momentos del día. También nos permitió reconocer el *modus operandi* del personal de intendencia, que laboralmente es responsable del acopio y disposición final de la basura

y su concentración en la artesa (sitio bardeado, a cielo abierto, en que se almacena toda la basura generada en el campus, hasta que el servicio municipal de limpia la recoja).

A partir de las observaciones inadvertidas en el área de los comensales, se tomó la decisión de realizar entrevistas semiestructuradas a los responsables de los expendios de comida y observar la disposición de los residuos orgánicos e inorgánicos dentro del área de preparación de alimentos.

Asimismo, para una mejor comprensión de la situación, se realizó una entrevista con el administrativo, que al interior de la institución es el responsable del manejo y la disposición final de los RSU en el interior de la FES-Iztacala.

Una vez recopilada la información generada de las observaciones dentro y fuera de los expendios de comida y las entrevistas a trabajadores y administrativo en el manejo de los RSU, se diseñaron carteles para que la separación de los residuos alimenticios, en la preparación de los alimentos fuera apropiada para la planta de biogás de Almaráz (sin semillas de aguacate, mamey o mango, huesos cárnicos de pollo o res, residuos excesivos de limón o naranja o cualquier residuo inorgánico), los cuales se entregaron a los responsables de los expendios y que colocaron sobre los contenedores de los residuos orgánicos; también se brindó asesoría respecto de la nueva forma de disposición (más detallada a la habitual con el Promir).

Después de dos semanas se realizó un estudio de generación o EG-RSU de la fracción orgánica dentro de las cocinas durante la preparación de los alimentos, que estuvo apegado en la medida de lo posible a la norma oficial NOM-083-Semarnat-2003. Es importante subrayar que no existe normatividad mexicana exclusiva para el estudio de generación de esta fracción de los RSU.

Se tomaron como referencia los estudios anteriores de Espinosa, Valdemar y Vázquez (2015) y Campuzano y González-Martínez (2015) sobre los desechos comunes que, en general, se producen en el campus. Como parte de éstos, se ha cuantificado la cantidad de desperdicios alimentarios que generan en los expendios de comida.

RESULTADOS

A partir de las observaciones y registros de los comensales, se identificó lo siguiente:

- Los trabajadores de intendencia cumplen en tiempo y forma con los horarios establecidos para la recogida de los desechos.
- De acuerdo con el día (inicio o fin de semana) los desechos disminuyen por la menor cantidad de comensales.
- Los comensales depositan los residuos de sus alimentos en el contenedor más cercano independientemente de la clasificación de orgánico o reciclable.

A partir de las observaciones en el interior de los expendios de cocina:

- Se cumple con la separación de desechos orgánicos y reciclables generados en la preparación de los alimentos.
- Por el agobio en ciertas horas en la preparación y entrega de los alimentos, los trabajadores cometen errores en la separación de los residuos, vertiendo bolsas o cubiertos de plástico desechables en los contenedores de orgánico, los cuales no se retiran después.

A partir de las entrevistas a los responsables de los expendios de comida:

- A pesar de la buena voluntad de todos los trabajadores y responsables de los expendios, los espacios dentro de las cocinas y la saturación de trabajo en horas pico dificulta una separación propicia de FORSU para una planta de biogás.
- Se requiere de especificaciones claras, puntuales y precisas para una mejor separación de FORSU.
- Un responsable en particular mostró mayor interés y disposición en su participación al manifestar que participar en estas actividades daban un plus a su establecimiento en lo ambiental.

A partir de la entrevista al administrativo responsable del departamento de intendencia:

- Los trabajadores de intendencia reciben pláticas cada inicio de semestre, donde se les informa las características del programa y se solicita su participación para mantener la separación establecida en la tipología del Promir.
- Una característica de este departamento es que la población de trabajadores de intendencia es flotante, pues debido a los cursos de capacitación pueden concursar por otros puestos de trabajo; así que cada inicio de semestre hay trabajadores de nuevo ingreso que reciben la información.

A partir de la entrega de los letreros diseñados para la separación fina de la FORSU:

- Los trabajadores, en un primer momento, se manifestaron agobiados por la especificidad de la separación de la FORSU.
- Manifestaron que los espacios establecidos para los contenedores eran muy limitados para la colocación de letreros nuevos.
- Manifestaron, también, que ya existía una separación, por lo tanto: “¿es indispensable otra?”
- Los trabajadores estaban dispuestos a intentar la separación “nueva”.

A partir del estudio de generación y caracterización de la FORSU:

- Se pesó por una semana hábil (de lunes a viernes).
- Se obtuvo un promedio diario de generación de 58.6 kg.
- El estudio de caracterización se llevó a cabo con 48.81 kg, generados un día anterior por todos los locales expendedores de alimentos.
- Los subproductos con mayor cantidad fueron: cáscaras de fruta y vegetales 10.31 kg; pasta, pan y cereal con 10.17 kg; carne y pescados con 6.85 kg; otros (restos finos) 3.80 kg; huesos con 3.34 kg y tortillas con 2.46, y finalmente los contaminantes con 1.90 kg. Los productos lácteos, cáscaras de huevo, los filtros de café, té y tierra registraron menos de un kilogramo.

Análisis de casos, situaciones y hechos interesantes

Con base en los estudios de generación realizados durante 2015-2019, tanto para los RSU en general, como para la FORSU en particular, podemos estimar que en la UNAM-Iztacala se generaron del orden de una tonelada diariamente de RSU, en la cual una tercera parte de ésta es propiamente FORSU —aunque para los efectos de su empleo en la producción de biogás, es necesario retirar los restos de poda y los desperdicios sanitarios de índole orgánica, entre otros—. En términos de dichos datos, los expendedores de comida al interior del campus generan, en promedio, 58 kg cotidianamente de FORSU depurada y que es apropiada para la planta —esto es, 290 kg semanales útil para la producción de biogás, considerando cinco días hábiles—. Esto, en proyección, equivale a un poco más de una tonelada por mes y a 12 toneladas anualmente.

La manipulación y recuperación de la FORSU, especialmente cuando ésta se compone de desperdicios alimentarios, en principio, es una tarea ardua y complicada —no fácilmente se introducen las personas al cúmulo de basura—. El recolector se enfrenta al hedor de la materia orgánica en descomposición y, por supuesto, al riesgo de adquirir alguna infección por medio de la piel, el aire que se respira o por el ingreso de microorganismos patógenos a través del tracto digestivo. Por ello, es indispensable que todas las personas que participen en este tipo de tareas estén equipadas con aditamentos de protección básicos —guantes de hule grueso o de carnaza impermeable, cubrebocas de buena calidad, overoles, calzado de seguridad, cofias, lentes de seguridad y cascos; máxime, hoy en día, con la COVID-19—, ya que la manipulación sin protección de tales materiales sí conlleva riesgos. Una vez consideradas estas precauciones iniciales, se enfrenta el problema de que los expendedores de comida si bien separan, en ocasiones, acorde al Promir, sí se encontraron desechos plásticos juntos en una misma bolsa los desperdicios orgánicos e inorgánicos, lo que hace aún más compleja la separación de la FORSU útil para la generación de biogás. Para procurar la separación apropiada, a pesar de la buena disposición del personal que trabaja en los expendios de comi-

da, nos demandó una ardua tarea de convencimiento y capacitación para juntar una FORSU, cada vez más depurada y libre de materiales inorgánicos (especialmente de botellas de plástico).

En un caso, el propietario de uno de estos comercios nos externó su interés en participar en esta tarea de separar y juntar la FORSU, pues la entendía como un plus o mérito ambiental para su negocio, lo que nos parece una actitud sumamente amigable con el socioambiente y susceptible para ser considerada —como muy buen ejemplo de conducta ambiental— por sus otros compañeros del gremio.

En cuanto a la cooperación y participación del personal académico y administrativo —que está implicado institucionalmente con el manejo y disposición final de los RSU—, en principio, colaboraron solidariamente con esta investigación, pero detectamos posturas y actitudes algo contradictorias y cerradas hacia un debate constructivo para mejorar el desempeño ambiental de la FES-I respecto del manejo integral de los RSU. Sin duda, lo que demandó un mayor estudio y un debate bien sustentado y constructivo al interior de la comunidad académica toda de la UNAM-Iztacala. Asimismo, es importante señalar que la planta piloto generadora de biogás en su etapa actual es un prototipo experimental y de investigación, cuya producción de metano y conversión a energía eléctrica es limitada; sin embargo, cualquier esfuerzo que produzca datos sólidos sobre las ventajas de aprovechar adecuadamente los RSU vale la pena, pues abre la puerta a nuevas estrategias estructuradas para el cuidado y protección del medio ambiente.

Discusión

La separación de los RSU recolectados y su transporte hacia las zonas de disposición final puede tener múltiples ventajas para su manejo. Cuando los residuos se separan previamente a su recolección, es posible aumentar la cantidad y la calidad de los materiales reciclables; en contraste, los que se recuperan a partir de residuos no separados tienden a estar contamina-

dos, lo que reduce su valor en el mercado y su posible reciclaje (Semarnat, Informe 2015).

En el momento de concluir esta investigación, consideramos que la planta piloto para la generación de biogás está en una primera etapa en el estudio de los procesos biofísico-químicos implicados en la generación de metano, así como la formación académica de profesionales en la realización de tesis de licenciatura y posgrado, tanto para maestría, como para doctorado. Actualmente se encuentra detenida en su función formativa en las áreas de gestión ambiental participativa y de educación ambiental. En el primer rubro, la tarea principal es procurar darle mantenimiento y que continúe en función (produciendo biogás y contribuyendo al aprovechamiento de 600 kg de FORSU diariamente). El segundo, invitando a las comunidades escolares universitarias y municipales cercanas a la ubicación de la planta a que participen en el recaudo y transporte de la FORSU que requiere semanalmente la planta. La FES Iztacala puede reunir, únicamente, 250 kg a la semana de FORSU seleccionada para su aprovechamiento en la producción de biogás, por lo que se requiere el aporte de 550 kg diarios de FORSU que debe recaudarse de otros lugares.

Conclusiones

La FORSU es sumamente desaprovechada en comparación con los materiales inorgánicos (metales, plásticos, vidrio y demás) que son económicamente más valorados dentro de todo el conjunto de la basura común. Los programas institucionales de educación ambiental orientados a promover el manejo integral de los Residuos Sólidos Urbanos o RSU dan poca atención al manejo y disposición final conveniente para estos desperdicios orgánicos.

La Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos o FORSU ocupa, aproximadamente, entre 40 y 50% del volumen total de basura generada en una ciudad que, de no ser tratada y aprovechada adecuadamente, su

degradación representa un riesgo para la salud humana y puede provocar daños ambientales graves.

Se requiere poner mayor énfasis en la separación adecuada de los residuos sólidos urbanos, de tal forma que permita valorizar una mayor cantidad de subproductos, incluyendo en éstos a la FORSU dentro de la FES-1, ya que el transporte de 58 kg diarios no resulta viable económica ni ambientalmente.

Referencias

- Bernardo, C. (2003). Emancipación, complejidad y método histórico dialéctico: Repensar las tendencias en Educación Ambiental. *Tópicos en Educación Ambiental*, 5(13), 21-30.
- Bravo, M.^a Teresa (2003). La investigación en educación y medio ambiente, en M.^a Bertely Busquets (coord.), *Educación, derechos sociales y equidad (tomo I). Educación y diversidad cultural. Educación y medio ambiente. La investigación educativa en México 1992-2002*. México: Consejo Mexicano de Investigación Educativa, pp. 277-358.
- Campuzano, R. y González-Martínez, S. (2015). Extraction of soluble substances from organic solid municipal waste to increase methane production. *Biore-source Technology*, 178, 247-253.
- Espinosa, V. R., Valdemar, S. y Vázquez, A. (comps.) (2015). Encuentro de expertos residuos sólidos. Encuentro académico sobre manejo de residuos en universidades. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a residuos sólidos, A. C. Recuperado de <http://www.somers.ac.org>
- Espinosa, V. R., Turpin, M. S., Vázquez, S. R., Vázquez, M. A., Cisneros, R. A., de la Torre, V. A. y García, G. B. (2013). La gestión ambiental en una institución de educación superior asociada a las prácticas de separación y recuperación de residuos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(3), 49-57.
- Espejel, A. y A. Flores (2012). Educación ambiental escolar y comunitaria a nivel medio superior. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(55).
- Flores, R. (2012). Investigación en educación ambiental. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(55).

- Ímaz, M. (coord.). (2015). La dimensión ambiental en los albores del siglo XXI. Miradas desde la diversidad. *Encuesta Nacional de Medio Ambiente*, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2017). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales.
- Leff, E. (coord.) (2009). *La complejidad ambiental*. México: Siglo XXI-UNAM-PNUMA.
- Martínez, M. (2001). Comportamiento humano: nuevos métodos de investigación. México: Trillas.
- Martínez, M. (2007). Conceptualización de la transdisciplinariedad. *POLIS, Revista de la Universidad Bolivariana*, 5(16), Chile: Universidad de los Lagos, 1-18.
- Morín, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. México: DOWER-Unesco.
- Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas. Acta. 2 pp. Recuperado de <http://www.un.org/Depts/dhl/resguide/r57sp.htm>.
- ONU (1992). La Agenda 21. Capítulo 36: Fomento de la educación, la capacitación y la toma de conciencia. Nueva York: Organización de Naciones Unidas,
- ONU (2002). Resolución aprobada por la Asamblea General (A/57/532/Add.1) 57/254. Decenio de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas. Acta. 2. Recuperado de <http://www.un.org/Depts/dhl/resguide/r57sp.htm>.
- Ríos, M., Kaltschmitt, M. (2016). “Electricity generation potential from biogas produced from organic waste un Mexico”. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 54, 384–395.
- Ruiz, C. (2008). El enfoque multimétodo en la investigación social y educativa. Una mirada desde el paradigma de la complejidad. *Revista de Filosofía y Sociopolítica de la Educación*, 8(4), 13-28.
- Ruiz Hernández, C., Lupercio Lozano, A. y Bernal González, T. (2018). Evaluación diagnóstica para el análisis de programas de manejo integral de residuos sólidos urbanos en dos universidades mexicanas. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 25(3), doi: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.30873/ces.v25n3a12>
- Ruiz, C. y A. Lupercio (2015). Auditoría ambiental participativa sobre manejo de RSU en dos universidades mexicanas: Prospección preliminar. Memoria del primer encuentro académico sobre manejo de residuos en universidades. México: Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

- Sandín, E. (2003). *Investigación cualitativa en educación. Fundamentos y tradiciones*. Barcelona: McGraw-Hill.
- Sauve, L. (1999). La Educación Ambiental entre la Modernidad y la Postmodernidad: En busca de un marco de referencia educativo integral. *Tópicos en Educación Ambiental*, 1(2), 7-25.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2015). *Informe de la situación del Medioambiente en México*. Compendio de estadísticas ambientales.
- Suero, L., Labrador, O. y A. Lezcano (2018). Tendencias actuales sobre el tratamiento de la educación ambiental comunitaria. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/07/educacion-ambiental-comunitaria.html/hdl.handle.net/20.500.11763/caribe1807educacion-ambiental-comunitaria>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) (2017). *Residuos Sólidos Urbanos y manejo especial*. Consultado el 28 de junio de 2017. Recuperado de <http://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rs>
- Semarnat y SEP (2005). *Compromiso Nacional por la Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaría de Educación Pública. Acta. México, D. F., 7 pp. Recuperado de http://www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/Documents/compromiso_nacional.pdf
- Semarnat, CESU y ANUIES (2006). *Memoria de la Presentación de los Planes Ambientales de las Instituciones de Educación Superior*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Centro de Estudios Superiores Universitarios y Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. CD-ROM. México.
- Zambrano Dommarco, José Gregorio y Castillo, Matilde (2010). Tendencias modernas y postmodernas de la educación ambiental. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación*, 11(1), 197-212. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=410/41021794012>