

# Residuos sólidos urbanos y economía circular en Pachuca, Hidalgo, México

Urban solid waste and circular economy in Pachuca, Hidalgo, Mexico

\* Sergio Gabriel Ceballos Pérez<sup>1</sup>, José de Jesús Brambila Paz<sup>2</sup>, Verónica Pérez Cerecedo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Investigador Conacyt, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco Estado de México, México.  
Tel. (55) 58 04 59 00. [sergiocbpz@gmail.com](mailto:sergiocbpz@gmail.com). ORCID 0000-0003-4991-3540

<sup>2</sup> Posgrado en Socioeconomía, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados.  
ORCID 0000-0001-7640-8203  
ORCID 0000-0001-7035-7281

\*Autor de correspondencia

## Resumen

Los residuos sólidos urbanos (RSU) representan una de las fuentes de contaminación que pueden generar efectos nocivos como plagas, malos olores, focos de infección y transmisión de enfermedades. El manejo integral de residuos consiste en la recolección, separación, tratamiento y confinación en rellenos sanitarios. No obstante, la economía circular (EC) promueve la eficiencia del uso de materiales y energía por medio de las 5R. El objetivo de este artículo fue conocer cómo se lleva a cabo el manejo de los RSU e identificar la posibilidad de transitar hacia una EC en la ciudad de Pachuca. La metodología consistió en un estudio de caso descriptivo, utilizando entrevistas semiestructuradas y dirigidas, reconocimiento en campo y recopilación de información estadística. Como resultado se obtuvo que la generación de RSU en Pachuca es de las más altas en México, que el aprovechamiento de estos residuos es mínimo y que existen pocos proyectos de valorización.

**Palabras clave:** Basura; gestión; valorización; reciclaje.

## Abstract

Urban solid waste (USW) represents one of the sources of pollution that can generate harmful effects such as pests, bad odors, sources of infection, and disease transmission. Integrated waste management consists of the collection, separation, treatment, and confinement in sanitary landfills. However, the circular economy (CE) promotes the efficiency of the use of materials and energy through the 5R. The objective of this article was to know how USW management is carried out and to identify the possibility of moving towards an EC at Pachuca city. The methodology consisted of a descriptive case study, using semi-structured and directed interviews, field reconnaissance, and collection of statistical information. Results show that the generation of USW in Pachuca is one of the highest in Mexico, that the use of these residues is minimal, and that there are few recovery projects.

**Keywords:** Garbage; management; recovery; recycling.

Recibido: 16 de diciembre de 2021

Aceptado: 03 de mayo de 2022

Publicado: 15 de junio de 2022

**Cómo citar:** Ceballos Pérez, S. G., Brambila Paz, J. J., & Pérez Cerecedo, V. (2022). Residuos sólidos urbanos y economía circular en Pachuca, Hidalgo, México. *Acta Universitaria* 32, e3437. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2022.3437>

## Introducción

Los residuos sólidos urbanos (RSU) se definen como todos aquellos desechos materiales provenientes de fuentes domiciliarias, oficinas y centros comerciales (Kala *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2018; Senzige *et al.*, 2014). Existe otro tipo de residuos provenientes de diversas fuentes, tales como industrias, hospitales, talleres mecánicos, entre otros, los cuales son considerados como peligrosos, pero que no se tratarán en este trabajo (Alam & Ahmade, 2013; Chadar & Chadar, 2017; Cheng *et al.*, 2019).

Los RSU son una de las fuentes de contaminación de suelos, agua y aire dentro de las ciudades y sus áreas periféricas, debido a que sus escurrimientos contienen metales pesados, materia orgánica, patógenos y gases como metano, dióxido de carbono, entre otros (Moody & Townsend, 2017; Nain & Kumar, 2020); además, estos desechos generan efectos como plagas y malos olores, los cuales se convierten en focos de infección y transmisión de enfermedades como el cólera, por ejemplo (Joshi & Ahmed, 2016; Kennedy *et al.*, 2015; Monzambe *et al.*, 2019). Derivado de ello, se implementan acciones como el manejo integral de los residuos, que consiste en la recolección, separación, tratamiento y confinación en rellenos sanitarios para evitar parte de estas consecuencias (Boskovic *et al.*, 2016; Senzige *et al.*, 2014; Velázquez, 2008).

No obstante, un problema adicional es el acelerado crecimiento de la generación de RSU como consecuencia de nuestros patrones de consumo (Campbell, 2020; Lai & Ho, 2020), del crecimiento económico (Chen *et al.*, 2020; Madden *et al.*, 2019), del desarrollo urbano (Khajuria *et al.*, 2010; Tisalema *et al.*, 2021) y del incremento poblacional (Brown *et al.*, 2014; Matuščík & Kočí, 2021), por lo cual cada día se requieren mayores acciones y recursos para manejar los residuos. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020), en México se generan 0.866 kilogramos per cápita de residuos sólidos urbanos diarios, lo que equivale a 39 millones de toneladas anuales, las cuales requieren de inversiones y gastos cuantiosos para gestionar su manejo.

Otro problema relacionado con los RSU es la gran cantidad de materiales que se desperdician sin volver a tener otro uso, mientras que, por otro lado, debido al alto consumo, está aumentando el agotamiento y encarecimiento de recursos naturales y materias primas, por ejemplo: el agua, los bosques, el petróleo, el acero, el aluminio, así como alimentos, un tercio de los cuales no se consumen y se desperdician en el mundo (Anane-Fenin & Akinlabi, 2017; Schanes *et al.*, 2018; Sweeten, 2012; Thiry, 2010). La economía circular (EC), en ese sentido, promueve la eficiencia en el uso de materiales y energía por medio de la reutilización, reciclaje, reducción y restauración de los recursos naturales (Aragón & Córdova, 2019; Chen *et al.*, 2020; Schandl & Turner, 2009).

La EC se define como un sistema industrial que es restaurativo o regenerativo por intención y diseño. Reemplaza el concepto de *fin de vida útil* por el de *restauración*; se mueve hacia el uso de energía renovable; elimina el uso de productos químicos tóxicos que dificultan la reutilización y apunta a la eliminación de desechos a través del diseño superior de materiales, productos y sistemas, (Kirchherr, Reike, & Hekkert, 2017). En ese sentido, la EC es un modelo que comprende la introducción de las 5R (reducir, reutilizar, reciclar, reparar y recuperar) desde la etapa de producción, distribución, consumo y generación de residuos, con el fin de tratar de llegar a cero residuos en los rellenos sanitarios, aumentando la generación de valor en la economía (Geissdoerfer *et al.*, 2017; Kirchherr *et al.*, 2017; Sauve & Van Acker, 2020).

La EC es una estrategia que incluye diversas acciones como a) diseñar nuevos productos, utilizando materiales que se desechan (Amrina & Fitrahaj, 2020; Studer & Ehrig, 2015; Tugiyono *et al.*, 2020), alargando la vida útil de los productos, haciéndolos reparables o actualizables y biodegradables (Dzombak *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2020; Rogharian & Pazhoheshfar, 2014; Sun *et al.*, 2017); b) generar políticas de consumo racional, donde los consumidores realizan mejores compras de productos que dañan menos el ambiente (Franceschelli *et al.*, 2019; Zhou *et al.*, 2019); c) generar marcos normativos que fomenten el consumo racional, la separación de residuos y la disminución de desperdicios, promoviendo productos de alta calidad (Bennett & Satterfield, 2018; Lou *et al.*, 2020); y d) generar incentivos fiscales e impuestos para eliminar externalidades ambientales y crear nuevos mercados, tales como industrias de reciclaje, revalorización, entre otras (Aragón & Córdova, 2019; Groot *et al.*, 2014; Velázquez, 2008).

En México, de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2012), se valorizan solo el 9.6% de los residuos para reciclado, una cifra muy baja, comparada con otros países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). En cuanto a la EC, no se ha implementado plenamente, solo dos ciudades cuentan con un programa de EC, la Ciudad de México y Guadalajara, mientras que en los demás estados solo algunos cuentan con acciones como separación de residuos, valorización, reciclaje, obtención de biogás, entre otros (INEGI, 2020).

No obstante, para transitar de las políticas de manejo integral de residuos hacia una EC, se requieren de diversos cambios (técnicos, legales, administrativos, entre otros) (Gonçalves *et al.*, 2018; Heshmati, 2017; Cortinas, *sf*; Sauve & Van Acker, 2020). De acuerdo con Luttenberger (2020), Pavliashvili & Prasek (2020) y Rada *et al.* (2020), quienes han transitado hacia una EC, contaron con un plan o una estrategia basada en diagnósticos previos y requerimientos específicos, tanto financieros como técnicos. No obstante, resaltan que el éxito de dichas estrategias es la concientización de la población en la separación de los RSU (Luttenberger, 2020), esto se debe a que, derivado del crecimiento urbano, los costos por recolección y tratamiento de RSU aumentan; sin embargo, la separación domiciliar contribuye de manera sustancial a reducir dichos costos y a la valorización de los RSU (Martinho *et al.*, 2018; Shafie, 2018). Además, la adopción de una política de EC no puede surgir de manera improvisada, ni momentánea, por el contrario, se deben planear diversas acciones paulatinas en las que se requiere la participación de todos: ciudadanos, empresas, gobierno; incluyendo los cambios legislativos y administrativos necesarios (Groot *et al.*, 2014; Knickmeyer, 2020; Madon *et al.*, 2019).

El objetivo de esta investigación es identificar cómo se lleva a cabo el manejo y valorización de residuos sólidos en el municipio de Pachuca y evaluar la posibilidad de desarrollar una estrategia de economía circular (EC). El trabajo se divide en: (1) descripción de la zona de estudio, (2) cantidad de RSU a nivel municipal y costos, (3) separación de RSU, (4) confinamiento, (5) aprovechamiento o valorización de dichos residuos, y por último (6) discusión y conclusiones de la EC.

## **Materiales y métodos**

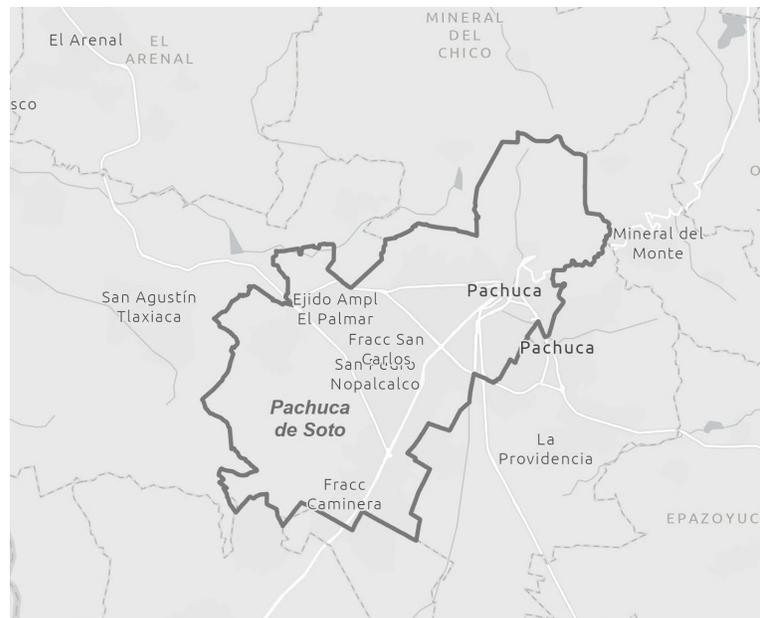
Esta investigación es un estudio exploratorio de caso, de tipo descriptivo, sobre manejo de residuos sólidos urbanos, donde se analiza la posibilidad de una transición hacia la EC a nivel municipal (Groot *et al.*, 2014; Plastinina *et al.*, 2019). La hipótesis planteada es que la ciudad de Pachuca puede transitar hacia una EC con cambios que promuevan la separación para contribuir a una mayor valorización de los RSU y a la generación de valor e incremento de los ingresos municipales.

Para ello, se utilizó una metodología mixta, la cual comprendió la obtención de información cualitativa mediante la realización de investigación en campo utilizando entrevistas semiestructuradas dirigidas a trabajadores del relleno sanitario el Huixmi, de la empresa recolectora y de la empresa de aprovechamiento de biogás. Así mismo, se obtuvo información cuantitativa de la generación de RSU, valorización, gastos y cálculo de beneficios posibles. Los datos de generación de RSU se obtuvieron del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2010-2018 (INEGI, 2020), mientras que para el caso del reciclaje los datos provienen de Secretaría de Energía (Sener, sf). Así mismo, se hizo una revisión del marco legal en términos de manejo de los RSU y la EC para identificar la viabilidad normativa. Por último, para conocer la disposición a separar los residuos desde el origen y algunas características de las personas, tales como género, edad y nivel de estudios, se realizó una encuesta de cinco preguntas a 110 personas por medios electrónicos a los pobladores de Pachuca.

## Zona de estudio

El municipio de Pachuca tiene una superficie territorial de 195.3 km<sup>2</sup>; es la capital del Estado de Hidalgo, que se ubica en la región centro de México (Figura 1). Este municipio es el más poblado del estado con 314 331 habitantes (INEGI, 2020). El crecimiento urbano de la ciudad de Pachuca se ha acelerado (como lo indican los datos de los últimos dos censos de población y vivienda), muestra de ello es la conformación de la zona metropolitana de Pachuca, integrada por los municipios Mineral del Chico, Mineral del Monte, Zempoala, Zapotlán de Juárez, Mineral de la Reforma, Epazoyucan y San Agustín Tlaxiaca.

Uno de los problemas de este acelerado crecimiento urbano es que no se contempla la planificación de servicios urbanos como transporte, agua potable, alumbrado y, por supuesto, la recolección y tratamiento de RSU (Ceballos et al., 2020).



**Figura 1.** Ubicación del municipio de Pachuca, Hidalgo, México.  
Fuente: Elaboración propia con base en Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2020).

## Resultados

### Generación de Residuos Sólidos Urbanos

El municipio de Pachuca, según datos del INEGI (2020), es la ciudad que genera la mayor cantidad de residuos sólidos municipales en el estado de Hidalgo. La cantidad de basura que generan per cápita es de 1.4 kg diarios, lo que indica que está por arriba de la media nacional (Tabla 1). De acuerdo con Saucedo *et al.* (2019), la generación de RSU se encuentra vinculada con el crecimiento urbano y el crecimiento poblacional.

Tabla 1. Generación de RSU en Pachuca 2010-2018.

Año	RSU (kg diarios)	Población (personas)	RSU per cápita (kg diarios por persona)	RSU (t/anales)
2010	380 000	267 862	1.418640942	138 700
2012	121 750	274 873	0.442931827	44 438
2014	320 000	275 256	1.162554131	116 800
2016	380 000	277 473	1.369502618	138 700
2018	380 000	277 514	1.369300288	138 700

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020).

El municipio de Pachuca gestiona sus RSU mediante un sistema concesionado, el cual comenzó a operar a partir de agosto de 2012, debido principalmente a sus costos de recolección y transferencia. De acuerdo con información del municipio, durante el periodo de enero a junio de 2012, la dependencia local gastó \$27 670 942 pesos, mientras que de julio a diciembre del mismo año destinó \$24 690 740 pesos (por servicio concesionado), es decir, tuvo un ahorro de \$2 980 204 pesos y un aumento en la cobertura de recolección (Municipio de Pachuca, 2021). A partir de ahí, las acciones de recolección y separación se han concesionado a otras empresas, como TecMed y Tandem Ride (Tabla 2).

Tabla 2. Empresas privadas concesionadas para la recolección y separación de RSU en Pachuca.

Periodo	Empresa
2012-2015	Cambio Verde
2015-2019	TECMED
2019-2023	Tandem Ride

Fuente: Elaboración propia con base en Municipio de Pachuca (2021).

En cuanto a los costos de recolección, estos se han ido incrementando, como lo señala la Tabla 3, de acuerdo con los contratos realizados entre municipio y empresa, donde pueden ocurrir variaciones a lo largo de los años o mantener una determinada cantidad. Cabe mencionar que las empresas una vez que realizan la separación llevan los residuos al relleno sanitario donde pagan \$106.10 pesos por tonelada por depositar los RSU.

Tabla 3. Costo por tonelada y gasto anual en recolección.

Año	Gasto Anual (pesos)	Costo por tonelada para recolección (pesos)
2012	\$42 214 440	\$366
2018	\$43 524 000	\$403
2020	\$45 662 000	\$423
2021	\$51 684 000	\$472

Fuente: Elaboración propia con base en Municipio de Pachuca (2021).

### Separación de Residuos Sólidos

Uno de los principales problemas de los RSU es la separación, ya que no hay un reglamento que mencione este proceso y que puede ser un paso importante para la EC. Tanto ciudadanos como el mismo sistema de gestión no han valorado este proceso. Los pepenadores y centros de transferencia son los únicos que llevan a cabo una separación de los residuos para poder valorizar los materiales, los cuales son almacenados y posteriormente vendidos, y el resto es trasladado al sitio de disposición final, conocido como Relleno Sanitario El Huixmi.



Figura 2. Relleno sanitario el Huixmi, Pachuca.  
Fuente: Elaboración propia.

Las empresas concesionadas utilizan maquinaria pesada para recoger la basura del piso e ingresarla en la banda de distribución, donde se hace la separación de PET, Tetrapak, cartón, aluminio, plástico duro y botes de aluminio, así como vidrio separado por colores y papel separado dependiendo si este es blanco, multicolor, de revista o periódicos, los cuales son valuados a distintos precios. En palabras de Antonio:

“Toda la basura que no se separa para reciclar se deposita al final de la banda en la góndola, donde un camión se lo lleva al Huixmi (el relleno sanitario)” (Antonio, trabajador de recolección, 2021).

También cuentan con compactadoras de presión para hacer las pacas de material reciclable, las cuales son vendidas a empresas intermediarias que recogen el material y lo venden a las empresas recicladoras. De los RSU recolectados, la proporción orgánica se estima que representa alrededor del 51% de lo recolectado diario, la cual podría transformarse en composta y ser vendida, pero por la falta de inversión pública o privada para la implementación de esta técnica, termina en el relleno sanitario (Tabla 4).

Tabla 4. Residuos orgánicos e inorgánicos.

Año	RSU (kg diarios)	Orgánicos (kg diarios)	Inorgánicos (kg diarios)
2010	380 000	193 800	186 200
2012	121 750	62 093	59 657
2014	320 000	163 200	156 800
2016	380 000	193 800	186 200
2018	380 000	193 800	186 200

Fuente: Elaboración propia con base en Semarnat (2011).

En ese sentido, se estima que de la totalidad de los residuos recolectados solo se recicla alrededor del 10% (Sener, sf), que en términos monetarios asciende a \$62 870 pesos diarios, de acuerdo con un cálculo estimado, los cuales corresponden en su mayoría a papel, cartón, Tetrapack y plásticos, entre los que se incluye PET, además de metales como aluminio, chatarra, vidrio, entre otros. Sin embargo, cabe destacar que dicha proporción podría aumentar con políticas de separación de origen, así como con políticas fiscales hacia las empresas, asociaciones público-privadas o incentivos a la población que promuevan acciones de economía circular. Como se observa en la Tabla 5, los ingresos probables obtenidos, si se valorizaran las 380 t diarias recogidas, alcanzarían \$628 704 pesos tan solo por la venta de materiales inorgánicos susceptibles de reciclar, y por la venta de composta la cifra sería de \$678 300 pesos, a un precio de \$3.5 pesos el kilo<sup>1</sup>, sin considerar costos de elaboración.

Tabla 5. Residuos recuperados para reciclaje.

Producto	Porcentaje	Cantidad Kg Diarios	Precios corrientes 2021	Ingresos probables
Inorgánicos	49%	186 200	-	\$628 704
Orgánicos	51%	193 800	\$3.50	\$678 300
Cartón y Papel	45%	83 790	\$1.40	\$117 306
PET y plástico	30%	55 860	\$4.50	\$251 370
Metales	6%	11 172	\$22.00	\$245 784
Vidrio	9%	16 758	\$0.85	\$14 244
Otros	10%	18 620	-	-

Fuente: Sener (s.f.).

<sup>1</sup> Los precios de la composta varían de acuerdo con su calidad, dependiendo de los procesos de elaboración y su composición orgánica, llegando a alcanzar precios de \$50 pesos por kilo.

## Confinamiento

El relleno sanitario municipal está ubicado en la localidad del Huixmi, a un costado del área urbana de Pachuca, cuenta con una superficie de 20 ha y con cinco celdas de confinamiento, de la cual la última tiene vida útil hasta 2025. El relleno recibe aproximadamente 380 t diarias de basura que representa el 20% del total generado por el estado. En palabras de Ramiro:

"De esta actividad dependen alrededor de mil empleos, entre pepenadores, choferes, vigilantes, compactadores, recicladoras, tienditas, puestos de comida, etc". (Ramiro, encargado de recepción del Huixmi, 2021)

Cabe señalar que el Huixmi está a punto de terminar su vida útil como relleno sanitario, después de haber funcionado 30 años, por lo que el gobierno estatal y municipal están diseñando la creación de un nuevo relleno sanitario para la zona metropolitana de Pachuca, el cual servirá para los municipios de Mineral de la Reforma, San Agustín Tlaxiaca, Zapotlán, Zempoala, Mineral el Chico y Pachuca. Entre las diferentes versiones de dicho proyecto, se ha dicho que la construcción tiene un presupuesto aproximado de 15 millones de pesos y un espacio destinado de 20 ha en la localidad de Acayuca en el municipio de Zapotlán. Por otro lado, por el cambio de administración municipal, actualmente hay otra propuesta de construirlo en Mineral de la Reforma, con una nueva empresa concesionaria (Alcaráz, 2021).

## Aprovechamiento de biogás

A un lado del vertedero el Huixmi se encuentra la planta de producción de energía eléctrica Energía de Pachuca SAPI de C. V., la cual aprovecha el gas metano que se genera de las celdas de confinamiento del vertedero. De acuerdo con Adán:

"Esta planta genera alrededor de 650 a 1000 kW/h y utiliza alrededor de 4800 toneladas métricas de metano al año, con lo cual se evita la emisión de gases de efectos invernadero en forma comparativa de aproximadamente 26,000 autos" (Adán, operador técnico, 2021).

Las ventajas de dicho proyecto, por un lado, es utilizar el gas metano que genera los residuos sólidos urbanos, los cuales son una fuente importante de los gases de efecto invernadero y del cambio climático. Al quemar dicho gas y transformarlo en energía eléctrica útil, se generan beneficios económicos y ambientales.

En cuanto a su aportación económica, el municipio de Pachuca ha visto reducido su pago en alumbrado público en por lo menos 10%, lo que representa aproximadamente \$1 367 000 pesos.

Por su parte, la cantidad de residuos utilizada para la generación de energía es de 400 t de residuos sólidos, sin embargo, esta cantidad de residuos sólidos no son transformados o reutilizados, más bien son confinados y se tiene que esperar a que se concentre una cantidad suficiente de gas para poder utilizarlo; se considera más bien como un subproducto de los RSU.



Figura 3. Planta de Biogás Energía de Pachuca.  
Fuente: Elaboración propia.

### Posibilidades de transición hacia la economía circular

El municipio de Pachuca publicó el 9 de octubre de 2020 el nuevo Reglamento de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos de Pachuca (Periódico Oficial de Hidalgo [POH], 2020), el cual contempla lo planteado en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2003) y el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2017-2018 (Semarnat, s.f.), cuyo objetivo principal es contribuir a la prevención de la generación de residuos, mejorar el funcionamiento y cobertura de la infraestructura en materia de residuos, la reducción de los impactos ambientales y el aprovechamiento máximo de los residuos en su valorización y minimización de su disposición final, además de contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030, particularmente los objetivos 11, 12 y 14. Cabe señalar que dentro de estos documentos se encuentra establecida la política nacional de RSU, así mismo, se delinean las metas y estrategias de participación por parte del gobierno en sus tres órdenes (federal, estatal y municipal), así como la responsabilidad de las empresas y la ciudadanía, por ejemplo, la gestión integral de los residuos, la búsqueda de reducción de residuos y la separación.

Por su parte, la Ley de Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Estado de Hidalgo (POH, 2011), y el Programa Estatal de Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo [Semarnath], 2011), promueven la prevención de la generación de residuos mediante cambios en los procesos de producción y utilización de insumos y modificaciones en los hábitos de consumo; así mismo, se busca fomentar el reciclaje y la valorización de los residuos. Cabe señalar que el más reciente reglamento de limpia del municipio de Pachuca establece como una medida la separación de los residuos en dos tipos: orgánicos e inorgánicos.

## Disposición a separar

En cuanto a la praxis de la separación de residuos en la ciudad de Pachuca, los RSU no se separan de origen, es decir, desde las viviendas antes de ser recogidos por el servicio de recolección, como lo menciona el reciente reglamento de limpia. No obstante, esta acción puede evitar costos, tiempos y reducir incluso la contaminación y aumentar el aprovechamiento de los RSU. En ese sentido, se levantó un cuestionario en la ciudad de Pachuca a 110 personas para conocer la disposición a separar los residuos desde el origen. El resultado fue que 85% de los encuestados respondió que la separación de residuos es muy importante, 7% dijo que es importante y solo 6% no tan importante (Figura 4). Otros datos que arrojó el cuestionario es que el 59.6% de las personas dijeron que sí separan sus residuos aun cuando el camión de la basura no les exige que se separen. Así mismo, el 71% de las personas que separan su basura en casa son mujeres, lo cual también nos puede dar una idea hacia quien dirigir información para la separación de residuos.

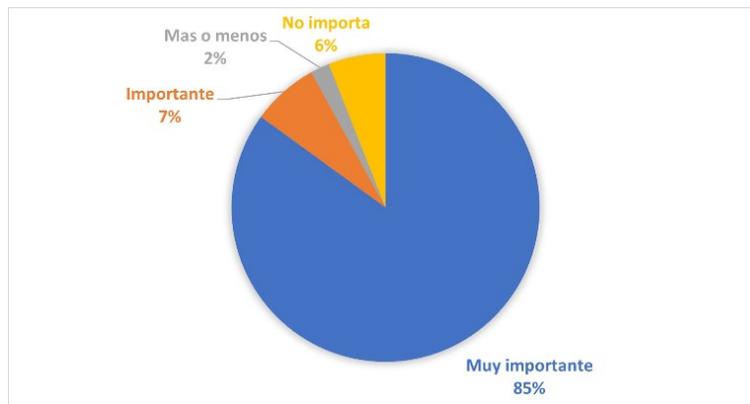


Figura 4. Porcentaje de personas dispuestas a separar sus residuos sólidos.  
Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

En el municipio de Pachuca, la basura se sigue viendo como un problema que genera muchos costos para el municipio, cuya erogación anual alcanza los \$51.6 millones de pesos por el servicio de recolección de RSU de la ciudad, sin contabilizar los costos de mantenimiento del relleno sanitario el Huixmi, ni las inversiones en nuevas celdas o nuevos rellenos sanitarios. El municipio no considera la basura como una oportunidad de negocio y generación de empleo, como en el caso de la industria china, donde se ha implementado la economía circular para lograr reducir costos y ofrecer productos a precios más bajos por la utilización de material reciclable (Yong, 2007; Zhu *et al.*, 2019).

En el municipio, el 90% de los RSU no se aprovechan, son confinados por la falta de proyectos de valorización y la falta de esquemas de participación público-privada, o incluso social. A la fecha solo existen dos formas de valorización (1) el reciclado, que cubre solo el 10% de los materiales inorgánicos recuperados a través de la separación en centros de transferencia, y (2) el aprovechamiento del biogás proveniente de los residuos del relleno sanitario, los cuales generan una cantidad considerable de electricidad y disminuyen el costo del alumbramiento público.

En cuanto al marco normativo, la legislación municipal, estatal y nacional incluyen en sus contenidos objetivos de EC, aun cuando no se menciona explícitamente. Dentro de sus objetivos se reconoce la importancia de reducir la generación de residuos desde los procesos productivos, así como la concientización de la ciudadanía para la separación y consumo responsable, y por parte de los municipios, la gestión integral de los residuos. No obstante, en la práctica, dentro de los planes y programas de gobierno no se generan dichas acciones con mayor puntualidad, ni se acompaña de metas concretas como el aumento en el porcentaje de reciclaje, campañas de sensibilización para consumo responsable, acuerdos e incentivos con empresas para el impulso de EC o la aplicación de la separación de origen de los RSU.

En ese sentido, otra proporción importante de los RSU son los materiales orgánicos, cuya forma de aprovechamiento es el compostaje, el cual se puede obtener mediante la separación de materia orgánica y vender a precio accesible el biofertilizante a los productores agrícolas de la ciudad de Pachuca y municipios cercanos, o incluso realizar un programa público de apoyo a la agricultura del estado que facilite dicho compostaje a los productores. Actualmente, el precio de los fertilizantes se ha incrementado más de 70% en tan solo un año y las actividades agrícolas tenderán a reducir el uso de plaguicidas y fertilizantes químicos, sustituyéndolos por biofertilizantes (Diacono *et al.*, 2019). Por ello, es importante invertir en la valorización de los RSU orgánicos. En la Figura 5 se muestra un esquema del diseño de una planta de composta a nivel industrial.

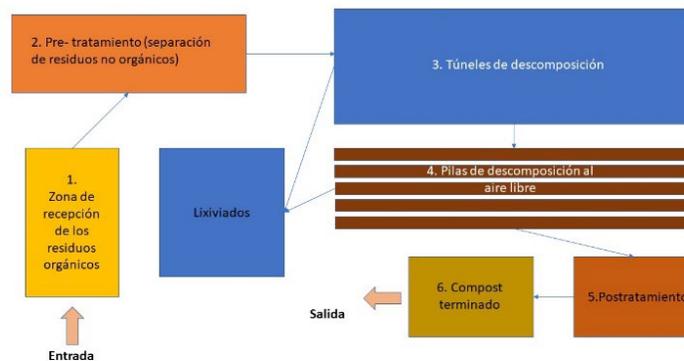


Figura 5. Esquema de planta de composta escala industrial.  
Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, de acuerdo con el cuestionario sobre separación de residuos, una parte importante de los encuestados menciona que es importante separar los residuos como una acción para reducir la contaminación y que ellos se encuentran dispuestos a realizarlo sin ningún intercambio económico, solo por una mejora ambiental. Sin embargo, estas acciones pueden ir acompañadas de programas de incentivos con descuentos en productos o servicios mediante convenios con empresas o negocios por la separación de RSU valorizables como PET, vidrio, aluminio, cartón, materia orgánica, aceites (como en otros países), fomentando además la reutilización, reducción, reciclado, reparación y recuperación (5R). Es importante mencionar que incluso algunos países también han diseñado penalizaciones a quienes no separan bien sus residuos.

## Conclusiones

Las ciudades pequeñas como la ciudad de Pachuca cuentan con diversas ventajas frente a otras grandes ciudades para poder planificar su crecimiento y la oferta de los servicios públicos básicos, como lo es la recolecta de residuos. Cuentan con la posibilidad de realizar acciones y reformas para la separación, tratamiento y valorización de sus RSU. No obstante, no cuentan con recursos financieros para invertir en infraestructura e industrias de aprovechamiento de los residuos, tales como empresas recicladoras, de biogás, de elaboración de composta, entre otras. Se requiere del impulso de esquemas público-privados, o privados sociales, con el respaldo del gobierno con concesiones e incentivos fiscales para que la economía circular pueda desarrollarse, además, se sugiere poner en marcha las reformas legales en materia de tratamiento y recolección, así como la participación ciudadana con la separación domiciliaria. Los ingresos por valorización de RSU pueden incrementarse significativamente y reducir la contaminación en aire, agua y suelo.

## Conflictos de interés

Este artículo no presenta conflicto de interés.

## Referencias

- Alam, P., & Ahmade, K. (2013). Impact of solid waste on health and the environment. *International Journal of Sustainable Development and Green Economics*, 2(1), 165–168.  
<https://intelligentjo.com/images/Papers/general/waste/IMPACT-OF-SOLID-WASTE-ON-HEALTH-AND-THE-ENVIRONMENT.pdf>
- Alcaráz, J. A. (17 de mayo de 2021). Afectará a 5 mil personas cierre del relleno de El Huixmí: Comisariado. *Periódico La Silla Rota, Pachuca Hidalgo*. <https://hidalgo.lasillarota.com/estados/afectara-a-5-mil-personas-cierre-del-relleno-de-el-huixmi-comisariado/518910>
- Amrina, U., & Fitrahaj, M. U. R. (2020). An application of value stream mapping to reduce waste in livestock vitamin raw material warehouse. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 9(3).  
<https://www.ijsr.net/archive/v9i3/SR20329062345.pdf>
- Anane-Fenin, K., & Akinlabi, E. T. (30 de agosto-01 de septiembre, 2017). Recycling of fibre reinforced composites: A review of current technologies. *Proceedings of the DII-2017 Conference on Infrastructure Development and Investment Strategies for Africa*.  
[https://www.researchgate.net/publication/320536248\\_Recycling\\_of\\_Fibre\\_Reinforced\\_Composites\\_A\\_Review\\_of\\_Current\\_Technologies](https://www.researchgate.net/publication/320536248_Recycling_of_Fibre_Reinforced_Composites_A_Review_of_Current_Technologies)
- Aragón, A., & Córdova, A. (2019). Separation of recyclable inorganic waste in tijuana. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 1011-1023. doi: <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.19>
- Bennett, N. J., & Satterfield, T. (2018). Environmental governance: A practical framework to guide design, evaluation, and analysis. *Conservation Letters*, 11(6), 1–13. doi: <https://doi.org/10.1111/conl.12600>
- Boskovic, G., Jovicic, N., Jovanovic, S., & Simovic, V. (2016). Calculating the costs of waste collection: A methodological proposal. *Waste Management and Research*, 34(8), 775-783.  
doi: <https://doi.org/10.1177/0734242X16654980>
- Brown, L. R., Gardner, G., & Halweil, B. (2014). *Beyond malthus: The nineteen dimensions of the population challenge*. Routledge. doi: <https://doi.org/10.4324/9781315071589>
- Campbell, C. (2020). The curse of the new: How the accelerating pursuit of the new is driving hyper-consumption. In K. Ekstrom (ed.), *Waste management and sustainable consumption*. Routledge.  
doi: <https://doi.org/10.4324/9781315757261-9>
- Ceballos, S. G., Villanueva, J., & Quiroa, J. A. (coords.) (2020). *Importancia de la infraestructura verde y la planeación para el desarrollo urbano sustentable*. Universidad Autónoma de Coahuila, Colegio de Hidalgo, Pachuca, México. <http://www.investigacionyposgrado.uadec.mx/publicacion/importancia-de-la-infraestructura-verde-y-la-planeacion-para-el-desarrollo-urbano-sustentable/>

- Chadar, S., & Chadar, K. (2017). Solid waste pollution: A hazard to environment. *Recent Advances in Petrochemical Science*, 2(3), 555586. doi: <https://doi.org/10.19080/rapsci.2017.02.555586>
- Chen, D. M., Bodirsky, B. L., Krueger, T., Mishra, A., & Popp, A. (2020). The world's growing municipal solid waste: Trends and impacts. *Environmental Research Letters*, 15(7), 074021. doi: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8659>
- Cheng, K. Y., Wong, P. Y., Whitwell, C., Innes, L., & Kaksonen, A. H. (2019). A new method for ranking potential hazards and risks from wastes. *Journal of Hazardous Materials*, 365, 778-788. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.11.059>
- Cortinas, C. (s.f.). Marco para la Economía Circular Comunitaria Municipal en Querétaro en Materia de Cambio Climático. *Fundación Cristina Cortinas*. <https://cristinacortinas.org/sustentabilidad/estrategias-municipales/#>
- Diacono, M., Persiani, A., Testani, E., Montemurro, F., & Ciaccia, C. (2019). Recycling agricultural wastes and by-products in organic farming: Biofertilizer production, yield performance and carbon footprint analysis. *Sustainability*, 11(14), 3824. doi: <https://doi.org/10.3390/su11143824>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (8 de octubre de 2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263\\_180121.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf)
- Dzombak, R., Kasikaralar, E., & Dillon, H. E. (2020). Exploring cost and environmental implications of optimal technology management strategies in the street lighting industry. *Resources, Conservation and Recycling: X*, 6, 100022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100022>
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2020). *Software ArcGis versión 10.5*. ESRI.
- Franceschelli, M. V., Santoro, G., Giacosa, E., & Quaglia, R. (2019). Assessing the determinants of performance in the recycling business: Evidence from the Italian context. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 26(5), 1086-1099. doi: <https://doi.org/10.1002/csr.1788>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Gonçalves, A. T. T., Ferreira, F. T., Lima, G., Palma, J., & da Silva, R. (2018). Urban solid waste challenges in the BRICS countries: A systematic literature review. In *Revista Ambiente e Agua*, 13(2), 1-20. doi: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2157>
- Groot, J., Bing, X., Bos-Brouwers, H., & Bloemhof-Ruwaard, J. (2014). A comprehensive waste collection cost model applied to post-consumer plastic packaging waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 85, 79-87. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.10.019>
- Heshmati, A. (2017). A review of the circular economy and its implementation. *International Journal of Green Economics*, 11(3-4), 251-288. doi: <https://doi.org/10.1504/IJGE.2017.089856>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2012). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187440/diagnostico\\_basico\\_extenso\\_2012.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187440/diagnostico_basico_extenso_2012.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2011- 2019. Tabulados básicos*. <https://www.inegi.org.mx/temas/residuos/default.html#Tabulados>
- Joshi, R., & Ahmed, S. (2016). Status and challenges of municipal solid waste management in India: A review. *Cogent Environmental Science*, 2(1), 1139434. doi: <https://doi.org/10.1080/23311843.2016.1139434>
- Kala, K., Bolia, N. B., & Sushil. (2020). Effects of socio-economic factors on quantity and type of municipal solid waste. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 31(4), 877-894. doi: <https://doi.org/10.1108/MEQ-11-2019-0244>
- Kennedy, C. A., Stewart, I., Facchini, A., Cersosimo, I., Mele, R., Chen, B., Uda, M., Kansal, A., Chiu, A., Kim, K., Dubeux, C., La Rovere, E. L., Cunha, B., Pinceti, S., Keirstead, J., Barles, S., Pusaka, S., Gunawan, J., Adegbile, M., Nazaraha, M., Hoque, S., Marcotullio, P. J., González, F., Genena, T., Ibrahim, N., Farooqui, R., Cervantes, G., & Sahin, A. D. (2015). Energy and material flows of megacities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(19), 5985-5990. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1504315112>

- Khajuria, A., Yamamoto, Y., & Morioka, T. (2010). Estimation of municipal solid waste generation and landfill area in Asian developing countries. *Journal of Environmental Biology*, 31(5), 649-654. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21387916/>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. In *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Knickmeyer, D. (2020). Social factors influencing household waste separation: A literature review on good practices to improve the recycling performance of urban areas. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118605. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118605>
- Lai, M. K. W., & Ho, A. P. Y. (2020). Unravelling potentials and limitations of sharing economy in reducing unnecessary consumption: A social science perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104546. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104546>
- Liu, H., Gu, J., Wang, S., Zhang, M., & Liu, Y. (2020). Performance, membrane fouling control and cost analysis of an integrated anaerobic fixed-film MBR and reverse osmosis process for municipal wastewater reclamation to NEWater-like product water. *Journal of Membrane Science*, 593, 117442. doi: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2019.117442>
- Lou, T., Wang, D., Chen, H., & Niu, D. (2020). Different perceptions of belief: Predicting household solid waste separation behavior of urban and rural residents in China. *Sustainability*, 12(18), 7778. doi: <https://doi.org/10.3390/SU12187778>
- Luttenberger, L. R. (2020). Waste management challenges in transition to circular economy – Case of Croatia. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120495. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120495>
- Madden, B., Florin, N., Mohr, S., & Giurco, D. (2019). Using the waste Kuznet's curve to explore regional variation in the decoupling of waste generation and socioeconomic indicators. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 674–686. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.06.025>
- Madon, I., Drev, D., & Likar, J. (2019). Long-term risk assessments comparing environmental performance of different types of sanitary landfills. *Waste Management*, 96, 96-107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.001>
- Martinho, G., Gomes, A., Ramos, M., Santos, P., Gonçalves, G., Fonseca, M., & Pires, A. (2018). Solid waste prevention and management at green festivals: A case study of the Andanças Festival, Portugal. *Waste Management*, 71, 10–18. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.020>
- Matuštk, J., & Kočí, V. (2021). What is a footprint? A conceptual analysis of environmental footprint indicators. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124833. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124833>
- Monzambe, G. M., Mpfu, K., & Daniyan, I. A. (2019). Statistical analysis of determinant factors and framework development for the optimal and sustainable design of municipal solid waste management systems in the context of industry 4.0. *Procedia CIRP*, 84, 245-250. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.182>
- Moody, C. M., & Townsend, T. G. (2017). A comparison of landfill leachates based on waste composition. *Waste Management*, 63, 267-274. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.09.020>
- Municipio de Pachuca (2021). [Portal de transparencia]. <https://www.pachuca.gob.mx/portal/micrositio-transparencia/>
- Nain, P., & Kumar, A. (2020). Initial metal contents and leaching rate constants of metals leached from end-of-life solar photovoltaic waste: An integrative literature review and analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109592. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109592>
- Pavliashvili, S., & Prasek, D. E. (2020). Accelerating transition to the circular economy in Georgia. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, 14(3), 7-13. [http://science.org.ge/bnas/t14-n3/01\\_Pavliashvili\\_Inaugural%20Article.pdf](http://science.org.ge/bnas/t14-n3/01_Pavliashvili_Inaugural%20Article.pdf)
- Pereira, S. S., Curi, R. C., & Curi, W. F. (2018). Use of indicators in urban solid waste management: A methodological proposal of construction and analysis for cities and regions: Application of the model. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 23(3), 485-498. doi: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522018163505>
- Periódico Oficial de Hidalgo (POH). (24 de enero de 2011). *Ley de Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Estado de Hidalgo*. [http://legismex.mty.itesm.mx/estados/ley-hgo/HID-L-PrevGestInRes2021\\_01.pdf](http://legismex.mty.itesm.mx/estados/ley-hgo/HID-L-PrevGestInRes2021_01.pdf)

- Periódico Oficial de Hidalgo (POH). (09 de octubre de 2020). *Reglamento de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos de Pachuca*.  
[https://datos.pachuca.gob.mx/sipot/1/PDFS/Reglamento\\_Residuos-2020.pdf](https://datos.pachuca.gob.mx/sipot/1/PDFS/Reglamento_Residuos-2020.pdf)
- Plastinina, I., Teslyuk, L., Dukmasova, N., & Pikalova, E. (2019). Implementation of circular economy principles in regional solid municipal waste management: The case of Sverdlovskaya Oblast (Russian Federation). *Resources*, 8(2), 90. doi: <https://doi.org/10.3390/resources8020090>
- Rada, E. C., Cestari, I., & Magaril, E. R. (2020). Some considerations on circular economy, municipal solid waste and occupational risk. *MATEC Web of Conferences*, 305, 00068. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202030500068>
- Roghianian, E., & Pazhooheshfar, P. (2014). An optimization model for reverse logistics network under stochastic environment by using genetic algorithm. *Journal of Manufacturing Systems*, 33(3). doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.02.007>
- Saucedo, J. A., Mendoza, A., & Alvarado, M. (2019). Collection of solid waste in municipal areas: Urban logistics. *Sustainability*, 11(19), 5442. doi: <https://doi.org/10.3390/su11195442>
- Sauve, G., & Van Acker, K. (2020). The environmental impacts of municipal solid waste landfills in Europe: A life cycle assessment of proper reference cases to support decision making. *Journal of Environmental Management*, 261, 110216. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110216>
- Schandl, H., & Turner, G. M. (2009). The dematerialization potential of the Australian economy. *Journal of Industrial Ecology*, 13(6), 863–880. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2009.00163.x>
- Schanes, K., Dobernig, K., & Gözet, B. (2018). Food waste matters - A systematic review of household food waste practices and their policy implications. *Journal of Cleaner Production*, 182, 978-991. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.030>
- Secretaría de Energía (Sener). (sf). *Evaluación rápida del uso de la energía*.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171269/24\\_Pachuca\\_de\\_Soto.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171269/24_Pachuca_de_Soto.pdf)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (sf). *Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2017-2018*.  
[http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/PNPGIR%20\\_2017-2018.pdf](http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/PNPGIR%20_2017-2018.pdf)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo (Semarnath). (2011). *Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial*.  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187459/Hidalgo.pdf>
- Senzige, J. P., Nkansah, Y., & Njau, K. N. (2014). Factors influencing solid waste generation and composition in Urban Areas of Tanzania: The case of Dar-es-Salaam. *American Journal of Environmental Protection*, 3(4), 172-178. doi: <https://doi.org/10.11648/j.ajep.20140304.11>
- Shafie, F. A. (2018). Barcelona towards Sustainability. *Asian Journal of Environment-Behaviour Studies*, 3(10), 21-27. doi: <https://doi.org/10.21834/aje-bs.v3i10.309>
- Studer, M., & Ehrig, F. (2015). Numerical shape optimization as an approach to reduce material waste in injection molding. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 78, 1557-1571. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-014-6757-8>
- Sun, J., Sabbaghi, N., & Ashton, W. (2017). Green supply chain formation through by-product synergies. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 64(1), 70-82. doi: <https://doi.org/10.1109/TEM.2016.2640758>
- Sweeten, D. W. (11-13 de septiembre de 2012). Integrating green waste management strategies into emergency response waste management programs: Examples from the deeper horizon response. *Proceedings of the 35th AMOP Technical Seminar on Environmental Contamination and Response*. doi: <https://doi.org/10.2118/157514-ms>
- Thiry, G. (2010). Alternative indicators to GDP: Values behind numbers. Adjusted net savings in question. *Applied Research in Quality of Life*, 2010018. <https://econpapers.repec.org/paper/ctlouvir/2010018.htm>
- Tisalema, S., Hechavarría, J., Vega, G., & Calero, M. (2021). Ecological waste planning. Case study: Comprehensive waste management plan at the Simón Bolívar Air Base, Guayaquil, Ecuador. *Advances in Intelligent Systems and Computing AISC*, 1269. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58282-1\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58282-1_39)

- Tugiyono, Febryano, I. G., Puja, Y., & Suharso. (2020). Utilization of fish waste as fish feed material as an alternative effort to reduce and use waste. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 23(5), 701-707. doi: <https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.701.707>
- Velázquez, A. N. (2008). La gestión de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Hannover: Un modelo exitoso. *Anales de Geografía*, 28(1), 163-176. <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/AGUC0808110163A>
- Yong, R. (2007). The circular economy in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 9, 121-129. doi: <https://doi.org/10.1007/s10163-007-0183-z>
- Zhou, F., Lim, M. K., He, Y., Lin, Y., & Chen, S. (2019). End-of-life vehicle (ELV) recycling management: Improving performance using an ISM approach. *Journal of Cleaner Production*, 228, 231-243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.182>
- Zhu, J., Fan, C., Shi, H., & Shi, L. (2019). Efforts for a circular economy in China: A comprehensive review of policies. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 110-118. doi: <https://doi.org/10.1111/jiec.12754>