



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“DISEÑO DE UN MODELO DE ECONOMÍA
CIRCULAR PARA EL MUNICIPIO DE
ACAMBAY, ESTADO DE MÉXICO.”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
BIÓLOGO**

PRESENTA:

JESÚS MENDIETA PLATA

DIRECTORES:

DR. JORGE ALBERTO LUGO DE LA FUENTE

DR. PEDRO DEL ÁGUILA JUÁREZ



TOLUCA, ESTADO DE MEXICO SEPTIEMBRE 2021

Resumen

En el municipio de Acambay, al 2020 de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se estima una población de 67,872 habitantes que demanda recursos para su crecimiento y desarrollo, a su vez que genera residuos sólidos urbanos (RSU). Así mismo, prevalece una gestión básica de los residuos, ya que se basa en un modelo económico lineal de “extraer, fabricar, consumir y eliminar” ocasionando una gran dependencia y explotación de los recursos; así como un incremento en el volumen de la generación de residuos sólidos urbanos domésticos, los cuales pueden tener un impacto negativo en el ambiente y por ende en la salud humana si no se manejan adecuadamente. Ante este problema, la economía circular se considera un modelo alternativo que busca promover el uso eficiente de los recursos y el aprovechamiento de residuos, mediante el cambio que conllevan los procesos productivos y la orientación hacia el consumo responsable.

En ese contexto, el objetivo de esta investigación fue elaborar un modelo de economía circular mediante un estudio de generación y caracterización de residuos para identificar el potencial de reciclaje y reutilización de los residuos sólidos urbanos del municipio de Acambay en relación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. Se recolectaron 1,680 muestras de residuos sólidos en 240 unidades familiares del municipio, clasificados en tres estratos sociales (popular, medio y residencial), así como los RSU (reciclables inorgánicos, reciclables orgánicos y no reciclables). También se realizó un diagnóstico de la situación actual del municipio donde se evaluó la infraestructura; el marco normativo y la capacidad de gestión y manejo de RSU.

De acuerdo a los resultados se generan .307 kg por persona, es decir, una Generación Per Cápita (GPC) de 0.307 kg/hab/día, valor similar a lo reportado para localidades pequeñas. No se encontraron diferencias entre los estratos medio y residencial, pero sí entre el residencial y popular, y el medio y popular con un 95% de confianza. En cuanto a la composición, se encontró que la fracción de residuos alimenticios presenta el mayor porcentaje con un 33.5%, seguido de plásticos 13.23%, cartón y papel 8.79% y vidrio con un 5.1%. Dentro de cada una de las etapas de la gestión y manejo integral de los RSU en el municipio se lograron identificar una serie de problemas que disminuyen la eficiencia de atención en cada uno de los rubros. Con base a esos resultados se realizó una propuesta de modelo circular para el mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos en el municipio de Acambay, teniendo en cuenta todos los factores antes tratados, así como los socioeconómicos y normativos.

Palabras clave: *residuos sólidos, economía circular, composición, generación per cápita, reciclaje.*

Índice

Índice	i
Índice de Figuras	iii
Índice de Tablas.....	iii
Acrónimos	iv
Resumen	v
Introducción.....	1
1. Los Residuos Sólidos	2
1.1 Residuos Sólidos urbanos	2
1.2 Residuos de manejo especial y peligrosos	3
1.3 El efecto del COVID-19 en el manejo de los residuos sólidos.....	4
1.4 Los residuos sólidos a nivel Internacional	5
1.5 Los residuos sólidos a nivel Nacional y Estatal.....	6
2. La gestión y manejo de los RSU	8
2.1 Gestión de los RSU en el municipio de Acambay	8
2.2 Almacenamiento temporal DE RSU	9
2.3 Recolección de RSU	10
2.4 Tratamiento de RSU	12
2.5 Transferencia y transporte de RSU	12
2.6 Disposición final de RSU.....	13
3. Marco Normativo	14
3.1 Agenda 2030 y ODS	16
4. Economía circular	18
4.1 Impactos del Covid-19 en la economía circular	24
5 Justificación.....	25
6 Objetivos	26
6.1 Objetivo General.....	26
6.1 Objetivos Específicos.....	26
7 Sitio de estudio	26
7.1 Localización.....	26
7.2 Clima.....	27

7.3 Hidrología	27
7.4 Edafología	28
7.5 Vegetación	28
7.6 Dinámica demográfica	29
8 Materiales y Métodos	29
8.1 Diagnóstico	29
8.2 Trabajo de campo: estudio de la generación y composición de los RSU	30
8.2.1 Cuantificación	31
8.1.1 Caracterización	31
8.3 Determinación del Índice de rechazo o razón de rechazo	32
8.4 Análisis Estadístico	33
9 Resultados y Discusión	33
9.1 Generación de RSU	33
9.2 Composición	38
9.3 Índice de rechazo	42
9.4 Diagnostico y encuestas	44
10 Modelo de Economía Circular (EC)	47
10.1 Concientización y educación ambiental	49
10.2 Creación de políticas públicas municipales de prevención	50
10.3 Participación Ciudadana	51
10.4 Integración de pepenadores	51
10.5 Valorización de Residuos a partir de la separación segregada	52
10.5.1 Elaboración de Biogás	56
10.6 Tratamiento biológico	57
10.7 Instalación de centros de acopio y reciclaje	58
10.8 Creación de una estación de transferencia de residuos	59
10.9 Inversión de equipamiento	60
10.10 Diseño de un Centro Integral de Residuos y Cooperación Intermunicipal	62
11 Conclusiones	63
12 Recomendaciones	64
13 Referencias	64
14 Anexos	vi

Índice de Figuras

Figura 1. Generación de Residuos Sólidos por Entidad Federativa.	7
Figura 2. Manejo integral de los Residuos Sólidos Urbanos.	9
Figura 3. Procesos del manejo de los residuos sólidos en el Municipio de Acambay	9
Figura 4. Modelo de Economía Lineal.	20
Figura 5. Diagrama simplificado del modelo de economía circular	22
Figura 6. Ubicación geográfica del sitio de estudio	27
Figura 7. Comportamiento de la generación per cápita por estrato.	37
Figura 8. Localidades con mayor generación de residuos sólidos urbanos.	38
Figura 9. Modelo de Economía Circular de Residuos propuesto para el municipio de Acambay.	48

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de los residuos sólidos urbanos por origen de generación.	3
Tabla 2. Códigos de peligrosidad de los residuos.	4
Tabla 3. Comparación de las toneladas diarias recolectadas por municipio para el año 2015.	8
Tabla 4. Marco normativo de los residuos sólidos urbanos.	15
Tabla 5. Tipos de suelo del sitio de estudio.	28
Tabla 6. Tipos de vegetación en el Municipio de Acambay.	28
Tabla 7. Proyecciones de población total y por sexo en el municipio de Acambay de Ruiz Castañeda.	29
Tabla 8. Categorías usadas para determinar la composición de los residuos.	32
Tabla 9. Generación de Residuos Sólidos en el municipio de Acambay de Ruíz Castañeda.	35
Tabla 10. Generación de residuos sólidos urbanos por estrato socioeconómico.	36
Tabla 11. Composición de los Residuos Sólidos Urbanos del municipio de Acambay.	39
Tabla 12. Resultados de la composición por estratos de los RSU.	41
Tabla 13. Porcentaje de RSU aprovechables con el índice de rechazo.	43
Tabla 14. Problemas identificados en el manejo y la gestión integral de los RSU del municipio de Acambay.	45
Tabla 15. Acciones para la transición a una economía circular.	49
Tabla 16. Programa semanal de recolección separada para el municipio de Acambay.	54
Tabla 17. Separación de los residuos sólidos urbanos generados en las casas habitación.	55
Tabla 18. Precio promedio de la compra-venta de residuos sólidos urbanos en el municipio de Acambay.	56
Tabla 19. Tipos de tratamientos biológicos.	58
Tabla 20. Inversión de maquinaria.	60
Tabla 21. Costos de operación asociados a la prestación del servicio de recolección.	61
Tabla 22. Costos de operación variable para la prestación del servicio de recolección.	61

Acrónimos

CIR	Centro Integral de Residuos
COESPO	Consejo Estatal de Población
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CRETIB	Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, y Biológico Infeccioso
DBGIR	Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos
EC	Economía Circular
FIRSU	Fracción Inorgánica de los Residuos Sólidos Urbanos
FORSU	Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GPC	Generación Per Cápita
HDEP	Polietileno de Alta Densidad
IGECEM	Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LDEP	Polietileno de Baja Densidad
LGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente
LPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
NMX	Normas Mexicanas
NOM	Norma Oficial Mexicana
NTEA	Norma Técnica Estatal Ambiental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PET	Tereftalato de polietileno
PMPGIRSU	Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos
PP	Polipropileno
PROMARNAT	Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales
PS	Poliestireno
PVC	Policloruro de Vinilo
RME	Residuos de Manejo Especial
RP	Residuos Peligrosos
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SMAGEM	Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México
WRB	Base Referencial Mundial del Recurso Suelo

Resumen

En el municipio de Acambay, al 2020 de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se estima una población de 67,872 habitantes que demanda recursos para su crecimiento y desarrollo, a su vez que genera residuos sólidos urbanos (RSU). Así mismo, prevalece una gestión básica de los residuos, ya que se basa en un modelo económico lineal de “extraer, fabricar, consumir y eliminar” ocasionando una gran dependencia y explotación de los recursos; así como un incremento en el volumen de la generación de residuos sólidos urbanos domésticos, los cuales pueden tener un impacto negativo en el ambiente y por ende en la salud humana si no se manejan adecuadamente. Ante este problema, la economía circular se considera un modelo alternativo que busca promover el uso eficiente de los recursos y el aprovechamiento de residuos, mediante el cambio que conllevan los procesos productivos y la orientación hacia el consumo responsable.

En ese contexto, el objetivo de esta investigación fue elaborar un modelo de economía circular mediante un estudio de generación y caracterización de residuos para identificar el potencial de reciclaje y reutilización de los residuos sólidos urbanos del municipio de Acambay en relación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. Se recolectaron 1,680 muestras de residuos sólidos en 240 unidades familiares del municipio, clasificados en tres estratos sociales (popular, medio y residencial), así como los RSU (reciclables inorgánicos, reciclables orgánicos y no reciclables). También se realizó un diagnóstico de la situación actual del municipio donde se evaluó la infraestructura; el marco normativo y la capacidad de gestión y manejo de RSU.

De acuerdo a los resultados se generan .307 kg por persona, es decir, una Generación Per Cápita (GPC) de 0.307 kg/hab/día, valor similar a lo reportado para localidades pequeñas. No se encontraron diferencias entre los estratos medio y residencial, pero sí entre el residencial y popular, y el medio y popular con un 95% de confianza. En cuanto a la composición, se encontró que la fracción de residuos alimenticios presenta el mayor porcentaje con un 33.5%, seguido de plásticos 13.23%, cartón y papel 8.79% y vidrio con un 5.1%. Dentro de cada una de las etapas de la gestión y manejo integral de los RSU en el municipio se lograron identificar una serie de problemas que disminuyen la eficiencia de atención en cada uno de los rubros. Con base a esos resultados se realizó una propuesta de modelo circular para el mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos en el municipio de Acambay, teniendo en cuenta todos los factores antes tratados, así como los socioeconómicos y normativos.

Palabras clave: *residuos sólidos, economía circular, composición, generación per cápita, reciclaje.*

Introducción

El aumento de la generación de los residuos sólidos urbano consiste en un resultado de la actividad industrial y la explosión demográfica durante los últimos años, lo cual pone a la sociedad actual en una situación en donde se debe llevar a cabo procesos que aprovechen al máximo la energía y recursos disponibles (Torre-Marín *et al.*, 2009).

Actualmente, el manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU), es de gran preocupación debido a que los rellenos sanitarios están alcanzado su capacidad límite (Durán, 2013). La gestión y manejo de los residuos sólidos es una de las cuestiones más difíciles que enfrentan los municipios en vías de desarrollo, porque la mayoría de ellos no poseen Programas de Gestión Integral de Residuos, lo que ocasiona graves problemas de contaminación ambiental debido al aumento constante de RSU. Además, la falta de financiamiento y de continuidad en las administraciones, así como la carencia de personal capacitado y especializado en la materia, provoca la inexistencia de un adecuado manejo integral de los RSU (Armijo de Vega, 2010).

A razón del aumento de la contaminación y alteración del ambiente por la mala gestión de los RSU, ha llevado que en los últimos año, Instituciones, Organizaciones Gubernamentales y países como México, deben de establecer la creación de diversos instrumentos legales para una correcta eliminación, reducción y reutilización de los residuos (Zorpas y Lasaridi, 2013). En ese sentido los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 son el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para todos. Se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que nos enfrentamos día a día, como la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, la paz y la justicia (Naciones Unidas, 2020).

Los estudios realizados sobre la gestión de residuos sólidos se centran en el ciclo completo o en alguna de las etapas (generación, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final). Generalmente el propósito de estos estudios es lograr beneficios como implementar un manejo sustentable de los RSU, promover la participación

y el bienestar de las personas para contribuir a las prácticas de conservación ambiental, entre otros (Ojeda y Beraud, 2003).

La caracterización y cálculo de la generación de los RSU son importantes para la toma de decisiones. Este tipo de información se requiere para identificar los componentes de los residuos y ayudan a proponer estrategias de manejo, minimización y recuperación de residuos para su reciclaje. Al mismo tiempo esta información es útil para identificar las alternativas tecnológicas apropiadas para el tratamiento dependiendo del tipo de residuos (Armijo *et al.*, 2009). En México se han desarrollado estudios de este tipo (SEMARNAT, 2020), sin embargo, la información generada aún es escasa sobre la generación y características de los residuos que se producen en municipios con características rurales.

Por consiguiente, esta investigación busca abordar la generación de residuos sólidos a nivel Municipal, a través de un enfoque de dos tipos: 1) evaluar la generación total de residuos de tipo municipal y modelar escenarios de manejo alternativo y 2) evaluar un modelo propuesto para reducir la contaminación mediante el reciclaje y el composteo. En ese sentido el objetivo de este estudio fue llevar a cabo el programa de gestión de residuos sólidos y con base en este, proponer un modelo-propuesta con un enfoque de economía circular para no producir desperdicios que impacten al ambiente.

1. Los Residuos Sólidos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) define como residuo al material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final. La misma ley señala que los residuos pueden ser clasificados en Residuos Sólidos Urbanos, Residuos de Manejo Especial y Residuos Peligrosos.

1.1 Residuos Sólidos urbanos

La LGPGIR última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) 19-01-2018, en la fracción XXXIII del Artículo 5 define a los residuos sólidos urbanos (RSU), como aquellos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de

los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública, generados con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole.

Para la OPS (2003) y la Norma Técnica Estatal NTEA-013-SMA-RS-2011 los residuos municipales son los sólidos o semisólidos provenientes de las actividades propias de los núcleos poblacionales en general, ya sea de origen domiciliario (Viviendas unifamiliares y multifamiliares), y de origen no domiciliario (comercial, institucional, de mercados, hospitalarios no peligrosos, de la pequeña industria, instituciones y áreas públicas) ver Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los residuos sólidos urbanos por origen de generación.

Origen de generación	Clase	Descripción
Domésticos	A	Viviendas unifamiliares y multifamiliares
No domésticos	B	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, imprentas, estaciones de servicio, talleres, centros comerciales, terminales de transporte, bancos, escuelas, hospitales, reclusorios, centros gubernamentales, rastros, etc.

Fuente: Tomada de Gobierno del Estado de México (2011).

1.2 Residuos de manejo especial y peligrosos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) define a los residuos de manejo especial (RME) como aquellos generados en los procesos productivos superiores a 10 toneladas por año o su equivalente en otras unidades, que no reúnan características domiciliarias o no posean alguna de las características de peligrosidad en los términos de la Norma Oficial Mexicana NOM-052 (SEMARNAT, 2005).

De acuerdo a la SEMARNAT (2005), los residuos peligrosos (Tabla 2) son aquellos que posean alguna de las características que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, además de las sustancias químicas que han perdido, carecen o presentan variación en las características necesarias para ser utilizados, transformados o comercializados respecto a los estándares de diseño o producción originales.

Tabla 2. Códigos de peligrosidad de los residuos.

Características	Código de Peligrosidad de los Residuos (CPR)
Corrosividad	C
Reactividad	R
Explosividad	E
Toxicidad	T
Ambiental	Te
Aguda	Th
Crónica	Tt
Inflamabilidad	I
Biológico-Infecioso	B

Fuente: Tomada de SEMARNAT (2005).

1.3 El efecto del COVID-19 en el manejo de los residuos sólidos

El manejo de residuos ha sido afectado por la pandemia derivada del COVID-19 (Pérez *et al.*, 2020). La situación actual de confinamiento por coronavirus ha ocasionado la disminución de residuos industriales y comerciales, pero un aumentado de los residuos sólidos urbanos (Waste, 2020). Además los pacientes infectados por COVID-19 que se tratan en el hogar están generando residuos sólidos urbanos contaminados con el virus, que pueden presentar riesgos para los servidores que prestan el servicio de recolección (Gomes y Caldas, 2020). Por ello, los residuos sólidos urbanos pueden representar un foco de infección al SARS-COV-2, debido a la persistencia que este virus tiene en los materiales de muchos residuos. Se ha reportado la prevalencia del virus por 3 días en plástico y acero inoxidable, 2 días en cartón, y 4 horas en cobre, aunque estos tiempos pueden variar dependiendo de las condiciones ambientales de temperatura y humedad (Kampf *et al.*, 2020).

De acuerdo a Tecorralco y colaboradores (2020), la percepción sobre la generación y composición de residuos ha cambiado. Para la mayoría de los residuos algunos recolectores percibieron disminución en la generación, mientras que otros percibieron un aumento. También la pandemia ha generado una disminución en la separación y reciclaje de residuos (Pérez *et al.*, 2020), se ha reportado que como consecuencia de la propagación de COVID-19 el reciclaje está siendo afectado por el confinamiento social, debido a que en algunos países las actividades están completamente detenidas, dificultando la recuperación de materiales, y como consecuencia, aumentando la cantidad de residuos que terminarán en los rellenos sanitarios, sitios de disposición final o centros de acopio (Rojas y De la Cerda, 2020).

1.4 Los residuos sólidos a nivel Internacional

La generación diaria de los residuos sólidos urbanos se ha incrementado en las últimas décadas, relacionada con el crecimiento poblacional, industrialización y la demanda progresiva de bienes y productos al satisfacer mayores niveles de consumo (Ojeda y Beraud, 2003; SEMARNAT, 2016). Este problema continuará aumentando a medida que crezca la urbanización, los niveles de ingresos aumenten y las economías se orienten más hacia los consumidores (Naciones Unidas, 2019). Según el INEGI, el costo económico asociado a la degradación ambiental por el manejo de los residuos en 2011 fue de 48,148 millones de pesos; es decir, 0.3% del PIB para ese año.

El Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos 2012 menciona que para ese año se estimó un valor promedio de generación de 0.852 kg/hab/día, y 0.988 kg/hab/día en 2015. En 2012 la producción mundial de residuos sólidos urbanos fue alrededor de 1,300 millones de toneladas diarias. Actualmente se generan anualmente alrededor de 2.01 billones de toneladas, 2,200 millones para el año 2025 (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012) y estimándose 3,400 millones de toneladas para el 2050 (WBG, 2018).

En América Latina y el Caribe para el 2016 se produjo en promedio 231 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos, lo que representa 11% de la generación total del mundo. La descarga promedio per cápita de la región fue de 0.99 kg/día, la cantidad más alta después de América del Norte, Europa y Asia Central (Kaza *et al.*, 2018).

1.5 Los residuos sólidos a nivel Nacional y Estatal

En México, son pocas las ciudades que han cuantificado los RSU (Aguilar *et al.*, 2010), según la SEMARNAT (2020), la cifra más reciente publicada en ese año, para la generación de RSU alcanzó las 120,128 t/día; es decir, una generación per cápita de 0.944 kg en promedio al día, de los cuales se recolectan 83.93% y se disponían en sitios de disposición final 78.54%, reciclando únicamente 9.63% de los residuos generados. Durante el 2020 se tuvo una cobertura a nivel nacional de 83.87% de los RSU generados; por otro lado, la recolección se realiza en 144 municipios, de 23 entidades federativas (10% más en comparación del 2012) y en las 16 demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, las restantes efectúan la recolección mixta, lo que dificulta su aprovechamiento (SEMARNAT, 2020). Del total de residuos sólidos urbanos generados, aproximadamente el 31.56% corresponde a residuos susceptibles de aprovechamiento, lo que los convierte en una oportunidad importante para reducir las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (GEI) (SEMARNAT, 2020).

A nivel estatal, el Estado de México es la entidad más poblada del país. De acuerdo con datos del INEGI para el año 2010, el Estado de México contaba con 15, 175,862 habitantes distribuidos en 3, 717,606 viviendas particulares habitadas, en ellas se generan un aproximado de 6, 798,100 t anuales de RSU, lo que representa 16% del total de residuos generados a nivel nacional, de los cuales el 10% se quema o se destinaba en terrenos baldíos, barrancos y ríos (INEGI, 2010).

Conforme al Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México (2009) la generación de RSU se estima en un total de 15,110 t/día. La generación per cápita se calcula de 1.046 kg/hab/día. Así mismo, de acuerdo a la Figura 1, el Estado de México es la entidad federativa que más volumen de RSU produce, 6.2 millones de t al año; 16.1 % del total nacional, además recibe cerca de 7,000 t de la Ciudad de México lo que lo convierte en el principal generador y captador del país junto con Jalisco (3.1 millones de toneladas; 7.2%), Veracruz (2.3 millones de toneladas; 5.5%), Nuevo León (2.2 millones de toneladas; 5.1%) y la propia Ciudad de México (4.9 millones de toneladas; 11.8%).

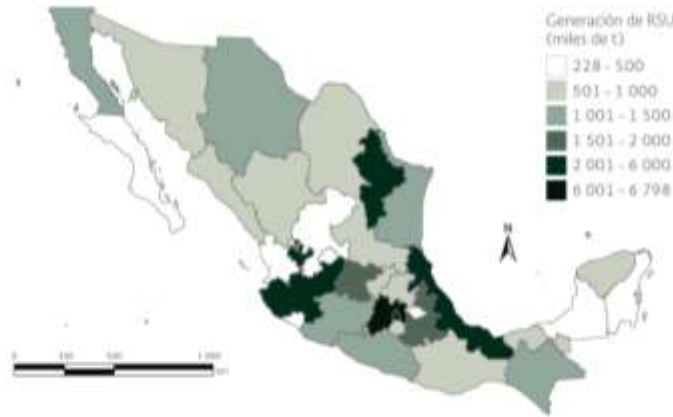


Figura 1. Generación de Residuos Sólidos por Entidad Federativa.

Fuente: SEMARNAT (2016). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015.

1.6 Los residuos sólidos en el Municipio de Acambay

El municipio de Acambay se divide en una cabecera municipal cuyo nombre es Villa de Acambay de Ruíz Castañeda, nombre que adquirió oficialmente en el decreto publicado en la Gaceta de Gobierno del Estado de México, el 26 de noviembre de 2012, y en 102 localidades, de las cuales más del 95% se encuentran en un ámbito rural concentrando el 94.7 de la población total; solo 2 comunidades son asentamientos urbanos con una población de 8,499 habitantes (INEGI, 2010; CONAPO, 2016).

Particularmente en el municipio de Acambay las estadísticas ambientales del INEGI, para el año 2010 indicaron que la cantidad de residuos sólidos urbanos recolectados de manera no selectiva y total en el municipio ascendía a 25 t es decir, 0.410 kg per cápita de residuos sólidos urbanos, posteriormente en el año 2012 se reduciría hasta 18 t diarias recolectadas, y para el 2014 se tiene el último registro con 20 t diarias recolectadas de manera no selectiva. Mientras que el único estudio realizado en el municipio de Acambay respecto a RSU corresponde a Contreras (2017), el cual publicó las toneladas diarias recolectadas en el año 2015 para diferentes municipios (Tabla 3), y observó que la cantidad de residuos sólidos urbanos recolectados variaba debido principalmente al tamaño de la población. Por tanto, esta carencia de información y estudios debe mejorarse y ser una base para las políticas públicas a diseñar en la materia.

Tabla 3. Comparación de las toneladas diarias recolectadas por municipio para el año 2015.

Municipio	Toneladas diarias recolectadas	Población
Acambay de Ruiz Castañeda	18.5	60 943
Aculco	16	49 026
El oro	19	34 446
Ixtlahuaca	108	141 483
Jilotepec	35	83 762
Jocotitlan	29	61 225

Fuente: Elaborado en base a los datos de Contreras (2017).

2. La gestión y manejo de los RSU

2.1 Gestión de los RSU en el municipio de Acambay

La Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-013-SMA-RS-2011 define a la a gestión integral de los residuos como el conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

La gestión integral de los residuos comprende todas las acciones entorno a los residuos, entre ellas la expedición de reglamentos, estímulos, gestión de recursos, capacitación. Mientras que el manejo integral es la parte técnica de la gestión integral e incluye todos los aspectos relacionados con los RSU (Figura 2); como son la generación, almacenamiento, barrido, recolección, traslado, tratamiento, aprovechamiento de materiales y disposición final (Wehenpohl *et al.*, 2006).

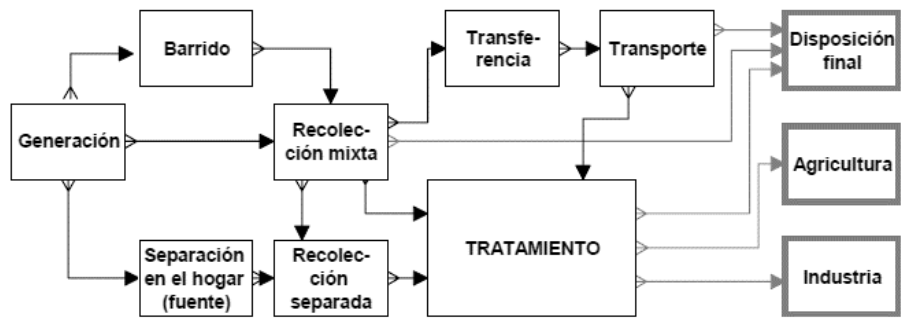


Figura 2. Manejo integral de los Residuos Sólidos Urbanos.

Fuente: Wehenpohl *et al.*, (2006).

El manejo de los residuos como parte de la gestión para el municipio de Acambay es muy simple, como muestra el siguiente flujograma (Figura 3). Los procesos actuales se limitan a la recolección y disposición final de los residuos sólidos generados, sin incluir formas adicionales, especialmente recolecciones mixtas o tratamientos que ayuden en la protección del ambiente.

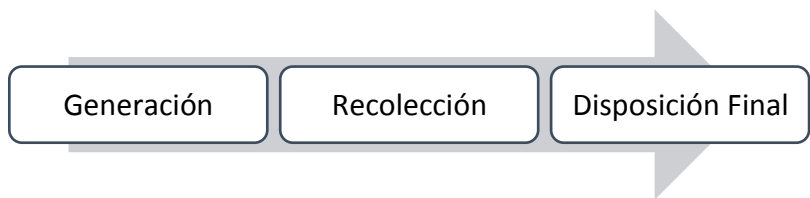


Figura 3. Procesos del manejo de los residuos sólidos en el Municipio de Acambay.

2.2 Almacenamiento temporal DE RSU

El almacenamiento temporal de los RSU en el municipio se realiza propiamente dentro de los domicilios particulares y comerciales, siendo aproximadamente de 14 días para las comunidades más alejadas y de 1 a 5 días para las vecinas a la cabecera municipal, este periodo depende de la ruta de recolección y del número de camiones disponibles por parte del servicio de limpia.

Con respecto al almacenamiento temporal domiciliario éste se efectúa en la mayoría de los casos, bajo condiciones inadecuadas; en primer lugar, los recipientes varían, ya que se emplean desde las bolsas de papel, plástico, cajas de cartón hasta botes de lámina, madera o plástico, los cuales en ocasiones no son lo suficientemente resistentes para contener la basura o no son los idóneos para poder ser manejados por el personal de recolección. En cuanto a su

ubicación, muchas veces no existe suficiente espacio en las casas habitación y normalmente los almacenan frente al domicilio en las aceras y banquetas hasta que el camión recolector realiza su recolección, llegando a estar más de una semana en la vía pública provocando la proliferación de insectos y roedores puesto que no disponen de una cubierta o tapa, además de invasiones por parte de perros y gatos callejeros que dispersan la basura.

Así mismo, al no almacenar los residuos en los de tipo orgánicos e inorgánicos, hace que se dificulte el rescate posterior de material reciclable. Por lo tanto, es importante orientar a la población para que utilice recipientes adecuados, que mantengan la higiene mientras los residuos son recolectados, procurando un almacenamiento por más de un día y además promover prácticas de separación y reciclaje doméstico de los desechos.

2.3 Recolección de RSU

El servicio de recolección municipal es un servicio público que comprende la colecta de los RSU en el sitio donde se producen (usualmente las casas, las industrias, los comercios o los edificios públicos) y su traslado hasta el sitio de disposición final que cumpla la normatividad vigente. Desde el punto de vista ambiental y de salud pública, tiene una relevancia fundamental, ya que parte de los residuos recolectados pueden ser recuperados o dispuestos adecuadamente. En contraste, aquellos que no se recolectan pueden permanecer en los sitios de generación o diseminarse, ocasionando efectos negativos, tales como: obstruir desagües y cursos de agua, contaminación, y focos de infección, entre otros (Hábitat, 2010).

De acuerdo a SEDESOL (2005) existen diferentes métodos de recolección de residuos entre ellos están:

- I. Método de contenedores. Procedimiento de recolección mediante vehículos con sistemas de carga y descarga de contenedores, que ingresan a las zonas de almacenamiento de los usuarios donde se ubican contenedores con residuos y los recolectan.
- II. Método de esquina o parada fija. Procedimiento de recolección mediante el cual los usuarios llevan sus recipientes, al lugar donde el vehículo recolector se estaciona para prestar el servicio. Le entregan su recipiente al personal operativo,

éste vacía los residuos en el interior de la tolva o sección de carga del vehículo y regresa el recipiente al usuario.

- III. Método intra domiciliario. Procedimiento de recolección mediante el cual el personal operario entra a las casas habitación o comercios para recolectar los recipientes con residuos, los lleva al vehículo recolector y los vacía en el interior de la tolva o sección de carga, posteriormente regresa los recipientes al sitio donde fueron recogidos.
- IV. Recolección diferenciada. Esquema de recolección de residuos mediante el cual se recolectan, de manera separada, las diferentes categorías de residuos que han sido separados previamente en la fuente de generación.

El tipo de recolección que se realiza en el municipio es a través del método de acera, procedimiento de recolección, mediante el cual el personal operario recolecta los residuos dispersos o toma los recipientes con residuos de la acera, donde han sido colocados por los usuarios, llevándolos al vehículo recolector y vaciándolos en el interior, posteriormente regresando los recipientes al sitio de la acera donde fueron recolectados (SEDESOL, 2005).

De acuerdo al H. Ayuntamiento de Acambay de Ruíz Castañeda (2019), la generación de RSU para el municipio se calcula en 126 toneladas a la semana y se estima que se recolectan alrededor de 18 toneladas diarias. No obstante, se sabe que el sistema de recolección no recolecta la totalidad de los residuos generados en el municipio, dado que las autoridades municipales son las únicas que brindan el servicio de recolección careciendo de prestadores particulares, por lo que la calidad y la cobertura dependen, en última instancia, de los recursos que el Ayuntamiento dedica a esta actividad. Además como menciona Taboada et al., (2009) la variabilidad en la cantidad de residuos recolectados se ve influida por el método y frecuencia de recolección y por el tamaño de los contenedores.

La recolección de RSU se realiza diariamente en la cabecera municipal, las localidades más cercanas son atendidas cada semana; mientras que, en las poblaciones más lejanas se hace la recogida una vez cada quince días incluso cada mes. La prestación del servicio de recolección se realiza 6 días a la semana (de lunes a sábado), a través de un turno matutino, en un horario de 7:00 hr a 13:00 hr, mediante la implementación de 6 rutas las cuales están

diseñadas en base al juicio y experiencia del Director de Servicios Públicos, o bien de los choferes de los vehículos recolectores.

2.4 Tratamiento de RSU

El tratamiento es todo aquel procedimiento físico, químico, biológico o térmico que modifica una o varias características de los residuos sólidos, el cual sirve para facilitar el manejo de los residuos o permitir su valorización. La mayor diferencia entre el tratamiento y valorización es que el primero se limita a la alteración de los residuos mientras que el segundo es un concepto más amplio que busca recuperar el valor remanente de los mismos (DOF, 2013).

Actualmente en el municipio de Acambay los residuos sólidos urbanos no reciben ningún tipo de tratamiento previo a su disposición final, ya que en el municipio no se tiene la capacidad e infraestructura para dar un tratamiento adecuado a los RSU que se generan para su valorización y posterior venta a empresas recicladoras. Únicamente parte de los residuos inorgánicos, sobre todo papel y cartón, son utilizados como combustible para calentar agua y estufas.

La ausencia de una solución integral al tratamiento de los residuos con fines de aprovechamiento implica que un muy alto volumen de residuos aprovechables y con valorización se deposite irremediablemente en el relleno sanitario.

2.5 Transferencia y transporte de RSU

Una estación de transferencia de residuos sólidos municipales, se define como el conjunto de equipos e instalaciones donde se lleva a cabo el transbordo de dichos residuos, de los vehículos recolectores a vehículos de carga en gran tonelaje, para transportarlos hasta los sitios de destino final; así mismo, en ella se pueden dar procesos de separación de residuos para la recuperación de materiales valorizables (Sánchez y Estrada, 1996).

Las estaciones de transferencia se instalan cuando el sitio de disposición final se encuentra muy lejos de las zonas de generación, lo que aumenta el costo y tiempo de transporte, por ello el objetivo principal de una estación de transferencia es incrementar la

eficiencia global de los servicios de manejo de los residuos sólidos municipales, a través de la economía que se logra con la disminución del costo general de manejo, así como por la reducción en los tiempos de transporte y la utilización intensiva de los equipos y el recurso humano (Sánchez y Estrada, 1996).

Al presente, los residuos sólidos urbanos recolectados en el municipio no son trasladados a un centro de transferencia, por ello se transportan directamente al sitio de disposición final, el cual se encuentra a más de 80 km de la cabecera municipal, elevando los costos de la gestión de residuos y disminuyendo el tiempo de recolección, ya que los vehículos deben completar su ruta antes de lo planeado para poder depositar en el horario establecido por el sitio de disposición final.

2.6 Disposición final de RSU

La Disposición final es la última etapa de la gestión de los residuos y se define como la acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos. El sitio de disposición final es el lugar donde se depositan los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en forma definitiva (SEMARNAT, 2003).

En el municipio de Acambay, sigue predominando el manejo básico de los RSU que consiste en recolectar y disponer los residuos en rellenos sanitarios, desaprovechando aquellos residuos que son susceptibles a reincorporarse al sistema productivo, lo que disminuiría la demanda y explotación de nuevos recursos.

Para el año 2015 el municipio de Acambay era propietario de un terreno que fungía como sitio de disposición final en la comunidad de Barrancas, localizada al norte del municipio; sin embargo, este sitio no cumplía mínimamente con la normatividad vigente. En él se depositaban alrededor de 18.5 t/día es decir, 0.304 kg por habitante (Contreras, 2017). Así mismo, es importante señalar que este sitio inició operaciones en el año 2006 y fue cerrado en el año 2018, para el año 2019 el Plan de Desarrollo Municipal 2019-2021 estima una recolección de 18 t/día en promedio, sumando 109.5 t de residuos sólidos a la semana,

mismos que eran trasladados al relleno sanitario del Municipio de Atlacomulco, de acuerdo al espacio otorgado mediante convenio entre ambos Ayuntamientos.

En la actualidad el municipio de Acambay dispone en el tiradero del municipio de San Juan del Rio ubicado a más de 64 km de la Cabecera Municipal, y deposita alrededor de 18 t/día (Ayuntamiento de Acambay, 2020). Se estima que la cantidad de residuos sólidos depositados es menor del total generado en el municipio, debido a que en las comunidades y lugares en donde no se tiene ruta de recolección, los residuos son vertidos en los arroyos, ríos y barrancas y muchas veces incinerados, lo que supone la emisión de gases contaminantes.

3. Marco Normativo

A lo largo de la historia de México, se ha creado un marco legal para la gestión de los RSU, iniciado en la década de los años sesenta bajo un enfoque de regulación sanitaria. Para el año de 1970 se crea la primera ley federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental (Guzmán y Macías, 2012). Posteriormente el 3 de febrero de 1983 se promulgó la reforma al artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos facultando a los Municipios para prestar el servicio público de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos. El 28 de enero de 1988 se promulgó la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) que estableció la concurrencia de los tres órdenes de gobierno en materia ambiental, dejando a cargo de las entidades federativas y los municipios la atención de aquellos asuntos que no estuvieran expresamente reservados para el orden federal. Dicho ordenamiento reservó para la Federación la regulación de las actividades relacionadas con residuos peligrosos y con ello estableció una distinción entre residuos peligrosos y no peligrosos atribuyendo competencia sobre estos últimos a las autoridades locales (DOF, 2006).

El 8 de octubre del 2003 se publicó la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), que derogó las disposiciones de la LGEEPA en la materia y estableció tres tipos de residuos peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos definiendo expresamente la competencia de su regulación a la Federación, las entidades federativas y los municipios, respectivamente. La regulación en materia de residuos peligrosos se completa con las disposiciones del Reglamento de la LGPGIR, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 2014 (DOF, 2006)

De igual forma el Estado de México ha trabajado en la formulación de normas y procedimientos para el manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos. Por ejemplo, la más reciente aprobación de la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-20-SeMAGEM-RS-2019, para la instalación y operación de los centros integrales de residuos en el Estado de México, publicada en la Gaceta de Gobierno del Estado de México el 12 de noviembre de 2019, considera que los que los sitios de disposición final instalados, se conviertan en Centros Integrales de Residuos (CIR), además de cumplir con lo establecido en la NOM-083 (SEMARNAT, 2003), deberán estar equipados para realizar procesos en sus instalaciones para el tratamiento, acopio, aprovechamiento, separación, valorización, transferencia, compostaje, biodigestión, transformación, recuperación, entre otras; extracción o aprovechamiento del biogás generado por los residuos para la generación de energía térmica o eléctrica cumpliendo con la normatividad aplicable, destino final de residuos sólidos urbanos o de manejo especial.

Un aspecto importante es que, conforme al Artículo 26 de la (LGPGIR) menciona que los municipios deberán elaborar e instrumentar sus programas locales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (PMPGIRSU); el cual, es un instrumento estratégico y dinámico, basado en un diagnóstico básico de la situación actual y bajo los principios de responsabilidad compartida (corresponsabilidad) de los diferentes actores en el sector, que propone y establece la política ambiental en materia de residuos, al tiempo que plantea objetivos, acciones y metas para mejorar y fortalecer la gestión integral de los residuos sólidos. En la Tabla 4 se representa el marco legal y normativo aplicable en la gestión integral de residuos sólidos urbanos.

Tabla 4. Marco normativo de los residuos sólidos urbanos.

Federal	Estatal	Municipal
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.	Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México.	Bando Municipal
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.	Ley Orgánica Municipal del Estado de México.	Plan de Desarrollo Municipal
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023	Reglamento de Limpia (no publicado)
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.	Libro Cuarto del Código para la Biodiversidad del Estado de México.	Reglamento de Ecología y Protección al Medio Ambiente (no publicado)
Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	Reglamento del Libro Cuarto del Código para la Biodiversidad del Estado de México.	

Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos

Norma Oficial Mexicana Nom-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de Protección Ambiental para la Selección de Sitio, Diseño, Construcción, Operación, Monitoreo, Clausura y Obras Complementarias de un Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.

Guía para la Elaboración de Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos

Programa para la Prevención y Gestión Integral de residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México.

Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006, que Establece los Requisitos para la Producción de los Mejoradores de Suelos Elaborados a Partir de Residuos Orgánicos.

Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-010-SMA-RS-2008, que Establece los requisitos y Especificaciones para la Instalación, Operación y Mantenimiento de la Infraestructura para el Acopio, Transferencia, Separación y Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de México.

Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-011-SMA-RS-2008, que Establece los Requisitos para el Manejo de los Residuos de la Construcción para el Estado de México.

Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-013-SMA-RS-2011, que Establece las Especificaciones para la Separación en la Fuente de Origen, Almacenamiento Separado y Entrega Separada al Servicio de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, para el Estado de México.

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente (2008).

3.1 Agenda 2030 y ODS

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental (CEPAL, 2018). La Agenda 2030 incluye 17 Objetivos y 169 metas, los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) exigen nada menos que una transformación de los sistemas financieros, económicos y políticos que rigen hoy en nuestras sociedades para garantizar los derechos humanos. Es un compromiso universal adquirido tanto por países desarrollados como en desarrollo, en el marco de una alianza mundial reforzada, que toma en cuenta los medios de implementación para realizar el cambio y la prevención de desastres por eventos naturales, así como la mitigación y adaptación al cambio climático (CEPAL, 2018).

El Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020 reúne los últimos datos para mostrarnos que, antes de la pandemia de la COVID-19, los progresos continuaban siendo desiguales y no estaban bien encauzados para cumplir con los Objetivos para el año

2030. Se observaba que el medio ambiente natural seguía deteriorándose a un ritmo alarmante y persistían los drásticos niveles de desigualdad en todas las regiones. El cambio aún no se producía al ritmo o escala necesarios. Ahora, debido a la COVID-19, una crisis sanitaria, económica y social sin precedentes amenaza la vida y los medios de subsistencia, lo que dificulta aún más el logro de los Objetivos (Naciones Unidas, 2020)

En ese sentido la presente investigación busca alcanzar y alinearse con los siguientes ODS de la Agenda 2030:

El ODS 11 de la Agenda 2030 busca lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. La Meta 11.6 establece que para el 2030, se reduzca el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo (CEPAL, 2018). La economía circular se plantea como objetivo emplear los recursos naturales y energéticos más eficientemente, a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, a crear más empleo y a cumplir con los ODS, en particular, con el Objetivo 12 sobre consumo y producción sostenibles (Arín-Gemme, 2020).

El ODS 12 aspira a conseguir “la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales” para 2030. Para lograr crecimiento económico y desarrollo sostenible, es urgente reducir la huella ecológica mediante un cambio en los métodos de producción y consumo de bienes y recursos (CEPAL, 2018). La gestión eficiente de los recursos naturales compartidos y la forma en que se eliminan los desechos tóxicos y los contaminantes son vitales para lograr este objetivo. También es importante instar a las industrias, los negocios y los consumidores a reciclar y reducir los desechos y apoyar a los países en desarrollo a avanzar hacia patrones sostenibles de consumo para 2030 (Naciones Unidas, 2020).

El consumo de una gran proporción de la población mundial sigue siendo insuficiente para satisfacer incluso sus necesidades básicas. En este contexto, es importante reducir a la mitad el desperdicio per cápita de alimentos en el mundo a nivel de comercio minorista y consumidores para crear cadenas de producción y suministro más eficientes. Esto puede aportar a la seguridad alimentaria y llevar hacia una economía que utilice los recursos de manera más eficiente (CEPAL, 2018; Kowszyk y Maher, 2018).

De acuerdo a Naciones Unidas (2020) las metas del ODS 12 que están estrechamente relacionadas con la economía circular son:

- Meta 12.2 establece que para el 2030 se debe lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.
- Meta 12.3 de aquí a 2030 se debe reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita mundial en la venta al por menor y a nivel de los consumidores y reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha.
- Meta 12.4 de aquí a 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.
- Meta 12.5 de aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

Sin embargo, como reconocieron los Estados Miembros en la Cumbre de los ODS, los esfuerzos mundiales realizados hasta la fecha con base a las metas antes mencionadas han sido insuficientes para lograr el cambio que necesitamos, poniendo en peligro la promesa de la Agenda a las generaciones actuales y futuras (Castellanos, 2018; Martínez y Porcelli, (2018).

4. Economía circular

El modelo económico actual, se basa principalmente en las actividades ejercidas en la era de la revolución industrial de los últimos 150 años. La Revolución industrial consistió en un cambio estructural importante a nivel mundial, provocando crecimiento económico, innovación tecnológica, aumento de la población y cambios culturales (Falappa *et al.*, 2019). El desarrollo económico que ha tenido lugar desde entonces ha estado bajo el paradigma “take-make-waste” (extraer-fabricar-eliminar), los bienes son producidos a partir de las materias primas, luego vendidos, utilizados y finalmente desechados como residuos, lo que se conoce por economía lineal (MacArthur, 2014).

La expresión Economía Lineal designa un modelo económico que tiene como principio base el desecho de los productos tras su utilización. Este patrón unidireccional ha ocasionado una gran dependencia y explotación de los recursos finitos, así como la generación de emisiones de gases y residuos (Herrero, 2019). La economía lineal se fundamenta en dos grandes principios (Steffen *et al.*, 2015): 1) un crecimiento económico permanente y el consiguiente deterioro medioambiental y 2) un consumo creciente, por lo que tal modelo no es sostenible. En este modelo no existe previsión de reutilización o reaprovechamiento de los productos, lo que antes eran productos o mercancías, terminan convirtiéndose en basura y dado que no existe recolección segregada dificulta su separación y posterior reaprovechamiento (Falappa *et al.*, 2019).

En todo el mundo, se utilizan cada vez cantidades mayores de recursos naturales para apoyar las actividades económicas. La eficiencia con la que se utilizan estos recursos no ha cambiado a nivel mundial, por lo que todavía no se ha visto una separación entre el crecimiento económico y el uso de los recursos naturales (Naciones Unidas, 2019). El panorama actual y los escenarios futuros prevén un incremento de la desigualdad socioeconómica, escasez de energía, aumento de la población global, mayor demanda de los recursos naturales; y por consiguiente intensificación del calentamiento global y el impacto de catástrofes climáticas (World Economic Forum, 2014).

La humanidad provoca una huella ecológica global equivalente a la utilización de 1,7 planetas Tierra (WWF, 2018). Por otra parte, el consumo de recursos ya excede los 100,000 millones de toneladas anuales y se estima que para el año 2060 llegue a las 190,000 millones de toneladas lo que provoca el agotamiento de los recursos y también la generación de toneladas de desechos. Por consiguiente, los residuos generados en el mundo superan los dos mil millones de toneladas y para mediados de siglo se espera que la cantidad se duplique considerablemente (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012).

La creación de cualquier residuo agota los recursos naturales finitos, utiliza energía y agua, ejerce presión sobre la tierra, contamina el medio ambiente, crea un coste económico adicional para la gestión de los residuos y obliga a considerar la administración de los recursos y productos (Song y Zeng, 2015). Se ha evidenciado que, de continuar con el estilo de economía lineal, para el año 2050 se necesitarán tres veces más de materiales, 70% más de alimentos y la necesidad de agua y energía aumentarán en un 40% (Barrat *et al.*, 2018).

Actualmente el municipio de Acambay se rige bajo un enfoque de economía lineal (Figura 4); es decir, está basado en la producción de los bienes a partir de materias primas para su posterior compra por parte de los consumidores quienes más tarde, tras haber hecho uso o consumido los productos en cuestión, desechan los materiales sobrantes no permitiendo de esta forma que estos puedan ser reutilizados o valorizados (Falappa *et al.*, 2019).

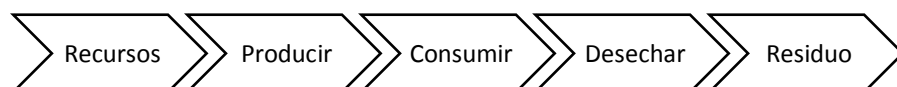


Figura 4. Modelo de Economía Lineal.

En ese sentido y como alternativa al modelo lineal, ha ido emergiendo un nuevo modelo que permita aumentar la resiliencia de los sistemas socioeconómicos para evitar un colapso, denominado Economía Circular (EC); es decir, la remodelación de manufacturación, producción, preferencia de consumo, y los cambios de estilo de vida mediante un sistema cerrado (Lett, 2014).

El modelo de economía circular sintetiza varias escuelas de pensamiento (MacArthur, 2015), por consiguiente el origen de la EC no se remonta a una fecha o autor sino se apoya en fundamentos surgidos en los años 70 y a finales de los 90. Existe una falta de consenso científico de una definición generalizada, por consiguiente el concepto de EC es un conjunto de ideas y enunciados que reflejan un significado diferente dependiendo del autor; sin embargo, existe una cierta tendencia para referirse a la EC como la “economía de ciclo cerrado” o “economía de residuo cero” en donde es imprescindible la recuperación de los desechos y la conservación de los recursos (Herrero *et al.*, 2020).

Más que definirse dentro de un esquema cerrado, la EC se puede conceptualizar como una filosofía del diseño inspirada en los seres vivos, emulando los ciclos de la naturaleza en la que los “desechos” de una especie se convierten en el “alimento” de otra y así sucesivamente en un sistema cíclico (Porcelli y Martínez, 2018).

La Fundación Ellen MacArthur se creó en 2010 con el objetivo de acelerar la transición a la economía circular. Desde su creación, esta organización benéfica se ha

convertido en un líder de pensamiento global, situando la economía circular en el orden del día de los responsables de la toma de decisiones de empresas, gobiernos y ámbitos académicos. La definición más conocida de la EC fue proporcionada por dicha fundación en el año 2013, "la Economía Circular es aquella que es restaurativa y regenerativa a propósito, y que trata de que los productos, componentes y materias mantengan su utilidad y valor máximos en todo momento, distinguiendo entre ciclos técnicos y biológicos" (MacArthur, 2015).

Desde el punto de vista de Cerdá y Khalilova (2016), una economía circular es un ciclo de desarrollo continuo positivo que preserva y aumenta el capital natural, optimiza los rendimientos de los recursos y minimiza los riesgos a los sistemas naturales. De igual forma, la SEMARNAT define a la economía circular como un modelo que busca desacoplar el crecimiento económico del uso de recursos naturales, promoviendo su uso eficiente y el aprovechamiento de residuos, mediante el cambio de los procesos productivos y la orientación hacia el consumo responsable. Por otro lado, Kowszyk y Maher (2018) definen a la EC como aquella en que el valor de los productos y los materiales se mantiene por tanto tiempo como sea posible, se minimiza el uso de los recursos y la generación de residuos y cuando un producto alcanza el fin de su vida útil, se utiliza de nuevo para crear más valor. También de importancia Kirchherr y colaboradores (2017), definen a la economía circular como un sistema económico que reemplaza el concepto de fin de vida útil por la reducción, reutilización reciclaje y recuperación de materiales en los procesos de producción, distribución y consumo.

La EC propone un cambio al paradigma "extraer, hacer, y desechar" por "durar, reparar y reciclar", permitiendo que los desechos sigan generando valor después del tiempo y que los recursos se regeneren dentro del ciclo o se recuperen y restauren gracias a procesos técnicos o biológicos disminuyendo el impacto causado por las actividades humanas sobre el medio ambiente (McDonough y Braungart, 2010).

Parte de las ventajas de integrar una economía circular, es que se pueden crear empleos relacionados con el reciclaje y la reparación de dispositivos, reducir la huella ecológica incluyendo las emisiones de GEI y la degradación ambiental del planeta (Cerdá y Khalilova, 2016). En ese sentido, la economía circular (Figura 5) consiste en normalizar una cultura de producción y consumo de las materias primas que tenga como centro de

articulación el reciclaje y la recuperación de subproductos de los procesos industriales para su aprovechamiento y un residuo cero (Carrillo, 2014).

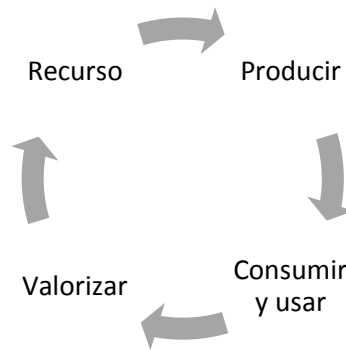


Figura 5. Diagrama simplificado del modelo de economía circular

Fuente: Elaboración propia en base a Ellen Macarthur Foundation (2015).

La economía circular se basa en tres acciones conocidas como los principios de las 3R: Reducir, Reutilizar, Reciclar (Ghisellini *et al.*, 2016). Por otra parte para MacArthur (2015), la EC se basa en tres principios claves:

Principio 1: Eliminar los residuos y contaminación desde el diseño. En una economía circular, los residuos no existen y pueden ser recuperados, renovados y mejorados, minimizando la aportación de energía necesaria y maximizando la retención de valor (tanto en términos económicos como de recursos). En caso de necesitarse recursos, el sistema circular elige y prefiere los recursos renovables o de mayor rendimiento (Porcelli y Martínez, 2018).

Principio 2: Mantener productos y materiales en uso. Esto implica diseñar para re fabricar, reacondicionar y reciclar para mantener los componentes técnicos y materias circulando y contribuyendo con la economía.

Principio 3: Regenerar sistemas naturales. En una economía circular los elementos bióticos y abióticos, forman parte de sistemas complejos en los que las distintas partes están fuertemente vinculadas entre sí. Incluye reducir los daños a los ecosistemas, tales como los relacionados con los alimentos, la movilidad, la vivienda, la educación, la salud y el ocio. Además, la energía requerida para este ciclo debería ser renovable por naturaleza, para reducir la dependencia, por ejemplo, a los combustibles fósiles.

Por otra parte, en relación con la transición a una economía circular para alcanzar la sustentabilidad en el manejo de los residuos y bienestar en la sociedad en varios países incluido México, han adoptado planes que contemplan un consumo responsable y un manejo integral de los residuos. Una de estas propuestas es llamada “Basura cero” (Cabrera, 2014). El enfoque de Basura Cero es un sistema de gestión sustentable de los RSU que tiene como objetivo aprovechar los residuos, disminuyendo así, la cantidad que se dispone en rellenos sanitarios, por lo que resulta prioritario contar con un panorama amplio del estatus de cada una de las etapas de la gestión de residuos: generación, barrido, recolección, transferencia, aprovechamiento y disposición final, las cuales son fundamentales para la continuidad del adecuado manejo y flujo de residuos (SEDEMA, 2014).

En un sistema de basura cero, el flujo de material es circular, lo que significa que los mismos materiales se utilizan una y otra vez hasta el nivel óptimo de consumo, ningún material se desperdicia o se infrautiliza en el sistema circular (Murphy y Pincetl, 2013). La EC y el enfoque basura cero representan un cambio del modelo industrial tradicional en el que los desechos se consideran el final del sistema. Abogan por una transformación industrial, mediante la cual las empresas minimicen la carga que imponen sobre los recursos naturales y aprendan a hacer más con menos (Song y Zeng, 2015).

La economía circular también se basa en la economía ecología industrial, centrándose en crear procesos de circuito cerrado en el que los residuos sirven de entrada para otro proceso, eliminando la noción de un subproducto no aprovechable. La ecología industrial adopta un punto de vista sistémico, diseñando los procesos de producción atendiendo a las restricciones ecológicas, mientras mira su impacto global desde el principio, y trata de darles forma para que se puedan realizar lo más cerca posible de los sistemas vivos (MacArthur, 2015).

Para alcanzar una transición en la economía circular y eficiencia en el reciclaje, la reutilización y la valoración de los residuos, se requiere motivación, conocimiento y capacidad de innovación, además de proyectos e investigación que involucren varias disciplinas y profesionales experimentados como ingenieros, arquitectos, ecólogos, sociólogos, biólogos, entre otros (Lett, 2014).

Teniendo en cuenta lo mencionado el municipio de Acambay de Ruíz Castañeda debe adquirir un papel significativo mediante la implementación de estrategias que motiven a la

población a incorporar hábitos de reciclaje, así como, a generar políticas ambientales municipales dentro del campo de la economía circular.

4.1 Impactos del Covid-19 en la economía circular

El brote de coronavirus ha tenido como consecuencia una crisis económica mundial, se está produciendo una desaceleración generalizada de la actividad económica. Las implicaciones de la pandemia de COVID-19 sobre la sustentabilidad aún no se conocen, pero es probable que se produzcan cambios sociales profundos y generalizados en los próximos meses y años (Sarkis *et al.*, 2020).

Los impactos de la pandemia van más allá de la recolección y el reciclaje y están teniendo un impacto en demorar los avances en economía circular. Por ejemplo, en Nueva York y Maine, se han retrasado la prohibición de bolsas de plástico (Rojas y De la Cerda, 2020). El brote de coronavirus también está teniendo consecuencias ambientales, con reducciones significativas en la contaminación del aire debido a la desaceleración a gran escala de la actividad económica (Baumer-Cardoso *et al.*, 2020), pero también ha revelado las vulnerabilidades de las redes globales de producción y suministro. En esta situación, se han realizado cambios regulatorios, tecnológicos y culturales para abordar las fallas destacadas por la calamidad. Por ejemplo, estímulos significativos en energías renovables (Zhang *et al.*, 2016). La actual emergencia de salud pública es una ventana de oportunidad para cambiar los sistemas de suministro y producción hacia un estado de sostenibilidad ambiental y un enfoque de economía circular (Cohen, 2020).

La economía circular puede hacer que las empresas sean resistentes a estas interrupciones pandémicas en el futuro especialmente a través de cambios de prácticas de la vida cotidiana, y al desarrollo de redes de producción y suministro locales. Una economía circular puede proporcionar recursos localizados a partir de materiales y productos al final de su vida útil, sin importar las fuentes de estos suministros (Sarkis *et al.*, 2020). Finalmente se puede decir que la economía circular también está siendo promocionada como un enfoque ambientalmente responsable para una renovación económica (Panwar, 2020).

5 Justificación

A causa del crecimiento demográfico actual en el municipio de Acambay, dado que de 1990 al 2010 el municipio registró un crecimiento poblacional del 28.20%, con 66,034 habitantes registrados con una densidad poblacional de 123.8 habitantes por kilómetro cuadrado (COESPO con base en INEGI, 2010), además de factores como el desarrollo industrial, cambios en patrones de consumo y mejoras en el nivel de vida, ocasionan graves problemas de contaminación ambiental debido al incremento de grandes cantidades de residuos (Ojeda y Quintero, 2008). En América Latina, se ha realizado investigación referente a la generación de RSU (Tello *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2016), sin embargo, no son específicos para zonas o localidades con características rurales y en desarrollo. Por lo tanto, los datos y modelos generados en países desarrollados pueden no ser adecuados para las situaciones de los países en desarrollo sin la recopilación y análisis de datos específicos de los países respectivos. Particularmente en el municipio de Acambay, existe escasa investigación y estudios sobre la composición y generación de RSU que permitan diagnosticar la situación actual, para que de esta manera se tomen decisiones, que conlleven a las soluciones más óptimas, y que garanticen un mejor servicio, así como un menor impacto en el ambiente, en ese sentido, los datos y la información disponible es limitada.

Por otro lado, en la última década a nivel internacional y nacional, se han reformado y establecido principios en el marco normativo para un manejo eficiente de los residuos, obligando a los países a elaborar acciones para efectuar una gestión integral de los residuos. En ese sentido, se debe considerar la importancia que tiene alinearse y apegarse en las leyes nacionales y agendas internacionales para cumplir con los objetivos sobre la gestión integral de los residuos sólidos.

En el presente trabajo, mediante un diagnóstico e investigación de campo, se elaborará un modelo propuesta que contenga estrategias dinámicas para asegurar la prestación del servicio público de manejo integral de RSU, limitar los impactos ambientales, dar prioridad a la prevención y valorización de los RSU y dar viabilidad operacional y económica que ayude a resolver el problema del manejo y la disposición final de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Acambay de Ruiz Castañeda, Estado de México.

6 Objetivos

6.1 Objetivo General

Elaborar un modelo de Economía circular mediante la caracterización de los residuos sólidos urbanos de Acambay de Ruiz Castañeda para valorizar los residuos e integrarlos como productos de reciclaje y reutilización de acuerdo a la Agenda 2030.

6.1 Objetivos Específicos

Generar información cuantitativa y cualitativa a partir de un diagnóstico del manejo de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Acambay de Ruíz Castañeda.

Calcular la generación per cápita y caracterizar los residuos sólidos urbanos domésticos del municipio de Acambay de Ruíz Castañeda.

Determinar los residuos sólidos urbanos de rechazo para su reúso y reciclaje, con la finalidad de proponer el modelo de Economía Circular.

7 Sitio de estudio

7.1 Localización

Acambay de Ruiz Castañeda se localiza en la parte noroeste del Estado de México (Figura 6), a una distancia aproximada de 86 km desde de la cabecera municipal hasta la Ciudad Toluca, cuenta con una extensión territorial de 492.03 km² (IGECEM, 2013), lo que representa 2.19% del territorio estatal, se encuentra situado entre los paralelos 19°50'23" y 20°04'38" lat N y 99°42'03" y 100° 06'43" long W a una altitud que va de los 2,300 a los 3,400 m.

Este municipio pertenece a la provincia del Sistema Neovolcánico, el cual está integrado por las subprovincias de Lagos y Volcanes Anáhuac, así como por las llanuras y sierras de Querétaro, Hidalgo y Mil Cumbres; colinda al norte con el municipio de Aculco y con el estado de Querétaro; al este con los municipios de Aculco y Timilpan; al sur con los

municipios de Timilpan, Atlacomulco y Temascalcingo; al oeste con el municipio de Temascalcingo y el Estado de Querétaro (INEGI, 2009).



Figura 6. Ubicación geográfica del sitio de estudio

7.2 Clima

El clima predominante dentro del municipio es templado subhúmedo (Cw) con lluvias en verano, presenta un intervalo de temperatura de 8 a 16 °C y la precipitación oscila entre los 700 y 1000 mm anuales (INEGI, 2009).

7.3 Hidrología

Dentro del marco hidrológico, el municipio forma parte de la vertiente del Golfo de México. El 55.2% del territorio municipal está comprendido dentro de la Región Hidrológica Lerma Santiago porción ocupada por la cuenca del Río Lerma-Santiago, cuya superficie en el Estado de México es de 5,548.540 km² (INEGI, 2009). En los años sesenta se podían contar más de medio centenar de bordos, hoy escasamente una veintena de ellos le dan belleza al lugar (Lugo *et al.*, 2012).

7.4 Edafología

Los suelos que se distribuyen en el municipio han sido resultado de procesos asociados con la actividad volcánica de la sierra de las Cruces así como de los procesos de erosión y acumulación de los mismos. De acuerdo a la carta edafológica de INEGI, existen cinco unidades de suelo, sobresaliendo en orden ascendente los Feozem, Planosol, Luvisol, Vertisol y Andosol (Tabla 5).

Tabla 5. Tipos de suelo del sitio de estudio.

Unidades de Suelo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Feozem	1954.93	45.68
Planosol	686.87	16.05
Luvisol	680.46	15.90
Vertisol	633.38	14.80
Andosol	305.99	7.15

Fuente: H. Ayuntamiento de Acambay de Ruíz Castañeda (2016).

7.5 Vegetación

De acuerdo con el Inventario Forestal del Estado de México de 2010 y Rzedowski (2006), la superficie forestal es de 19, 121 ha, y la flora está conformada principalmente por bosque de pino, bosque de encino, bosque de pino- encino, pastizal y bosque de galería (Tabla 6).

Tabla 6. Tipos de vegetación en el Municipio de Acambay.

Tipos de vegetación	Superficie (ha)
Superficie total del municipio	49, 203
Superficie forestal	19, 121
Otros usos	30, 082
Bosque de ciprés	236
Bosque de galería	43
Bosque de pino-encino	296
Bosque de encino	7,195
Bosque de encino con vegetación secundaria arbórea	1,301
Bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva	4,970
Bosque de encino-pino	1,372
Bosque de pino-encino con vegetación secundaria arbustiva	16
Pastizal	3,359
Degradado	601

Fuente: Inventario Forestal del Estado de México (2010).

7.6 Dinámica demográfica

En la actualidad, existe una tendencia mundial hacia el aumento en la población urbana. El municipio de Acambay, no es la excepción, ya que de 1990 a 2010 el municipio registró un crecimiento poblacional del 28.20%, con 66,034 habitantes registrados con una densidad de habitantes de 123.8/km² (COESPO con base en INEGI, 2015). De acuerdo con las cifras más recientes del censo de población el municipio de Acambay de Ruiz Castañeda concentra una población total de 67,872 habitantes, 32,617 son hombres y 35,255 mujeres como se muestra en la Tabla 7 (INEGI, 2020). Se estima que para el 2030 el municipio cuente con una población mayor a los 75,671 habitantes

Tabla 7. Proyecciones de población total y por sexo en el municipio de Acambay de Ruiz Castañeda.

Año	Población		
	Total	Masculina	Femenina
2010	60,918	29,449	31,469
2015	66,034	29,449	31,469
2020	67,872	32,617	35,255
2025	72,701	35,321	37,380
2030	75,671	36,885	38,786

Fuente: Elaboración propia con base en Proyecciones de la Población de los Municipios de México, 2015-2030 CONAPO.

La población municipal se ha contextualizado en una dinámica básicamente rural, por lo que la pirámide de edad es de tipo progresivo y se caracteriza por tener una base ancha, que incluye a la población infantil y adolescente, y una cima pequeña; es decir, la mayoría de la población se encuentra integrada por niños y jóvenes (INEGI, 2010).

8 Materiales y Métodos

Esta investigación fue conducida desde una perspectiva mixta: cualitativa y cuantitativa.

8.1 Diagnóstico

La información de índole cualitativa se obtuvo mediante la realización de un diagnóstico de los residuos sólidos del municipio, a través de la elaboración de una entrevista a funcionarios públicos que tienen el servicio de limpia y de RSU a su cargo, además para

conocer la percepción de los residentes del municipio de Acambay sobre la situación que guarda el manejo de los residuos y establecer las acciones de un modelo de economía circular, se aplicaron 236 encuestas (Anexo 1 y Anexo 2) basadas en Wehenpohl *et al.*, (2006), las cuales se aplicaron mediante un método probabilístico de muestreo simple, encuestando sin seguir orden alguno.

8.2 Trabajo de campo: estudio de la generación y composición de los RSU

Por otra parte, los datos cualitativos se obtuvieron por medio de un estudio de campo que consistió en la cuantificación y caracterización de los residuos sólidos totales conforme a la normatividad mexicana vigente a partir de un muestreo estadístico aleatorio, especificado en la Norma Mexicana NMX-AA-61-1985 (SECOFI 1985c). Las zonas de estudio fueron establecidas en base a los siguientes parámetros: 1) rezago social de acuerdo al CONEVAL del INEGI (2016), 2) conocimiento de la localidad, 3) facilidad para realizar el muestreo y 4) número mínimo de unidades habitacionales a muestrear.

Para la determinación del estrato socioeconómico se utilizó el índice de rezago social CONEVAL del Inventario Nacional de Viviendas 2016 del INEGI, medida ponderada que resume cuatro indicadores de carencias sociales (educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda) que tiene como finalidad ordenar a las unidades de observación según sus carencias sociales (CONEVAL, 2020). Para ello se eligieron tres zonas con índice de rezago social muy alto, medio y muy bajo, para las cuales se les determinó como estrato popular (P), medio (M) y residencial (R) respectivamente. El tamaño de muestra se determinó de acuerdo con lo que indica la norma mexicana NMX-AA-061-1985. Por ello se seleccionaron 80 casas como premuestras para cada nivel de rezago social, para trabajar con un nivel de confianza de 90 %, mismas que participaron en la entrega de muestras con residuos durante todo el periodo de estudio (7 días de recolección regular y 1 día de operación limpieza), y a las cuales se les entregaron bolsas de polietileno para el manejo de los subproductos.

8.2.1 Cuantificación

Diariamente después de recoger los residuos sólidos generados el día anterior, se procedió a pesar cada elemento anotando su valor en la cédula de encuesta de campo para el muestreo de generación de residuos sólidos urbanos en casa habitación de acuerdo a la NMX-AA-61-1985 (Anexo 3), en el renglón correspondiente al día en que fue generado, es importante mencionar que el primer día de colecta de las bolsas, no fueron pesadas y analizadas, sino que únicamente se recolectaron con la finalidad de evitar sesgos en el muestreo. Para el pesaje de los residuos se utilizó una báscula plegable de plataforma capacidad 200 kg, sensibilidad de 10 g y una báscula digital electrónica capacidad 20 kg sensibilidad de 5g.

Se calculó la generación per-cápita de residuos sólidos en kg/hab/día correspondiente a la fecha en que fueron generados aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Generación per cápita} = \frac{\text{kg de RSU recolectados por vivienda}}{\text{Num. de habitantes por vivienda}}$$

8.1.1 Caracterización

El contenido de dichas bolsas se analizó mediante el método de cuarteo referido en la Norma Mexicana NMX-AA-015-1985 (SECOFI, 1985a), donde se vaciaron los residuos formando un montón sobre un área plana horizontal de 4 m x 4 m. El montón de residuos sólidos se traspaleó con pala y biello, hasta homogeneizarlos, a continuación, se dividió en cuatro partes aproximadamente iguales A, B, C y D, y se eliminaron las partes opuestas A y C repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 kg. Una vez establecido el mínimo de kg se procedió a separar los residuos en los 26 subproductos establecidos en la Norma Mexicana NMX-AA-22 (SECOFI, 1985b); sin embargo, en virtud de que dicha norma se publicó en 1985 y no considera nuevos tipos de residuos por el estilo de vida actual, y que al presente se encuentra el brote de coronavirus COVID-19, se hizo una adecuación en la metodología referida y se clasificaron los residuos de acuerdo al procedimiento modificado propuesto por Ojeda *et al.* (2003), se agruparon en tres grandes categorías: 1) reciclables inorgánicos, 2) reciclables orgánicos y 3) no reciclables tal como se muestra en la Tabla 8. Los subproductos ya clasificados se pesaron por separado.

El porcentaje en peso de cada uno de los subproductos se calculó con la siguiente expresión:

$$PF = \frac{G1}{G} \times 100$$

En donde:

PF = Porcentaje del subproducto considerado.

G1 = Peso de la fracción considerado en kg; descontando el peso de la bolsa empleada.

G = Peso total de la muestra

Tabla 8. Categorías usadas para determinar la composición de los residuos.

Categoría	Fracción	Componentes
Reciclables inorgánicos	Material ferroso y no ferroso	Se incluye material ferroso y no ferroso como el aluminio en latas, cobre y hierro en piezas.
	Plásticos	Se incorporan los plásticos denominados PET, HDPE, PP, PS, PVC y mezcla de ellos.
	Vidrio	Se considera vidrio transparente y de color.
	Tecnológicos	Se incluye todo aquel equipo o piezas de algún aparato electrodoméstico.
	Textil	Algodón, cortinas, ropa usada y retazos de tela.
Reciclables orgánicos	Cartón y papel	Se incluye el papel de impresión, papel revista, papel periódico y cartón corrugado o cartón liso.
	Restos alimenticios	Cualquier sustancia comestible, cruda o cocinada, incluido el hueso.
	Residuos de jardinería	Incluye madera y residuos de poda.
No reciclable	Sanitarios/Covid-19	Residuos generados por el aseo personal y derivados de las necesidades fisiológicas.
	Otros	Residuos que no se ajustan a las categorías anteriores.

Fuente: Adaptación de modificado de Ojeda *et al.* (2003).

8.3 Determinación del Índice de rechazo o razón de rechazo

Posteriormente se determinó el potencial de los reciclables que se están desaprovechando mediante el índice de rechazo de residuos, utilizando la siguiente fórmula:

$$IR = \frac{P1}{P + P1} \times 100$$

En donde:

IR = Índice de rechazo

P1 = Peso de los residuos reciclables, en kg; considerando las categorías:

1) Reciclables inorgánicos y 2) Reciclables orgánicos

P = Peso total de los residuos.

8.4 Análisis Estadístico

El valor de la Generación Per Cápita promedio por vivienda obtenida de los siete días de muestreo se utilizó para realizar una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (1952) y una prueba de Nemenyi (1963). Lo anterior con el fin de poder concluir, si existen diferencias significativas entre las medianas de generación de residuos sólidos urbanos por estrato socioeconómico de la población muestreada.

9 Resultados y Discusión

9.1 Generación de RSU

De acuerdo con los resultados obtenidos, la GPC media de RSU para el municipio de Acambay fue de 0.307 kg/hab/día; una mediana de 0.261 kg/hab/día y una desviación estándar de 0.185 kg/hab/día. El valor determinado en el estudio es similar al valor promedio reportado por Contreras (2017), de 0.302 kg/hab/día y con García (2013), de Almoloya de Juárez de 0.36 kg/hab/día, y con lo señalado por Díaz *et al.*, (2018) para la localidad de San Miguel Almaya municipio de Capulhuac con una generación per cápita de .384 kg/hab/día. Sin embargo, es inferior al reportado por SEDESOL (2011) que considera en las zonas rurales una GPC de 0.4 kg/hab/día; Reyes (2019), de Tejupilco de .680 kg/hab/día, y por debajo del promedio nacional, 0.653 kg/hab/día (SEMARNAT, 2020) y estatal, donde se estima una GPC de basura de (0.95 kg/hab/día) y 2,471 t/día, y con el Plan Estatal de Desarrollo 2017-2023, donde se indica un valor promedio de 0.7 kg/hab/día (Gobierno del Estado de México, 2018). Del mismo modo se encuentra por debajo de otros estudios realizados en el Estado de México como el municipio de Zinacantepec con una GPC de .929 kg/hab/día (MASERA, 2007).

El Diagnostico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (2020), estima a nivel nacional, una generación de 120,128 t/día; 17,233 t/día más que las estimadas en el DBGIR (2012), observando un comportamiento directamente proporcional al intervalo de población por localidad, es decir, tanto más grande es la población, mayor valor de generación per cápita presenta. Esto es importante mencionar porque se debe de establecer políticas públicas orientadas a regular el crecimiento poblacional y disminuir el consumo de productos y generación de residuos. De igual modo, se estima que en el Estado de México se generan 16,739 t/día; 1,629 t más que las estimadas en el año 2012.

Con base en la GPC promedio y al censo de población 2020 se calculó la generación de RSU para el municipio de Acambay la cual se estima en 20,840 kg/día, 7,606.6 t/año (Tabla 9) cantidad que se presupone, puede ser mayor, ya que la generación calculada corresponde únicamente a los residuos sólidos urbanos domésticos clase A; es decir, los generados en viviendas unifamiliares y multifamiliares, por lo que será necesario determinar la generación de los residuos sólidos no domésticos, es decir, clase B que corresponden a tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, imprentas, estaciones de servicio, talleres, centros comerciales, terminales de transporte, bancos, escuelas, hospitales, centros gubernamentales, rastros, entre otros para tener una estimación más precisa del total de residuos producidos en el municipio. Si se considera una generación de 0.178kg/día de residuos no domiciliarios correspondiente al promedio de la zona centro del país (SEMARNAT, 2020) se estima una generación total de más de 29 t/día de RSU para el municipio de Acambay.

Por otro lado, las proyecciones a futuro, prevén un crecimiento poblacional y con ello un aumento de la generación de RSU. Si la GPC se mantiene constante se estima que para el año 2030 se generen 36.322 t/día de RSU, por lo que será necesario implementar estrategias que reduzcan la cantidad de residuos que son depositados en los rellenos sanitarios. Lo anterior, obedece a que el municipio actualmente recolecta aproximadamente 18 t/día de RSU (H. Ayuntamiento de Acambay, 2019), es decir 62%, por falta de infraestructura y equipamiento, por lo que muchos residuos son depositados en sitios no contralados contaminando el medio ambiente.

Tabla 9. Generación de Residuos Sólidos Urbanos domésticos en el municipio de Acambay de Ruíz Castañeda.

GPC kg/hab/día	Población 2020	Toneladas diarias generadas	Toneladas anuales
0.307	67,872	20.84	7,606.6

Diferentes estudios han demostrado que los residuos sólidos varían en composición y generación. Esta variabilidad está fuertemente influenciada por las diferencias en los hábitos de consumo, nivel de desarrollo, ingresos per cápita, cultura y conciencia ambiental, (Rhyner, 1995, Donnini *et al.*, 2007), del mismo modo otros factores que influyen en el volumen y composición de RSU son los días festivos, periodos vacacionales, el clima y la estación del año (Taboada *et al.*, 2009). Acambay se encuentra entre los municipios del Estado de México con indicadores altos de desigualdad, al ser un municipio con vocación rural, la marginación también se hace presente por las condiciones socio territoriales y económicas (CONAPO, 2016). De acuerdo con el Consejo Nacional de Población (2016), más del 61% de la población ocupada cuenta con ingresos de hasta 2 salarios mínimos. En cuanto al índice de marginación este corresponde a 0.38, cifra que sitúa a la demarcación municipal en el lugar número 15 en el contexto estatal y en el lugar 926 en el contexto nacional, clasificándolo de manera general con un grado de marginación medio-alto.

Los resultados de la GPC para los estratos muestreados se muestran en la Tabla 10. De esta manera, se observa que en el estrato popular (P) del municipio de Acambay donde los ingresos económicos son bajos se obtuvo el menor promedio de GPC con 0.209 kg/hab/día. Si bien la GPC de RSU del estrato Residencial (R) es mayor que el estrato Medio (M), de acuerdo a los resultados de la prueba de Nemenyi revelaron que no existen diferencias significativas entre estos estratos, pero si diferencias entre el estrato Medio (M) con el estrato Popular (P), de igual manera el estrato Residencial (R) con el estrato Popular con un nivel de confianza del 95%. El debate que se tiene sobre la influencia de variables socioeconómicas en la generación de RSU es amplio, donde diversos autores señalan que existe una relación positiva entre los ingresos y la generación de residuos (Nilanthi *et al.*, 2006; Afroz *et al.*, 2011), por otro lado, Getahun *et al.*, (2012) y Monavari *et al.*, (2012) sugieren que no existe una relación estadística entre el ingreso y la tasa de generación de residuos, pero si muestran diferencias en la composición de RSU, de manera que, la razón

por la que no hubo diferencias entre los estratos R y M puede atribuirse a que el estatus social, económico y cultural, así como el ingreso salarial, y patrones de consumo son muy parecidos en ambas localidades, coincidiendo con lo mencionado por Núñez (2006). De esta forma la influencia del índice de rezago social no es del todo concluyente, ya que variables como el tamaño del hogar, la educación, la estructura de edades y las actitudes personales también influyen en la generación de los residuos sólidos urbanos (Al-Momani 1994; Armijo *et al.*, 2009), por ejemplo, Getahun *et al.*, (2012, afirma que en un tamaño de hogar grande se genera una mayor cantidad de residuos.

Estos resultados también coinciden con el estudio realizado por Gaxiola (1995), en la Ciudad de México, en el que determinó la composición de los residuos sólidos domésticos de diferentes estratos socioeconómicos de la ciudad. Si bien el autor encontró diferencias en el volumen de producción de los tres estratos socioeconómicos (nivel inferior, clase media y nivel superior), estas no fueron estadísticamente significativas. Sin embargo contrasta con los resultados obtenidos por Castillo-González y De Medina-Salas (2014) donde se menciona que a mayor estrato socioeconómico, mayor es la Generación Per cápita. También coinciden con Herrera *et al.*, (2019) donde no se encontró una correlación significativa entre el estrato socioeconómico y el porcentaje de generación de algún tipo de residuos sólido.

Con respecto a la baja generación en el estrato P esto se puede deber a que el estudio se llevó en época de pandemia por COVID-19 lo que disminuyó el poder adquisitivo de la población y, por ende, el nivel de consumo, y de esta manera influyó directamente en la cantidad de residuos domésticos producidos. La generación y composición de los residuos en algunos casos ha cambiado durante la pandemia (Tecorralco *et al.*, 2020).

Tabla 10. Generación de Residuos Sólidos domésticos por estrato socioeconómico.

Estrato	Promedio	Mediana	Mínimo	Máximo
Residencial	0.359 ^a	0.309 ^a	0.113	0.886
Medio	0.353 ^a	0.304 ^a	0.050	0.824
Popular	0.209 ^b	0.187 ^b	0.049	0.531

Nota. Letras diferentes denotan diferencias significativas mediante la prueba de Nemenyi ($p < 0.05$)

En la Figura 7 se muestra el comportamiento de la GPC promedio durante la semana de muestreo en los tres estratos del municipio de Acambay; se puede observar que el día con mayor generación es el lunes para el estrato R, disminuyendo el martes para incrementar su

generación el día miércoles, y después disminuir para tener un -segundo valor más alto el día domingo. Mientras que, el estrato M presenta la mayor generación los días martes y jueves, siendo el día sábado con menor generación. A su vez en el estrato P se observa una disminución constante de la GPC del día lunes al jueves, seguida de un aumento máximo de generación el día sábado. En definitiva, existen diferencias entre los días de la semana y los estratos socioeconómicos acorde a lo reportado en otras publicaciones (De Medina *et al.*, 2012, y 2013). Estas diferencias pueden atribuirse al ingreso económico, el nivel de pobreza, la indigencia, la propensión a consumir, la estructura por edades de la población y al nivel de urbanización (Quadri *et al.*, 2013).

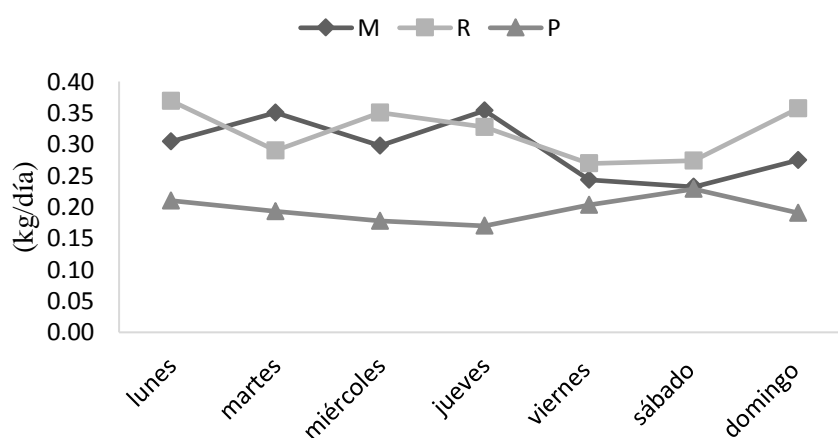


Figura 7. Comportamiento de la generación per cápita por estrato.

Nota R: estrato Residencial, M: estrato Medio, P: estrato Popular.

En la Figura 8 se muestran las diez localidades con mayor índice de generación de residuos sólidos urbanos del municipio de Acambay, el primer y segundo lugar corresponden a Pueblo Nuevo con 1.358 t/día y Villa de Acambay (cabecera municipal) con 1.252 t/día de RSU, localidades con ámbito urbano y con la mayor población, aportando en conjunto el 12.22 % del total de residuos del municipio, mientras que en tercer lugar se encuentra la localidad rural de Detiña con una generación de RSU de 0.753 t/día.

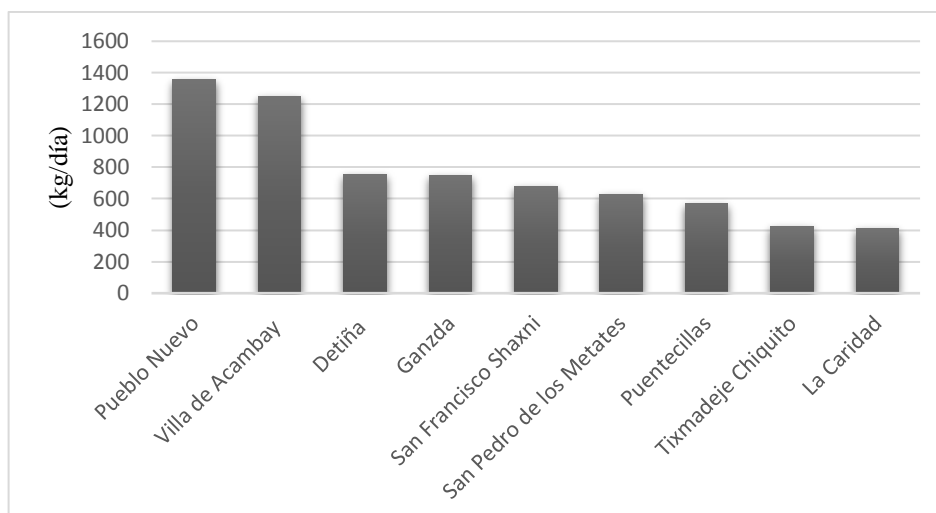


Figura 8. Localidades con mayor generación de residuos sólidos urbanos domésticos.

9.2 Composición

El conocimiento de la composición de los residuos se utiliza fundamentalmente para determinar los subproductos o fracciones de los residuos aprovechables que pueden ser valorizados, y cuáles serían los sistemas más adecuados para ello (Acurio *et al.*, 1997). De acuerdo con los resultados obtenidos, los residuos sólidos urbanos en el municipio se componen en su mayoría por residuos orgánicos; como se puede observar en la Tabla 11, la mayor fracción corresponde a restos alimenticios con 33.5%. Un tercio del total generados corresponde a residuos sanitarios. Dentro de la fracción reciclable se tiene la siguiente composición en subproductos: 8.8% de papel y cartón; 5.1% de vidrio, 2% de metales ferrosos y metales no ferrosos que son valores similares a los reportados por Aguilar Virgen *et al.*, (2010), y 13.2% de plásticos, este último muy por encima de lo reportado por MASERA (2007), con 9.4% y similar a lo reportado por Pacheco *et al.* (2009), con 12.3%.

Con relación a la fracción de “Sanitarios”, investigaciones realizadas por Ojeda *et al.* (2003) y Gidaracos *et al.* (2006), indican rangos por encima del 64.27%. Estos porcentajes se encuentran muy por encima de los residuos reportados por esta investigación con un 30%, pero son superiores a los reportados en la cabecera municipal de Berriozábal Chiapas con un valor de 15.17% (Araiza, 2017). Estos resultados pueden atribuirse a la composición familiar y a la dinámica demográfica del municipio, ya que la mayoría de la población se encuentra integrada por niños y jóvenes (INEGI, 2010). A su vez, la fracción de “Otros” con 1.9%

también es menor en comparación con el estudio de Castillo-González y De Medina-Salas (2014), con 2.84% pero superior al de Aguilar *et al.* (2010), con un promedio de 1.42%. En esta fracción fueron incluidos residuos peligrosos tales como medicamentos caducados, jeringas y cubre bocas, restos de cerámica y material de construcción. El porcentaje más bajo corresponde a residuos “Tecnológicos” con 1.8%, esto puede deberse a que las localidades rurales tienen ingresos económicos bajos para adquirir productos electrónicos, no obstante es muy superior con el estudio de Aguilar Virgen *et al.* (2010), de 0.42%; sin embargo, será importante establecer mecanismos de tratamientos, dada las altas cantidades que podrán generarse en un futuro por la industrialización y urbanización de la zona.

Tabla 11. Composición de los Residuos Sólidos Urbanos domésticos del municipio de Acambay.

Categoría	Fracción	% en peso
Reciclables orgánicos	Restos alimenticios	33.5
	Cartón y papel	8.8
	Textil	2.3
	Residuos de jardín/madera	1.4
Reciclables inorgánicos	Material ferroso y no ferroso	2.0
	Plásticos	13.2
	Vidrio	5.1
	Tecnológicos	1.8
No reciclable	Sanitarios	30.0
	Otros	1.9

Aunque no corresponde a los municipios el manejo de los Residuos Peligrosos (RP) y de Manejo Especial (RME) como los industriales y hospitalarios, es necesario controlar la disposición de estos residuos, ya que comercios y negocios, incluyendo pequeños talleres, hojalaterías y pinturas, los entregan al servicio municipal de recolección, donde son mezclados sin ninguna precaución con los residuos domésticos y son transportados al sitio de disposición final, ocasionando serios problemas de contaminación al medio ambiente.

La composición de los RSU también varía por estrato socioeconómico (Tabla 12). La composición de los residuos domésticos no es homogénea, cambia de acuerdo con los hábitos de consumo y el estatus social de la población (Calva y Rojas, 2014; Monavari *et al.*, 2012), las estimaciones más bajas corresponden a áreas mayoritariamente rurales y las estimaciones más altas a áreas urbanas (Ojeda y Beraud, 2003). El mayor porcentaje de residuos orgánicos ocurre en el estrato residencial, con 49.8 % de la fracción de restos alimenticios, mientras

que el menor porcentaje 24.2% ocurre en el estrato medio, porcentajes superiores e inferiores a la media nacional (33.07%). Esto puede atribuirse a que en las zonas M y P aprovechan los residuos orgánicos como abono para sus cultivos y como alimento para sus animales de granja. Los residuos de jardín con 1.4% prevalecen en los estratos medio y popular, tal situación se debe probablemente a que en las localidades rurales la mayor parte de las viviendas cuentan con vegetación arbórea, situación que difiere en el estrato residencial, donde las áreas verdes son pocas y prevalece vegetación perenne.

En general, la predominancia de residuos orgánicos se asocia a la condición económica de la población, ya que en los municipios rurales con menores ingresos dominan los de composición orgánica, mientras que en las ciudades con mayores ingresos los residuos son principalmente inorgánicos, con una cantidad importante de productos manufacturados (Bonmati, 2008). De igual forma puede atribuirse a las actividades económicas del municipio, ya que la agricultura es la actividad de mayor relevancia, debido a las características especiales de sus terrenos y a la superficie que se destina para este fin, esto es 59.08 % del territorio del municipio; además de absorber 41.0% de la población económicamente activa. Sus cultivos principales son: el maíz, avena forrajera, cebada y trigo. La segunda actividad productiva es la ganadería, y la tercera actividad la ocupa el comercio (Gobierno del Estado de México, 2004). Hoornweg y Perinaz (2012) plantean que a medida que una región se urbaniza y las poblaciones aumentan su nivel económico, los patrones de consumo cambian y aumenta los materiales inorgánicos tales como: papel, plástico, metales, mientras que por otro lado la fracción orgánica disminuye relativamente.

En relación a la fracción de tecnológicos el menor porcentaje se obtuvo en el estrato residencial y el mayor porcentaje en el estrato popular difiriendo con el estudio de (Armijo *et al.*, 2009) donde la mayor generación de electrónicos ocurre en las localidades urbanas y con mayor nivel socioeconómico. Entre los residuos destacan subproductos como pilas cargadores, cables USB y de electricidad, focos, y teléfonos celulares, los cuales tienen componentes valiosos que pueden ser recuperados.

Es importante mencionar que en el municipio no existe una separación de este tipo residuos, ni centros de acopio donde se puedan llevar a disponer este tipo de desechos, por ello, estos residuos muchas veces terminan en el sitio de disposición final, provocando contaminación e impacto ambiental, ya que contienen sustancias peligrosas como arsénico y

plomo que pueden infiltrarse y contaminar aguas subterráneas y los suelos alrededor del relleno sanitario (Cyranek y Silva, 2010).

En el caso de los residuos no reciclables, la fracción de residuos sanitarios resalta en los estratos medio y popular, compuestos principalmente por pañales desechables y papel de baño, además de residuos producto del coronavirus como cubre bocas, los cuales se encontraron en elevado número. El valor encontrado puede atribuirse al hacinamiento y confinamiento debido a la pandemia (Pérez *et al.*, 2020), además diversos estudios indican que en los estratos populares el número de hijos es mayor con respecto a niveles socioeconómicos más altos (CELADE-CEPAL, 2004) por lo que hay una alta población infantil en las localidades rurales, dando como resultado que la generación de pañales sea superior en estos estratos. La fracción de textiles en el estrato residencial y popular es muy similar con respecto al 1% propuesto para la media nacional (SEMARNAT, 2020). En cuanto al estrato medio se puede visualizar un mayor porcentaje 4.3 %, esto se puede deber a que mucha de esta ropa es adquirida de segunda mano en comercios minoristas o tianguis (Aguilar *et al.*, 2010). Los residuos restantes, denominados “otros”, varían entre 1.1% y 2.6%, siendo el estrato residencial el que genera el menor porcentaje En esta fracción se encontraron restos de cerámica y loza principalmente, también subproductos que hacen referencia a los residuos peligrosos biológico-infecciosos (RPBI), donde se destaca jeringas con aguja, medicamentos caducos y torundas con fluidos.

Tabla 12. Resultados de la composición por estratos de los RSU.

Categoría	Fracción	Residencial (%)	Medio (%)	Popular (%)
Reciclables orgánicos	Restos alimenticios	49.8	24.4	28.4
	Cartón y papel	9.5	9.9	6.8
	Textil	1.2	4.3	1.0
	Residuos de jardín/madera	0.5	2.3	1.2
Reciclables inorgánicos	material ferroso y no ferroso	1.5	2.0	2.6
	plásticos	10.7	14.5	14.2
	vidrio	3.4	6.9	4.7
	tecnológicos	0.3	1.1	4.1
	Sanitarios	21.9	33.0	34.4
No reciclable	Otros	1.1	1.9	2.6

9.3 Índice de rechazo

En las ciudades existen muchas formas de medir los sistemas de gestión de residuos. Los responsables de la toma de decisiones y los expertos en residuos utilizan varios indicadores, como la tasa de generación per cápita, la tasa de recolección y la tasa de reciclaje para medir el rendimiento de los sistemas de gestión de residuos. En la última década, el índice de rechazo se ha utilizado como un indicador importante para medir el desempeño de una ciudad. El índice de rechazo se puede definir como el porcentaje del total de residuos que se desvía de la eliminación en vertederos e instalaciones de transformación permitidos, como la incineración, y en su lugar se dirige a programas de reducción, reutilización, reciclaje y compostaje (CalRecycle, 2012). El índice de rechazo de residuos de los vertederos ha sido ampliamente aceptado por autoridades y corporaciones, pero poco divulgado entre gobiernos locales o municipales. (CalRecycle, 2012).

Los resultados obtenidos con la ecuación de índice de rechazo fueron para los residuos aprovechables y valorizables a través del reciclaje de 57.05 %, 26.48% de residuos orgánicos que pueden ser tratados mediante compostaje, biodigestión o como alimento para animales y 42.95% de otros residuos, que posiblemente no sean aprovechables (Tabla 13). Esto concuerda con lo mencionado por Wehenpohl y Ambrosius (2006), donde dos terceras partes de los residuos que se generan pueden ser reciclados, lo cual incluye a los materiales orgánicos e inorgánicos, de igual modo, es similar con el estudio de generación realizado por la Ingeniería en Sistemas Energéticos y Ambientales S.A. de C.V. (ISEA), en el 2015, para distintos municipios de la región Sur del Estado de México, donde el 39.57% corresponde a residuos susceptibles de aprovechamiento, 37.97% orgánicos y respecto a residuos no aprovechables 22.34%. Del mismo modo, en la zona centro de México, más de 40% del total de los RSU generados es materia orgánica (de fácil aprovechamiento), cerca de 35% es material inorgánico susceptible de aprovechamiento y un poco más de 20% corresponde a otros materiales (DBGIR, 2012). En ese sentido es evidente el gran porcentaje de residuos que pueden ser aprovechados para la elaboración de compostas o para ser sometidos a procesos de reciclaje y/o reutilización.

Dentro de la fracción de reciclables inorgánicos destaca la alta generación de plásticos, en virtud de que el porcentaje obtenido para el municipio fue de 11.65%, similar al

valor nacional reportado por SEMARNAT (2020), de 10.29% y con el estimado en la localidad de Xico Progreso en el Estado de Yucatán, con un porcentaje de 12.82 % (Xoo *et al.*, 2006). A su vez, el porcentaje de material ferroso y no ferroso de 1.95 es superior a la media nacional de 1.45% la cual corresponde a la suma de las fracciones ferrosas y no ferrosas (SEMARNAT, 2020). Si bien los residuos tecnológicos corresponden al porcentaje menor de los reciclables inorgánicos, el reciclaje de los residuos electrónicos es un negocio lucrativo por la gran cantidad de metales valiosos que los componen, en el municipio de Acambay se requiere de instalaciones que permitan su tratamiento sustentable.

Tabla 13. Porcentaje de RSU aprovechables con el índice de rechazo.

Categoría	Fracción	Porcentaje
Reciclables inorgánicos 20.07%	Material ferroso y no ferroso	1.95
	Plásticos	11.65
	Vidrio	4.86
	Tecnológicos	1.81
	Textil	2.22
Reciclables orgánicos 36.78%	Cartón y papel	8.08
	Restos alimenticios	25.08
	Residuos de jardinería	1.4
	Total	57.05

Los resultados dejan en evidencia que el municipio cuenta con un gran porcentaje de producción de residuos que pueden ser sometidos a un proceso de valorización de materiales, y si se implementa un modelo de economía circular se puede disminuir la cantidad de residuos que actualmente se envían hacia los rellenos sanitarios u otras formas de disposición final mayormente contaminantes para el ambiente. Estudios realizados por Doninni *et al.* (2007), mencionan que se pueden llegar a revalorizar para reciclaje o reúso el 90% de los RSU y los residuos que se pueden utilizar para compostaje, biogás (residuos alimenticios y de jardín) llegan a ser de 53.7%, por otro lado Armijo y colaboradores (2009) mencionan que en el municipio de Ensenada el 88.15% tiene potencial de aprovechamiento y solamente el 11.85% tendría que disponerse en un sitio de disposición final. Estos datos pueden servir de base para estimar las posibilidades de aprovechamiento de los residuos del municipio, al mismo tiempo que visibiliza la magnitud del desafío para toda la sociedad de avanzar hacia la gestión integral de una mayor cantidad de los residuos que se generan diariamente.

Por otro lado, el aprovechamiento de los residuos valorizables se traduce a reducir a poco más de la mitad la disposición de los residuos generados en el municipio, contribuyendo a extender la vida útil de los rellenos sanitarios, además de una reducción significativa en los costos, ya que podría ahorrarse hasta el 60% de envíos de RSU al centro de disposición final, lo que permitiría destinar esos recursos en la implementación de las estrategias de una economía circular y mejorar otras áreas y departamentos relacionados con la gestión de los residuos.

9.4 Diagnóstico y encuestas

Se realizó un diagnóstico sobre la percepción ciudadana respecto al servicio de limpieza que brinda el municipio, así como de los procesos referidos a la gestión de los RSU. Dentro de cada una de las etapas de la gestión y manejo integral de los RSU en el municipio se lograron identificar una serie de problemas que disminuyen la eficiencia de atención en cada uno de los rubros, dichos problemas se describen en la Tabla 14. De un total de 236 encuestas, 52 % de los encuestados pertenecen al género femenino 48% al masculino y 52% a un intervalo de edad entre los 15 a 70 años. El 78 % declaró saber que es un residuo sólido urbano y 72 % tiene conocimiento de la legislación y normatividad en materia de residuos. El 98.4% de los ciudadanos declararon saber que es el reciclaje. En cuanto a los procesos de separación 68.5% de los encuestados manifestó realizar la separación de sus residuos en casa, de los cuales 2% recicla o compostea, 23% la quema y 75% la tira en el camión de la basura. Por otra parte, 88.2% manifestó tener el servicio de recolección (22.8% diario, 62.2% al menos una vez a la semana y 3.1% mensual) y el 11.8% declaró que el camión no pasa por su domicilio. De esta manera 96.1% de los encuestados declaró estar dispuesto a separar sus residuos si recibiera algún tipo de instrucción por parte del Ayuntamiento; por otro lado, el 55% menciona saber realizar compostaje y 86% estaría dispuesto a capacitarse para elaborar su propia composta a partir de los residuos orgánicos generados en su domicilio.

Así también 84% de los encuestados manifestó reciclar por lo menos una vez cartón y plásticos, 60.7% papel, 67% lata, metales, 34.4% vidrio, 14% electrónicos y 7.4% otros materiales. Esto indica que el reciclado del municipio ya cubre una proporción considerable de la demanda de algunos grupos de recursos convencionales, como el papel y cartón,

plásticos y metales; sin embargo, es necesario redoblar los esfuerzos de circularidad en materiales como electrónicos, de construcción y sanitarios para recuperar materiales. También se les preguntó su opinión respecto al servicio de recolección a lo cual el 45.6% dijo tener una opinión regular, 39.2% bueno y 7.2% malo. Por otro lado, 16.8% de los entrevistados, contestó pagar propina por el servicio de recolección, aun cuando este es un servicio completamente gratuito. Así mismo, el 60.6% de los encuestados manifestó como muy importante colocar contenedores en las calles principales para separar orgánicos e inorgánicos, 70.6% dar mantenimiento preventivo a los vehículos de recolección y 52.2% comprar nuevos vehículos. El 94.5% califica muy importante impartir talleres de conciencia ambiental, el 46.8% considera importante construir un centro de transferencia (lugar para separar, valorizar y almacenar temporalmente residuos y 61.5% construir un Centro Integral de Residuos Sólidos (sitio de disposición final de residuos que cumple la Norma NTEA-20-SeMAGEM-RS-2019). El 62% de los encuestados declaró muy importante crear políticas públicas y un reglamento de limpia y el 45.4% consideró importante la integración de un consejo de participación ciudadana en materia de residuos sólidos urbanos.

Tabla 14. Problemas identificados en el manejo y la gestión integral de los RSU del municipio de Acambay.

Rubro/Etapa	Problemática
Marco normativo	El municipio no cuenta con reglamentos que regulen la gestión integral de los residuos dentro del territorio.
Recursos Humanos e Infraestructura	<p>El municipio de Acambay cuenta en total con 31 empleados, los cuales son insuficientes para brindar el servicio de recolección a más de 67,653 hab. Se cuenta con 11 camiones recolectores, los cuales tienen más de 10 años en uso, cuando el parámetro de referencia de la vida útil de los vehículos recolectores es de 8 años. Actualmente 5 de las unidades no se encuentran en funcionamiento.</p> <p>Las unidades no cuentan con documentación, placas, tarjeta de circulación, verificación.</p> <p>No se cuenta con un área para el resguardo de los vehículos que los proteja de las contingencias del clima.</p> <p>Actualmente en el municipio no se tienen registrados centros de acopio, instalaciones operadas por la administración municipal o delegacional que tienen por objeto captar materiales seleccionados para dar un</p>

confinamiento adecuado o canalizarlos a procesos de reciclaje (SEMARNAT, 2019).

Recursos Financieros	Los recursos financieros destinados a la gestión de los residuos sólidos son administrados directamente por la Tesorería del municipio y no se cuenta con ingresos complementarios a lo presupuestado. No se ha invertido en infraestructura como centros de acopio y transferencia, y en la reparación y mantenimiento de las unidades.
Sistema de Planeación	No se cumplen los objetivos de la matriz de indicadores para resultados (MIR) bajo el programa presupuestal 02010101 Gestión integral de residuos sólidos, la cual tiene 4 actividades: mapeo de las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos municipales, barrido de los espacios públicos municipales, mantenimiento del equipo de recolección de residuos sólidos urbanos municipales y adquisición de equipo de recolección de residuos sólidos municipales.
Generación	Falta de conciencia ambiental por parte de la población.
Almacenamiento temporal	En el municipio, no existe un sitio de almacenamiento temporal de los residuos sólidos.
Tratamiento	Los residuos sólidos recolectados en todo el territorio municipal no reciben ningún tratamiento previo ni después de llegar al centro de disposición final.
Recolección	Para el servicio de recolección de residuos sólidos el H. Ayuntamiento solo cuenta con 6 vehículos en mal estado para cubrir el servicio en todo el territorio municipal. Se realiza de manera mixta; es decir, no se lleva a cabo ningún proceso de separación de residuos sólidos. No existe un manual de procedimientos y métodos eficientes de recolección. Las rutas de recolección son ineficientes, reduciendo la cobertura del servicio, desperdicio de personal y recursos financieros además trae como consecuencia la proliferación de sitios inadecuados de disposición de residuos ocasionando graves daños al medio ambiente. No se respetan los horarios y rutas de recolección, la población de las comunidades, práctica la quema de los residuos sólidos como solución inmediata a la acumulación de los mismos en su domicilio, lo que

genera la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y contaminación del aire.

Para el servicio de recolección los trabajadores carecen de un equipo completo de seguridad e higiene necesario para realizar sus labores.

Transferencia y transporte En el municipio, no existe un sitio de transferencia o puntos para reducir el traslado de los residuos. Vehículos descompuestos, averiados y sin mantenimiento adecuado. Aunado a esto los caminos y carreteras por los cuales se transitan las rutas actuales se encuentran en malas condiciones, las cuales muchas veces no permiten o demoran el servicio de recolección.

Disposición final Actualmente el municipio no cuenta con un sitio de disposición final de ningún tipo, lo que se ha reflejado en los gastos generales del servicio ya que se deben cubrir los pagos por derecho de uso. Los ciudadanos disponen sus residuos en sitios no controlados como barrancas, arroyos y baldíos.

Una vez evaluadas y analizadas las respuestas de las encuestas semiestructuradas y los resultados de la caracterización de los RSU, fueron el eje para el diseño de la propuesta de un modelo de EC, exponer estrategias y emitir recomendaciones.

10 Modelo de Economía Circular (EC)

El objetivo de la investigación fue diseñar un modelo de economía circular de residuos sólidos eficaz y eficiente (Figura 10), en el que participe activamente la población, permitiendo la instrumentación de acciones, encaminadas a la minimización, aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos urbanos y por ende la disminución en los impactos al ambiente aplicando los principios de valorización y responsabilidad compartida bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social para garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado, propiciando el desarrollo sustentable, la prevención de la contaminación, y el cumplimiento del marco legal aplicable. El enfoque que se plantea es integrador a fin de reconsiderar la prevención en la fuente de origen como opción prioritaria, seguida de la reutilización, el reciclado, la valorización y la eliminación como última opción.

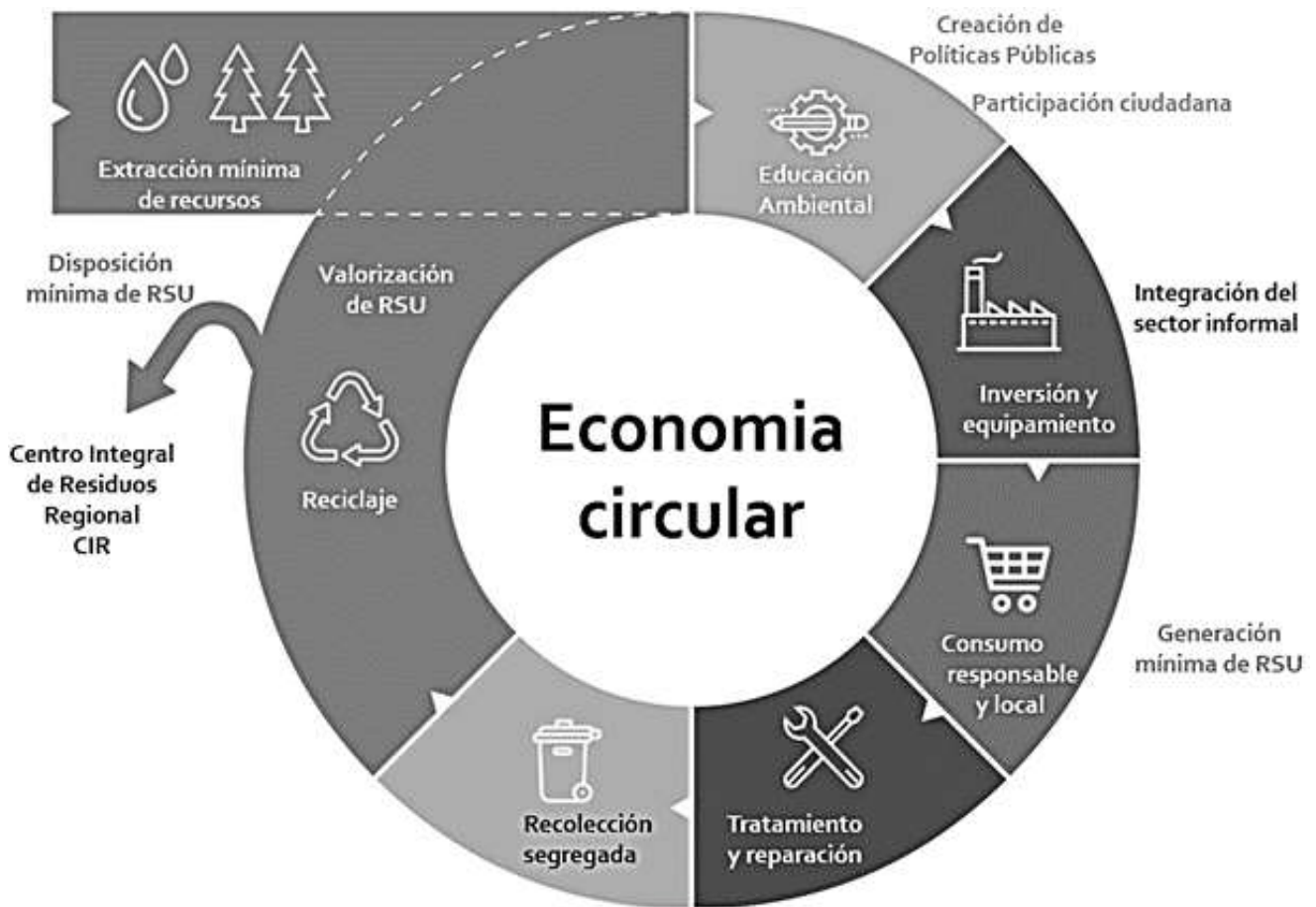


Figura 9. Modelo de Economía Circular de residuos propuesto para el municipio de Acambay.

Fuente: Elaboración propia en base a SEMARNAT (2019).

La transición hacia una EC es una labor que requiere la participación de las empresas y la industria en vinculación con el gobierno y la sociedad. Para alcanzar este objetivo, se proponen las siguientes propuestas (ver Tabla 15) contempladas en acciones prioritarias a corto plazo, enfocadas en el reciclaje y tratamiento de los residuos obtenidos en el índice de rechazo de residuos, y en base a los resultados de las encuestas y del diagnóstico acciones a mediano y a largo plazo que permitan establecer bases sólidas para la construcción de la gestión integral de residuos sólidos en el municipio.

Tabla 15. Acciones para la transición a una economía circular.

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Concientización y educación ambiental.	Instalación de Centros de acopio y reciclaje.	Creación de Estaciones de Transferencia (de preferencia cuádruple: orgánico, inorgánico, papel cartón y PETE), los cuales serán colocados en áreas de mayor afluencia ciudadana.
Valorización de residuos a partir de la separación segregada.	Convenios con Instancias Federales y Estatales para el manejo de los residuos peligrosos y de manejo especial.	Creación de un Centro Integral de Residuos (CIR)
Creación de políticas municipales para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (PMPGIRSU).	Comité Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos.	
Tratamientos Biológicos.		
Inversión de equipamiento y mantenimiento.	Plan de Acción para pepenadores.	

10.1 Concientización y educación ambiental

Aumentar la conciencia y educación ambiental en materia de residuos, es un enfoque social beneficioso para la formulación de modelos económicos y medioambientales rentables (Afrotz *et al.*, 2011).

La adopción de una educación y concientización ambiental constituyen una medida indispensable para el éxito de toda estrategia de gestión integral del manejo de los RSU. La educación ambiental es un proceso destinado a la formación de una ciudadanía que forme valores, aclare conceptos y desarrolle las habilidades y las actitudes necesarias para una convivencia armónica entre los seres humanos, su cultura y su medio ambiente, contribuyendo al uso racional de los recursos naturales y a la solución de los problemas ambientales que enfrentamos en la actualidad (Congreso Nacional, 1994).

Como menciona Zhang *et al.*, (2015), el grado de conocimiento que se tiene sobre el aprovechamiento de los RSU es un factor que determina la actitud y la percepción de las personas hacia el ambiente.

Se requiere de la participación activa de la población; es decir, se debe incidir en el cambio de mentalidad frente a los residuos sólidos urbanos para dejar de pensar qué debido

al pago de impuestos, el problema debe ser atendido por las entidades gubernamentales. En este punto es donde justamente se asienta la importancia de comprender el desecho como “residuo” y no como “basura” (que es recuperable y de valor).

La conciencia ambiental y participación social deberá ser un pilar central en la búsqueda de soluciones del municipio para combatir el problema de la contaminación por residuos sólidos urbanos. En este tenor, es esencial involucrar a la sociedad en general, en el manejo y disposición adecuada de los residuos, mediante la implementación de campañas de concientización, difusión, talleres y conferencias, programas escolares (en todos los niveles) que incluyan una educación formal en la materia, así como la expedición de normativas que fomenten el manejo adecuado de residuos; con lo cual, paulatinamente se dará el paso a la cultura del manejo integral de los residuos.

10.2 Creación de políticas públicas municipales de prevención

A pesar que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 115 otorga la responsabilidad al municipio el servicio público de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos únicamente. Los trabajos administrativos del municipio de Acambay se encuentran limitados por la inexistencia de políticas públicas apegadas a la legislación y normatividad ambiental vigentes (Leyes Generales, Estatales, Normas Oficiales Mexicanas y otras aplicables).

Actualmente no existe un reglamento municipal de limpia y de ecología y protección al ambiente que regule la gestión de residuos sólidos urbanos del municipio; por lo que, es de vital importancia implementar y fortalecer el marco jurídico local y municipal así como, establecer políticas públicas en la prevención de los residuos es un punto crítico para asegurar el valor transformador del paquete de Economía Circular (Cerdá y Khalilova, 2016).

Para afirmar la transición a la economía circular, es necesario crear y actualizar leyes y normas, por ejemplo, leyes para la gestión de residuos de manejo especial como los neumáticos y residuos electrónicos. La legislación mexicana en todos sus niveles (Federal, Estatal y Local) debe actualizarse para reflejar una política que contribuya a la conservación y utilización razonable de los recursos.

Es necesario que el gobierno local municipal cumpla su encomienda jurídica de elaborar y ejecutar el Programa de Manejo Integral para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, el cual es un instrumento de estrategias dinámicas para la implementación de una política municipal adecuada en la materia (Wehenpoh y Hernández, 2006).

10.3 Participación Ciudadana

La participación ciudadana es un mecanismo social que funciona para el desarrollo local, además de promover una democracia participativa a través de la integración de la comunidad en los diversos quehaceres de su entorno (IECM, 2019). Tradicionalmente, los gobiernos municipales tienen la responsabilidad del manejo y tratamiento de los residuos sólidos en sus respectivas jurisdicciones urbanas y rurales. Sin embargo, la evidencia indica que la estructura clásica del gobierno municipal no permite que las localidades rurales y de difícil acceso cuenten con una gestión eficaz de los residuos, ya que se encuentran alejadas de los centros de decisiones e información. Esto demanda modelos organizacionales locales para el manejo adecuado de los residuos (Alegre *et al.*, 1995). Por otro lado Quispe (2014), menciona que los procesos de participación ciudadana tienen el potencial de transformar la gestión de residuos sólidos hacia un manejo integral y sustentable con la condición de incorporar a la ciudadanía en diversos procesos. En este sentido, se formula la creación de un comité local, en donde el gobierno municipal delegue funciones y responsabilidades a las comunidades y éstas puedan auto gestionar el servicio de limpia municipal. La comunidad nombra a una persona o grupo para que se encargue de la recolección y disposición de los residuos sólidos, trabajo que puede ser remunerado y permite disminuir el impacto ambiental generado por un mal manejo de los residuos.

10.4 Integración de pepenadores

En México la separación de residuos para su valorización ocurre principalmente en la informalidad, a través de la pepena urbana y en sitios de disposición final. En el municipio existen personas que no son parte de la administración municipal y que no pertenecen al sector formal de la economía, los cuales se encargan de recolectar residuos aprovechables en la vía pública. Estos grupos de trabajadores del sector informal reciben el nombre de

pepenadores y burreros en México. La intervención de este grupo informal en el manejo de los RSU está presente sin duda en todos los países en desarrollo, predominantemente en las zonas urbanas, donde existe un mercado para la venta de los subproductos seleccionados (Dos Santos y Wehenpohl, 2001).

Los trabajadores de este sector suponen altos riesgos implícitos en este tipo de actividad, como la posibilidad de que contraigan enfermedades leves o mortales por el contacto con diversos agentes infecciosos que están en la basura, más aún en tiempos de pandemia como la actual SARS-CoV-2 (Cervantes y Palacios, 2012). Como sugiere Wamsler (2000), la integración del sector informal en la recolección de RSU supone diferentes beneficios, por ejemplo prolongar la vida útil de los sitios de disposición final, disminuir la presión sobre la explotación de recursos naturales; crear fuentes de trabajo para un número importante de la población de estratos socioeconómicos bajos; generar ahorros a los municipios y a la sociedad en su conjunto al disminuir la cantidad de RSU que deben manejar.

En ese contexto se deberá implementar un programa de reciclaje inclusivo, mediante el cual se promueva el reconocimiento a la labor de los recicladores informales, propiciando su agrupación e integración a los sistemas públicos y privados de manejo de residuos sólidos fomentando así una cadena del reciclaje más justa.

10.5 Valorización de Residuos a partir de la separación segregada

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y la Unión Europea (1998), definen como valorización al principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica, por otro, lado la legislación de la Unión Europea define a la valorización como la operación cuyo resultado principal es que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que, de otro modo, se habrían utilizado para cumplir una función particular. Entre las principales acciones de valorización de residuos se encuentra el reciclaje, y a través de distintos procesos permite restituir su valor económico, evitando así su disposición final.

Como expresa Reyes (2019), se deberá priorizar la valorización y reutilización a partir de la recuperación y/ reciclado de los residuos, y debe considerarse como última opción la disposición final en rellenos sanitarios.

Wamler (2000), define al reciclaje como separar o extraer materiales del flujo de desechos para su uso como materia prima en sustitución de recursos naturales para manufacturar nuevos productos y utilizar dichos productos hasta que vuelvan al flujo de los desechos y puedan nuevamente ser reciclados. Por otro lado Rodríguez (2016), plantea al reciclaje como un método de extracción de recursos con el objetivo de recuperar o reutilizar un material para ser reutilizado por nuevos productos permitiendo además reducir el volumen de los desecho sólidos que son depositados en el sitio de disposición final

Los residuos sólidos urbanos contienen materiales que pueden recuperarse y reintegrarse en la producción (por ejemplo, cartón, papel, metales, plásticos y vidrio) y, por tanto, en la economía. No obstante, en México durante el 2013 sólo se recuperó aproximadamente 9.61% de los residuos generados, situándose por debajo de Estados Unidos y de los países europeos, que recuperan más del 30% de sus residuos (PROMARNAT, 2013).

En México la recolección separada de residuos se realiza en 144 municipios, de 23 entidades federativas y en las 16 demarcaciones territoriales de la Ciudad de México. Diariamente se recolectan separadamente 5,281 t de residuos, alrededor del 5% del total de los residuos recolectados en el país: 2,062 t de residuos orgánicos y 3,219 t de residuos inorgánicos (SEMARNAT, 2020).

El reto para el municipio para la recolección segregada de residuos sólidos urbanos es grande, pero representa una oportunidad de reducir la necesidad de infraestructura para depositarlos y disminuir la presión sobre la base de los recursos y las consecuencias ambientales resultantes de su extracción y transformación; es además una excelente oportunidad por el valor económico de su aprovechamiento. La valoración de subproductos es posible solo si se plantea una recolección separada en el origen; para lo cual, es necesario diseñar e implementar una ruta de recolección calendarizada de acuerdo al número de fracciones a recolectar, empleando el equipo existente y considerando el traslado de los residuos recolectados a las instalaciones de la iniciativa privada o instituciones para su tratamiento.

De acuerdo a los resultados del diagnóstico, el 68.5% de los encuestados mencionó separar sus residuos, sin embargo, el porcentaje restante indicó no realizar la práctica porque sus esfuerzos se ven desalentados al observar que los camiones de recolección terminan mezclando todo lo seleccionado; por ello, se propone un programa de recolección selectiva (Tabla 16).

La importancia de este tipo de recolección se alinea con lo señalado en la LGPGIR, en donde se subraya que los residuos podrán sub clasificarse en orgánicos e inorgánicos con el objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, lo cual facilita el reciclaje de la Fracción Inorgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FIRSU) y el compostaje o la biodigestión de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU).

Tabla 16. Programa semanal de recolección separada para el municipio de Acambay.

Zona	Tipo de RSU	Día de la semana
Localidades urbanas y periurbanas	orgánicos y reciclables	martes y viernes
	inorgánicos y reciclables	martes y viernes
	inorgánicos y no reciclables (sanitarios y COVID-19)	lunes, jueves y sábado
Tianguis y mercado municipal	orgánicos y reciclables	domingo, martes, viernes
	inorgánicos y reciclables	domingo, martes, viernes
	inorgánicos y no reciclables (sanitarios y COVID-19)	lunes, jueves y sábado
Localidades rurales	inorgánicos y no reciclables (sanitarios y COVID-19)	semanal

Las localidades rurales e inaccesibles quedan exentas y se propone, mejorar los programas de reciclaje o compostaje y la instalación de contenedores, siendo necesaria la instalación de un contenedor con capacidad de 1,000 l en función a la estimación de la generación per cápita y por cada 1,250 hab., mismos que tiene una vida útil de 3 años por lo que se deberán substituir al final de ésta considerando un incremento del 15% en el número de contenedores a adquirir.

Para lo anterior, los residuos sólidos urbanos generados en las casas habitación (domésticos) y centros comerciales y de servicios (no domésticos) deberán ser separados

conforme a la Tabla 17 y a la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-013-SMA-RS-2011.

Tabla 17. Separación de los residuos sólidos urbanos generados en las casas habitación.

Categoría	Tipos de residuos que la componen	Código de color almacenamiento, separación y entrega
Reciclables	Vidrio (no rotos) lata, envases de plástico (todos los tipos o clasificación), cartón (cajas de envase y embalaje) papel (periódicos, propaganda y todos los demás tipos) bolsas de plástico (todos los tipos, limpias y sin residuos) Envases multicapas (leche, jugos y alimentos) Metales (ferrosos y no ferrosos) y otros que puedan ser reciclados.	Azul
Orgánicos y composteables	Cáscaras de fruta y vegetales, desechos de carne y pescado, productos lácteos, cascara de huevo, dulces, galletas y pasteles, bolsas de té, filtros de café, restos de plantas y animales, y otros que puedan ser composteables.	Verde
Sanitarios Covid-19 y no reciclables	No reciclables, no composteables, cerámica, pañales, toallas sanitarias femeninas, papel sanitario, cubre bocas.	Gris/rojo (etiquetado)

Fuente: Modificación de Gobierno del Estado de México (2011).

La ruta establecida luego de la recolección diferenciada de los reciclables secos y limpios es su desvío a centros de acopio y reciclaje, en donde se prevé que se clasifiquen y separen para su venta a plantas de reciclaje cercanas o con convenio. Los residuos orgánicos húmedos y composteables; es decir, 34.13% de los residuos generados por el municipio ciudad, también se separan en origen y se prevé su desvío hacia plantas de compostaje o biogás. Los residuos sólidos urbanos que no se puedan valorizar por ningún tratamiento como son los residuos sanitarios y COVID 19 se desviarán al lugar determinado como centro de transferencia y finalmente serán depositados en el Centro Integral de Residuos.

En el municipio no existen plantas de reciclaje, pero sí tres locales destinados al acopio de residuos reciclables, los cuales los llevan a plantas ubicadas en otros municipios,

como es el caso de Atlacomulco. La lista de los residuos que acopian, así como los precios de la compra y venta se muestran en la Tabla 18.

Hay que tener en cuenta que los precios de venta de materiales recuperados son sensiblemente superiores mediante la recogida selectiva de residuos, puesto que su calidad y limpieza es superior. La calidad de los materiales recuperados mediante la pepena urbana se podría asimilar a la de los materiales recuperados en plantas de tratamiento mecánico-biológico (TMB) de la fracción rechazo de los residuos municipales recogidos de forma mezclada. Es importante destacar que el precio de los metales es superior al de los otros materiales valorizables.

Tabla 18. Precio promedio de la compra-venta de residuos sólidos urbanos en el municipio de Acambay.

Residuo	Precio por kilo
Cobre	\$125.00
Níquel	\$110.00
Bronce	\$70.00
Lana, poliéster y algodón	\$45.00
Aluminio	\$16.00
Pila	\$13.00
Plomo	\$12.00
PET	\$7.50
Hierro	\$4.80
Discos	\$4.00
HDPE	\$3.00
Papel	\$3.00
Cartón	\$1.70
Vidrio	\$.50

Nota. Precios correspondientes al año 2020.

10.5.1 Elaboración de Biogás

La valorización energética de residuos es un proceso fisicoquímico de biodigestión térmico que consiste en utilizar la combustión de los residuos para producir energía y, al mismo tiempo, reducir el volumen y la toxicidad asociada a estos residuos. Esta energía obtenida es equiparable en muchas ocasiones y dependiendo del residuo a los combustibles convencionales (RECC, 2007).

México dispone de alta tecnología para la valorización energética de residuos mediante el coprocesamiento en hornos cementeros, siendo la alternativa más viable para la retención de gases contaminantes como el bióxido de carbono y metano liberados a la atmósfera, además de generar cadenas productivas e impulsar la economía circular (Arzate,

2019). Una de las ventajas de la digestión anaerobia es la generación de biogás y su aprovechamiento como fuente de energía el cual tiene un poder Calorífico Inferior (PCI) de 5600 Kcal/ m³ (Bonmatí, 2008). En los sitios de disposición final de residuos, independientemente del grado de control que se tenga en el lugar, por causa de la descomposición de la basura se generan emisiones con importantes efectos al medio ambiente como es el biogás, cuyos dos componentes principales son el metano y bióxido de carbono, los cuales están considerados como GEI, objetos del Protocolo de Kyoto, y por el cual existe un compromiso internacional para enfrentar el cambio climático global producto de la emisión de estos gases (Kiss *et al.*, 2008).

La combinación del proceso de compostaje con la digestión anaeróbica del material orgánico residual admite la generación de biogás. De esta forma, la producción microbiana de metano se utiliza para los procesos productivos en reemplazo de las energías más convencionales (Kayhanian *et al.*, 1991). Esta acción busca establecer la tecnología escalada a nivel municipal que permita aprovechar la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de este modo disminuir los impactos al medio ambiente. Teniendo como característica que sea económicamente sustentable.

10.6 Tratamiento biológico

El desperdicio de alimentos y la generación de residuos orgánicos representan casi el 50% aproximadamente de los residuos que se genera en el país, es decir 28 mil t/ anual (CCA, 2017). Para el caso particular del municipio corresponden al 34.86 % del total.

Los tratamientos biológicos tienen como fundamento el potencial degradador de los microorganismos a través de procesos como la fermentación, la digestión, entre otros, su objetivo es reducir el volumen de los desechos, así como estabilizarlo para disminuir los impactos ambientales provenientes de la eliminación final y se enfoca básicamente a los residuos orgánicos, como los alimentos y los residuos de parques y jardines (Eggleston *et al.*, 2006). El tratamiento biológico se considera una opción viable para los municipios porque además de disminuir la cantidad de residuos que son depositados en los sitio de disposición final, permite producir productos comercializables por los cuales se pueden obtener recursos para la inversión en la gestión de los RSU (Gobierno del Estado de México, 2009).

Sin embargo, este tipo de tratamiento por algún tipo de tecnología o proceso para los residuos orgánicos en el municipio es menor del 40% en las localidades rurales y aun porcentaje menor en la cabecera municipal y corresponde a la elaboración de composta en los domicilios particulares. El tratamiento biológico de los residuos sólidos orgánicos producidos en el municipio, merece ser considerado como una alternativa viable como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Tipos de tratamientos biológicos.

Tratamiento biológico	Ventaja	Desventaja
Compostaje	Fácil implementación a diversas escalas. Bajo costo de operación y mantenimiento. Se podría usar para el vivero municipal.	Baja demanda de la composta por desconocimiento de sus ventajas. La calidad de la composta puede no ser aceptable. Rechazo a la forma de desarrollar la composta.
Crianza de cerdos	Provee una fuente de alimento para la población. La crianza "tecnificada" de cerdos es una buena opción para adecuar las prácticas informales de crianza de cerdos.	Requiere personal técnico capacitado. Riesgo de salud pública. Alta inversión inicial. Exige monitoreo sanitario permanente. Resistencia de la población a ingerir esta carne de cerdo.
Lombricultura	El humus de lombriz es fácilmente aceptado por los agricultores. La lombricultura tiene poco riesgo de generar impactos ambientales negativos.	Dificultad para obtener las lombrices.
Bocashi	Abono orgánico fácilmente aceptado por los agricultores.	Baja demanda del bocashi por desconocimiento de sus ventajas.

Fuente: Tomada de Alegre *et al.*, (1995).

10.7 Instalación de centros de acopio y reciclaje

La composición de los residuos sólidos del futuro se proyecta a una composición de residuos con mayores características para el reciclaje, principalmente residuos electrónicos. La disminución y reciclaje de los residuos sólidos tiene prioridad en la gestión integral, siendo la segregación selectiva desde la fuente de origen, la forma más eficaz de reducir la cantidad de residuos, los costos asociados a su manipulación y los impactos ambientales.

Entre los materiales recuperados más comúnmente utilizados en el reciclaje tenemos: aluminio, papel y cartón, vidrio, plásticos y materiales ferrosos como hierro y acero (Henry y Heinke, 1999)

La tasa de reciclado y compostaje de residuos municipales que se da actualmente en el municipio estaría a menos del 20% y esto es debido principalmente a la carencia de contenedores para la recolección segregada de los residuos y a la falta de instalaciones destinadas al acopio de estos residuos. La carencia de contenedores en el municipio es evidente, en la cabecera municipal se tienen contabilizados menos de 10 papeleras para la disposición de RSU y ubicados únicamente en la Plaza principal, los cuales siempre se encuentran en su máxima capacidad. Por ello se plantea la instalación de contenedores y un centro de acopio municipal en colaboración con la iniciativa privada para la recolección segregada de los residuos. Los contenedores serán instalados en primera instancia en las comunidades más lejanas y de difícil acceso, y con mayor generación de residuos sólidos, además estarán bajo cuidado del representante de la comunidad y notificarán a la Coordinación de Limpia cuando sea necesario su recolección. La elección de los contenedores deberá considerar un uso rudo, protección a los rayos del sol, minimizando el desgaste. Así mismo, deberán contar con tapas que eviten la salida de malos olores y la generación de focos de infección, además que impidan la entrada de agua. Esquinas redondeadas en el interior que eviten acumulación de residuos, 4 ruedas giratorias para mejor desplazamiento y estar fabricados bajo normas y estándares internacionales. Además se propone la instalación de al menos 25 papeleras de 50 litros para la recolección de residuos sólidos urbanos en las principales avenidas y calles del municipio.

10.8 Creación de una estación de transferencia de residuos

Dado que el sitio de disposición final donde dispone actualmente el municipio de Acambay se encuentra ubicado en San Juan del Rio Qro, a más de 80 km de distancia y 4 horas de trayecto ida y vuelta, y a la poca viabilidad de la creación de un Centro Integral de Residuos se propone la creación de infraestructura que permita a los camiones recolectores transferir los RSU a vehiculos de carga de gran tonelaje, para posteriormente ser transportados para su aprovechamiento o para su disposición final. Lo anterior contribuye a

disminuir las emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera, esto debido a que los recorridos y el número de viajes que realizan los vehículos recolectores se llevan a cabo con menor frecuencia (SEDEMA, 2014).

10.9 Inversión de equipamiento

Es ineludible adquirir nueva maquinaria para brindar un mejor servicio de recolección de RSU para ello se muestra en la Tabla 20 el equipamiento mínimo necesario para cumplir con los objetivos planteados.

Tabla 20. Inversión de maquinaria.

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Costo total
Camión recolector Rabón	5	\$1,500,000.00	\$7,500,000.00
Compactador de Basura International			
Camioneta pick up Marca Nissan Modelo Np-300	3	\$370,000.00	\$1,110,000.00
Contenedor con capacidad de 1,000 litros	25	\$6,660.00	\$2,830,500.00
Papelera de polietileno de alta densidad con capacidad de 50 litros	50	\$780.00	\$39,000.00
		Subtotal	\$10,440,500.00

Para poder acceder a la asistencia técnica y financiera, se deberá desarrollar un programa de trabajo y un presupuesto para el desarrollo de un plan de gestión sustentable de residuos centrado principalmente en la adquisición de unidades para la recolección segregada de RSU, incluyendo las necesidades originadas por el mantenimiento y reparación.

A través de un programa de verificación se buscará el registro y certificación de cada una de las unidades recolectoras que estén dispuestas a cumplir con los aspectos de propiedad y regularización del vehículo, seguridad mecánica, estado general, verificación de emisiones a la atmósfera, certificación de la zona en la que actualmente trabaja, capacitación al personal operativo, capacitación en seguridad e higiene del trabajo, presentación de un programa de mantenimiento preventivo y compromiso de seguimiento de la micro ruta de recolección asignada. Solo los vehículos verificados mediante este sistema se les podrán asignar una ruta específica de recolección, la cual será supervisada por la Dirección de Servicios Públicos.

Por ello se deberán adquirir 5 camiones recolectores, para reemplazar las unidades donde no es viable la reparación para dar un total de 10 vehículos, los cuales serán operados en 2 turnos en la zona centro y uno para las localidades lejanas, lo cual implica 10 choferes y 3 ayudantes por camión; en la Tabla 21 se observa los salarios mensuales de este personal.

Tabla 21. Costos de operación asociados a la prestación del servicio de recolección.

Tipo de personal	Cantidad	Salario promedio Mensual	Total Mensual	Total Anual
Chofer	10	\$6,000.00	\$60,000.00	\$720,000.00
Ayudante	30	\$4,000.00	\$240,000.00	\$2,880,000.00
		Subtotal	\$300,000.00	\$3,600,000.00

Así mismo, se contemplará los costos de operación variables asociados a las unidades recolectoras que se adquirirán (Tabla 22), en primer lugar los gastos de mantenimiento preventivo el cual es del 5% del valor del vehículo y se hará cada mes y en segundo lugar los insumos necesarios para que los camiones recolectores den un adecuado servicio de recolección.

Tabla 22. Costos de operación variable para la prestación del servicio de recolección.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total Mensual	Total Anual
Gasto de mantenimiento preventivo de unidades de recolección.	10	\$42,500.00	\$425,000.00	\$5,100,000.00
Insumos para los camiones recolectores (diésel, aceites, lubricantes, etcétera.)	10	\$8,000.00	\$80,000.00	\$960,000.00
		Subtotal	\$505,000.00	\$6,060,000.00

Por lo tanto, si se suman los costos mencionados anteriormente, significa que el gobierno local deberá gastar la cantidad de \$20,100,500.00, además es necesario incluir los gastos por concepto de recolección y disposición final de residuos sólidos, los cuales se estiman en \$2660 pesos diarios, en promedio \$434.00 por t recolectada y \$122.00 por t dispuesta (SEMARNAT, 2020). De aquí la urgencia de buscar incentivos y fondos para fomentar y promover la economía circular como una alternativa que permite recuperar parte de los costos asociados a la gestión de los RSU a través del reciclaje y valoración de los residuos.

10.10 Diseño de un Centro Integral de Residuos y Cooperación Intermunicipal

No contar con un sitio de disposición final propio es un serio problema al que se enfrenta el municipio de Acambay, por ello, demanda una estrategia para el diseño de un sitio de disposición final de RSU con dos objetivos fundamentales, el primero, dar cumplimiento a la normatividad existente en la materia y el segundo, contempla la capacidad de controlar los impactos ambientales que los residuos urbanos puedan ocasionar, a través de una infraestructura acorde a las necesidades.

Por las condiciones actuales de industrialización y consumo que generan afectaciones al medio ambiente y a la salud humana y por la creación de políticas ambientales federales y estatales, como la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA20-SeMAGEM-RS-2019, se pretende regular la gestión de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial mediante la conversión de los sitios de disposición final existentes a Centros Integrales de Residuos (CIR). La misma NTEA define a los Centros Integrales de Residuos como instalaciones cuyo objetivo es el aprovechamiento, tratamiento o destino final de residuos, conforme a la normatividad aplicable o las mejores prácticas internacionales, en los CIR se podrán contemplar procesos para el aprovechamiento y tratamiento incluyendo: acopio, separación, valorización, estaciones de transferencia, compostaje, biodigestión, transformación, recuperación, entre otras; extracción o aprovechamiento del biogás generado por los residuos para la generación de energía o combustibles alternos provenientes de residuos sólidos urbanos y de manejo especial cumpliendo con la normatividad aplicable (Gobierno del Estado de México, 2019).

De acuerdo a la NOM-083 (SEMARNAT, 2003) y a los resultados obtenidos en primera instancia se propone la construcción de un sitio de disposición tipo “C” este es un sitio de disposición final que recibe un tonelaje diario de 10 y menor a 50 toneladas de RSU, además deberá apegarse a los estudios y análisis previos requeridos para la construcción de Sitios de Disposición Final señalados en la misma norma. No obstante, la reciente Norma Técnica Estatal ambiental NTEA20-SeMAGEM-RS-2019 establece que solo se podrán instalar Centros Integrales de Residuos en municipios de más de 100,000 mil habitantes, a

menos que por considerarse técnicamente adecuado para la operatividad de las Regiones Ambientales lo determine la Secretaría, sumado a que la construcción de un CIR requiere de recursos técnicos, financieros, y humanos muy altos. Además, en lugares donde han prohibido el uso de sitios de disposición final han visto multiplicarse en exceso las plantas de producción de energía a partir de los residuos (Muznik, 2017).

Bajo ese escenario es importante señalar que no parece factible la creación de más centros de disposición final. Por ello es clave incluir una regionalización con los municipios colindantes que no cuenten con un relleno sanitario con el fin de evitar cambios de uso de suelo y equipar y mejorar los existentes, es decir, una cooperación intermunicipal para poder realizar una adecuada gestión integral de los residuos sólidos, mediante la optimización de los recursos económicos, humanos y materiales y el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos valorizables (Contreras, 2017).

11 Conclusiones

Del diagnóstico elaborado sobre los residuos sólidos en el municipio de Acambay de Ruiz Castañeda en el ámbito de la Generación Per Cápita promedio para el sitio de estudio fue de 0.307 kg/hab/día. Así mismo, los estudios de esta investigación confirman diferencias en la composición de residuos sólidos para los estratos socioeconómicos en que se dividió el sitio de estudio, principalmente en las fracciones orgánica, sanitaria y tecnológica.

Para el índice de rechazo de residuos muestran que más de la mitad de los residuos sólidos generados tienen un alto potencial para ser reciclados o utilizados como combustibles; por lo tanto, las estrategias que se requieren para una transición a una economía circular implican un cambio hacia reutilización y valorización de los residuos así como, cambios en los hábitos de consumo de la población.

Como balance final se tiene que el Ayuntamiento de Acambay se encuentra trabajando bajo un enfoque básico de gestión de residuos, donde se lograron identificar una serie de problemas que disminuyen la eficiencia de atención en cada uno de los rubros, por lo que una transición hacia una economía circular puede ser una solución como propuesta al fenómeno de la degradación ambiental local del municipio porque permite una recuperación de recursos

a través de reutilizar y reciclar minimizando los residuos y constituye una alternativa al modelo lineal de extraer, producir, consumir, y tirar.

12 Recomendaciones

Deben continuar los esfuerzos dirigidos a la investigación aplicada, a fin de desarrollar una mayor cantidad de estudios, especialmente en la generación de residuos sólidos urbanos no domésticos, de tal manera que se obtenga una demostrada representatividad de la cantidad total de residuos sólidos generados en el municipio.

Es importante destacar la necesidad de crear y hacer de conocimiento a la población el Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los residuos, para la implementación de una política municipal adecuada en la materia, además de actualizar la normatividad municipal y homologarla con relación a la normatividad estatal y federal, toda vez que la primera, no es acorde con los objetivos planteados por la Federación y el Estado.

En términos de gestión y manejo de residuos es necesario que el gobierno municipal en conjunto con la ciudadanía se involucre activamente en mejorar y desarrollar cada una de las acciones propuestas, además de invertir en infraestructura y fomentar el uso de nuevas tecnologías que permitan el reciclaje de un mayor número de residuos para cumplir con el modelo circular propuesto y optimar el servicio de recolección de los residuos sólidos urbanos en el municipio.

13 Referencias

Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F., y Zepeda, F. (1997). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Inter-American Development Bank.

Afroz, R., Hanaki, K., y Tudin, R. (2010). Factors affecting waste generation: a study in a waste management program in Dhaka City, Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment*, 179(1-4), 509–519.

Aguilar V. Q., Armijo-de Vega, C., Taboada G. P., y Aguilar, X. M. (2010). Potencial de recuperación de residuos sólidos domésticos dispuestos en un relleno sanitario. *Revista de ingeniería*, 15 (32), 16-27.

Al-Momani, A. H. (1994). Solid waste management: Sampling, analysis and assessment of household waste in the city of Amman. *International Journal of Environmental Health Research*, 4, 208–222

Alegre, M., Cantanhede, A., y Sandoval, L. (1995). Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. Cepis. División de Salud, HEP/OPS, Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), España.

Araiza A. J. A., Chávez M., J. C., y Moreno P, J. A. (2017). Cuantificación de residuos sólidos urbanos generados en la cabecera municipal de Berriozábal, Chiapas, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(4), 691-699.

Arín-Gemme, L. (2020). Economía Circular aplicada al Sector Servicios.

Armijo, C., Aguilar, Q., Taboada, P., Lozano, G., y Buenrostro, O. (2009). Comparación de la composición de residuos sólidos en una comunidad urbana y una rural de baja california, México: retos para su manejo adecuado.

Arzate, E., (2019). Valorización energética, una alternativa a la gestión de residuos sólidos urbano. *Forbes*. México. (Consultado el 20 de enero de 2021 en <https://www.forbes.com.mx>).

Ayuntamiento de Acambay de Ruíz Castañeda. (2016). Atlas de Riesgos Acambay de Ruíz Castañeda. Coordinación Dirección General de Protección Civil del Estado de México.

Ayuntamiento de Acambay de Ruíz Castañeda. (2019). Plan de Desarrollo Municipal de Acambay de Ruiz Castañeda (2019-2021). Gobierno del Ayuntamiento de Acambay de Ruíz Castañeda.

Ayuntamiento de Acambay de Ruíz Castañeda. (2020). Bando Municipal 2020. Gobierno del Ayuntamiento de Acambay de Ruíz Castañeda.

Barratt, A. S., Arnoult, M. H., Ahmadi, B. V., Rich, K. M., Gunn, G. J., y Stott, A. W. (2018). A framework for estimating society's economic welfare following the introduction of an animal disease: the case of Johne's disease. *PLoS One*, 13(6), e0198436.

Baumer-Cardoso, M. I., Campos, L. M., Santos, P. P. P., y Frazzon, E. M. (2020). Simulation-based analysis of catalyzers and trade-offs in Lean y Green manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118411.

Bonmatí, A. (2008). Capítulo 8: Gestión y tratamiento de residuos sólidos urbanos. Capítulo 8, 1000-1036.

Cabrera-González, C. A. (2014). Propuesta para una gestión sustentable de residuos sólidos urbanos en el municipio de Metepec, Estado de México. Tesis de Licenciatura en

Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México.

Calva C. y Rojas, R. (2014). Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio de Mexicali, México: retos para el logro de una planeación sustentable. *Información tecnológica*, 25(3), 59-72.

CalRecycle, (2012). Department of Resources Recycling and Recovery. Available. (Consultado el 4 de marzo de 2021 en <https://www.calrecycle.ca.gov>).

Castellanos Cereceda, R. (2018). Objetivos de Desarrollo Sostenible en México y América Latina: retos comunes para una agenda compartida. *Aprendiendo del pasado, preparándonos para el futuro*.

Castillo-González, E., y De Medina-Salas, L. (2014). Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(1), 81-90.

CELADE-CEPAL (2004). Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía Comisión Económica para América Latina y el Caribe. *La fecundidad en América Latina: ¿transición o revolución?* Organización de las Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile, 497 pp.

CEPAL, N. (2018). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*.

Cerdá, E., y Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 401, 11-20.

Cervantes Niño, J. J, y Palacios Hernández, L. (2012). El trabajo en la pepena informal en México: nuevas realidades, nuevas desigualdades. *Estudios demográficos y urbanos*, 27(1), 95-117.

Chang, G. (2002). *La basura: una montaña de problemas*. República Dominicana.

COESPO. (2016). *Cuaderno Estadístico/Encuesta Intercensal 2015*. Gobierno del Estado de México, México.

Cohen, M. J. (2020). Does the COVID-19 outbreak mark the onset of a sustainable consumption transition?

CONAGUA (2007). *Datos Básicos del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS)*. Comisión Nacional del Agua. Manual. México, D.F. 87 pp.

CONAPO. (2014). *Dinámica demográfica 1990-2010 y proyecciones de población 2010-2030*

CONAPO (2016), Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2015: <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indice-de-marginacion-por-entidad-federativa-y-municipio-2015>

CONAPO. (2020). Proyecciones de la población de los municipios de México 2015-2030. Consejo Nacional de Población. (Consultado el 08 de abril de 2020 en <https://www.gob.mx/conapo/documentos/proyecciones-de-la-poblacion-de-los-municipios-de-mexico-2015-2030?idiom=es>)

CONEVAL. (2020). Medición de la pobreza. ¿Qué es el índice de rezago social? (Consultado el 07/09/2020 en <https://www.coneval.org.mx>).

Congreso Nacional. (1994). Ley N° 19.300. Sobre Bases generales del Medio Ambiente. Chile

Contreras, M. A. (2017). Programa Intermunicipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos para la Región II, Estado de México. Tesis de Licenciatura en Planeación Territorial. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. México

Cyranek, G., y Silva, U. (2010). Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

DBGIR. (2012). Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental.

De Medina S.L., Castillo G.E., Romero L.R. y Jamed B.L.O. (2012). Analysis of the per capita generation of municipal solid waste by socioeconomic strata in Veracruz, México, using a statistical experimental design. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering* 6, 138-146.

De Medina S. L., Castillo E., Romero L.R. y Jamed B.L.O. (2013). Analysis of the daily per capita generation of municipal solid waste in the central region of Veracruz, México, using a statistical experimental design. *Waste Manage.* 33, 251-254.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2018, 19 de enero). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (Consultado el 24 de abril de 2020 en www.diputados.gob.mx).

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2020). PROGRAMA Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024. (Consultado el 02 de febrero de 2021 en <https://www.dof.gob.mx>)

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2013). Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Que Establece los Criterios Para Clasificar a los Residuos de Manejo Especial y Determinar Cuáles Están Sujetos a Plan de MANEJO; el Listado de los

Mismos, el Procedimiento para la Inclusión o Exclusión a Dicho Listado; así Como los Elementos y Procedimientos para la Formulación de los Planes de Manejo. (Consultado el 24 de abril de 2020 en <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6633/1/nom-161-semarnat-2011.pdf>).

Diario Oficial de la Federación (DOF). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (1917). H. Secretaría de Servicios Parlamentarios. México. (Consultado el 24 de abril de 2020 en www.diputados.gob.mx).

Diario Oficial de la Federación (DOF). Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de residuos peligrosos última reforma publicada el 30 de noviembre de 2006.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2013) Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 (PROMARNAT).

Díaz, C. E., Alvarado, G. A. R., y Pérez R. C. A. (2018). Estrategias en el manejo de residuos sólidos urbanos en el desarrollo local sostenible, Estado de México.

Díaz-Acosta, R., Shiba-Matsumoto, A. R., y Gutiérrez, J. P. (2015). Medición simplificada del nivel socioeconómico en encuestas breves: propuesta a partir de acceso a bienes y servicios. *Salud pública de México*, 57(4), 298-303.

Donnini M. S., Rodríguez N. A., Akira K. D., Saide. J. A., y de Mattos, T. (2007). Recycling potential of urban solid waste destined for sanitary landfills: the case of Indaiatuba, SP, Brazil. *Waste Management and Research*, 25(6), 517-523.

Dos Santos, A. L. F., y Wehenpohl, G. (2001). De pepenadores y triadores. El sector informal y los residuos sólidos municipales en México y Brasil. *Gaceta ecológica*, (60), 70-80.

Eggleston, S., Buendia, L., y Miwa, K. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Falappa, M. B., Lamy, M., Vazquez, M., y BOHM, L. E. (2019). De una Economía Lineal a una Circular, en el siglo XXI (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Económicas).

FAO (2019). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Roma 2019 (FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments).

García. A. (2013). Programa de Prevención y Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos para el Municipio de Almoloya de Juárez, Estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias en Estudios Ambientales de Sustentabilidad, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.

Gaxiola. H. (1995). Patrones de consumo y basura doméstica en Mexicali. Tesis inédita de Maestría en Arquitectura, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, B.C.

Getahun T., Mengistie E., Haddis A., Wasie F., Alemayehu E., Dadi D., Van Gerven T. y Van der Bruggen B. (2012). Municipal solid waste generation in growing urban areas in Africa: current practices and relation to socioeconomic factors in Jimma, Ethiopia. *Environ Monit Assess.* 184 (10), 6337-6345.

Ghisellini, P., Cialani, C., y Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner production*, 114, 11-32.

Gidarakos, E., Havas, G., y Ntzamilis, P. (2006). Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete. *Waste management*, 26(6), 668-679.

Gobierno del Estado de México. (1995). Constitución Política del Estado libre y soberano de México. (Consultado el 22 de septiembre de 2020 en (<http://legislacion.edomex.gob.mx>).

Gobierno del Estado de México. (2006). Código para la Biodiversidad del Estado de México (Consultado el 22 de septiembre de 2020 en (<http://legislacion.edomex.gob.mx>).

Gobierno del Estado de México. (2009). Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México

Gobierno del Estado de México. (2011). Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-013-SMA-RS-2011, que establece las especificaciones para la separación en la fuente de origen, almacenamiento separado y entrega separada al servicio de recolección de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para el Estado de México. (Consultado el 22 de septiembre de 2020 en <http://legislacion.edomex.gob.mx>).

Gobierno del Estado de México. (2014). Ley Orgánica Municipal del Estado de México. (Consultado el 22 de septiembre de 2020 en <http://legislacion.edomex.gob.mx>).

Gobierno del Estado de México. (2017). Proyecto de Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-016-SEMAGEM-RS-2016, que establece las especificaciones para la prestación de los servicios de barrido y recolección de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para el Estado de México (Consultado el 22 de septiembre de 2020 en <http://legislacion.edomex.gob.mx>).

Gobierno del Estado de México. (2018). Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023. México: Consejo Editorial de la Administración Pública Estatal.

Gobierno del Estado de México. (2019). Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-20-SEMAGEM-RS-2019, para la instalación y operación de los centros integrales de residuos en el Estado de México. (Consultado el 22 de septiembre de 2020 en <http://legislacion.edomex.gob.mx>).

Gomes Mol, M.P., y Caldas, S. (2020) Can the human coronavirus epidemic also spread through solid waste? *Waste Management y Research*, 38(5), 485-486.

Guzmán C. M., y Macías, M. C. H. (2012). El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 20(39), 235-262.

Habitat, U. N. (2010). Solid waste management in the world's cities. *Water and Sanitation in the Worlds Cities*.

Henry, G. y Heinke, W. (1999). *Ingeniería Ambiental*. México, D.F.: Prentice Hall, 1999.

Hernández B. M., Aguilar V. Q., Taboada G. P., Lima M. R., Eljaiek U. M., Márquez B. L., y Buenrostro D. O. (2016). Generation and composition of urban solid waste in Latin America and the Caribbean. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(1), 11-22.

Herrera, G. G., Copa, M. P. P., Cedillo, S. S., y Almeida, J. S. P. (2019). Incidencia del nivel socioeconómico en la generación y composición de residuos sólidos, caso de estudio: cantón Santiago de Píllaro. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4(8), 468-488.

Herrero, L. M. J. (2019). La economía circular en el paradigma de la sostenibilidad. In *Economía circular-espiral: transición hacia un metabolismo económico cerrado* (pp. 27-78). Asociación para la Sostenibilidad y el Progreso de las Sociedades (ASYPS).

Herrero, L. M. J., Lagüela, E. P., Capilla, A. V., Delgado, A. V., Cerdá, E., Larruga, F. J. S.,... y Villanueva, B. (2020). *Economía Circular-Espiral: Transición hacia un metabolismo económico cerrado*.

Hoornweg, D., y Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste: a global review of solid waste management*.

IECM. (2019). *Participación Ciudadana* (Consultado el 10 de enero de 2021 en <https://www.iecm.mx/>).

INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Acambay, México, Clave geo estadística 15001. (Consultado el 20 de abril de 2020 en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/15001.pdf>).

INEGI. (2010). *Residuos Sólidos Urbanos. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2013. Tabulados básicos preliminares*.

INEGI. (2013). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011 (CNGMD)*. INEGI. México.

INEGI. (2014). Residuos Sólidos Urbanos. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales. Tabulados básicos.

INEGI. (2016). Mapa Digital de México (versión 6.1. 0), México.

ISEA (Ingeniería en Sistemas Energéticos y Ambientales S.A. de C.V.), 2015. Estudio de la generación y composición de los RSU.

Kampf, G., D. Todt, S. Pfaender, and Steinmann E. M. (2020). “Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents,” *Journal of Hospital Infection*, vol. 104, no. 3. W.B. Saunders Ltd, pp. 246–251,

Kayhanian M, Lindenauer K, Hardy S., y Tchobanoglous G. (1991). High-solids anaerobic digestion /aerobic composting process. In: *The Biocycle Guide to The Art & Science of Composting*, The JG Press, Inc. pp. 80–86.

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., y Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*. The World Bank.

Kiss, G., Flores, S., Encarnación, G., y Solórzano, G. (2008). Caracterización del biogás generado en sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos en lugares seleccionados de la zona centro México. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*. Investigación, desarrollo y práctica, 1(4).

Kowszyk, Y., y Maher, R. (2018). Estudios de caso sobre modelos de Economía Circular e integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en estrategias empresariales en la UE y ALC. Hamburgo: Fundación EU-LAC.

Kruskal WH, Wallis WA. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47(260): 583-621.

Lett, L. A. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Revista argentina de microbiología*, 46(1), 1-2.

Lugo, P, E., Ruiz, P, A., y Serrano, P, E. 2012. *Acambay 100 años después 1912-2012*. 1ª, edición. Consejo Editorial de la Administración Pública Estatal. Estado de México, México. 121 pp.

MacArthur, F. E. (2014). *Hacia una economía circular: Resumen ejecutivo*.

MacArthur, F. E. (2015). *Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada*. Disponible en <https://www.ellenmacarthurfoundation.org>.

Martínez, A., y Porcelli, A. (2018). El desafío del cambio económico: la economía circular y su excepción en las diferentes legislaciones y en la normativa voluntaria. *Revista Pensar en Derecho*, (13), 129-181.

MASERA (2007). Proyecto ejecutivo para el saneamiento y construcción de dos celdas de disposición final de residuos sólidos urbanos, en el municipio de Zinacantepec, Estado de México. Mantenimientos y Servicios Ambientales S.A. de C.V. Promotores MASERA y Ejido San Luis Mextepec. México. 66-79

McDonough, W., y Braungart, M. (2010). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North point press.

Monavari, S. M., Omrani G.A., Karbassi A. y Raof F.F. (2012). The effects of socioeconomic parameters on household solid-waste generation and composition in developing countries (a case study: Ahvaz, Iran). *Environ Monit Assess.* 184 (4), 1841-1846.

Murphy, S., y Pincetl, S., (2013). Zero waste in Los Angeles: Is the emperor wearing any clothes? *Resour. Conserv. Recycl.* 81, 40-51.

Muznik, S. (2017). Deliver or pay, or how waste incineration causes recycling to slow down. *Zero Waste Europe*.

Naciones Unidas. (2019). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019.

Naciones Unidas. (2020). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020.

Nemenyi PB. 1963. Distribution-free multiple comparisons. PhD thesis. Princeton University, Princeton, USA

Núñez, M. Q. (2006). Contaminación y medio ambiente en Baja California. UABC.

Ojeda, L., y Quintero, W. (2008). Generación de residuos sólidos domiciliarios por periodo estacional: el caso de una ciudad mexicana. In I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Castellón.

Ojeda, S., de Vega, C. A., y Ramirez, B. M. E. (2003). Characterization and quantification of household solid wastes in a Mexican city. *Resources, Conservation and Recycling*, 39(3), 211-222.

Ojeda, S., y Beraud, J. L. (2003). The municipal solid waste cycle in Mexico: final disposal. *Resources, conservation and recycling*, 39(3), 239-250.

OPS. 2003. Evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales, informe analítico de México/evaluación 2002.

Pacheco, H., Beverly, K. y Chamorro Matos, A. (2009). Caracterización de residuos domiciliarios del distrito de Matucana. *Revista de Investigación Universitaria.* 1, 59-66

Porcelli, A. M., y Martínez, A. N. (2018). Análisis legislativo del paradigma de la economía circular. *Revista Direito GV*, 14(3), 1067-1105.

Quadri, G., Wehenpohl, G., Sánchez-Gómez, J., López-Villalobos, A., y Nyssen-Ocaranza, A. (2003). La basura en el limbo: desempeño de gobiernos locales y participación privada en el manejo de residuos urbanos. Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental. SEMARNAT.

Quispe, J. E. T. (2014). Representaciones sociales de la población de la ciudad de Puno sobre gestión de residuos sólidos. *Revista de Investigaciones Altoandinas-Journal of High Andean Research*, 16(01).

Red Española de Ciudades por el Clima (RECC) (2007). Gestión de residuos municipales y limpieza viaria. Guía divulgativa, 2da Ed., Madrid.

Reyes, C. M. (2019). Propuesta de Educación para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en Tejupilco de Hidalgo, Estado de México. Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca. México.

Rhyner, L. S. (1995). *Waste Management and Resource Recovery*. Florida: CRC-Press.

Rodríguez Valencia, J. (1990). Estudio de sistemas y procedimientos administrativos.

Rojas, F., y De la Cerda, V. (2020) ¿Cuáles son los impactos del COVID-19 en la industria del reciclaje? (Consultado el 05 de febrero de 2021 en <https://www.comunicarseweb.com/noticia/cuales-son-los-impactos-del-covid-19-en-la-industria-del-reciclaje>).

Romero, J.F. y A. Velázquez., (1999). “La región de montaña del sur de la Cuenca de México: una revisión de su importancia biológica” en *La Biodiversidad de la Región de Montaña del sur de la Cuenca de México*. (Romero, J.F. y A. Velázquez, eds.). Universidad Autónoma Metropolitana. México. D.F.

Quadri, G., Wehenpohl, G., Sánchez-Gómez, J., López-Villalobos, A., y Nyssen-Ocaranza, A. (2003). La basura en el limbo: desempeño de gobiernos locales y participación privada en el manejo de residuos urbanos. Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Gobierno del Estado de México. Documento del Proyecto: “Proyecto de apoyo a la gestión de residuos sólidos en el Estado de México”, México.

Sánchez, J., y Estrada, R. (1996). Estaciones de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas. Instituto Nacional de Ecología.

Sarkis, J., Cohen, M. J., Dewick, P., y Schröder, P. (2020). A Brave New World: Lessons from the COVID-19 Pandemic for Transitioning to Sustainable Supply and Production. *Resources, Conservation and Recycling*, 104894.

SECOFI (1985a). Norma Mexicana NMX-AA-015-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Muestreo – Método de Cuarteo. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

SECOFI (1985b). Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales– Selección y Cuantificación de Subproductos. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

SECOFI (1985c). Norma Mexicana NMX-AA-061-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales– Determinación de Generación. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

SEDEMA. (2014). Inventario de residuos Sólidos Capítulo 2. Infraestructura para el manejo de residuos sólidos.

SEDESOL. (2005). Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales.

SEDESOL. (2013). Sistema de Apoyo para la Planeación del PDZP. (Consultado el 31 de julio de 2020 en <http://www.microrregiones.gob.mx>).

SEDESOL. (2017). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2017. Subsecretaria de Planeación, Evaluación y Desarrollo Regional.

SEDUR, Secretaría de Desarrollo Urbano, (2004). “Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Jiquipilco, 2004” en Gaceta del Gobierno. No. 40, Febrero 2004, pp. 43-121.

SeMAGEM. (2009). Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México, 2009, Secretaría del Medio ambiente, Gobierno del Estado de México.

SeMAGEM (2020). Normas Técnicas Estatales Ambientales. (Consultado el 20 de abril de 2020 en <https://dgoia.edomex.gob.mx/>).

SEMARNAT. (2003). Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT, (2005). Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005: que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

SEMARNAT. (2015). Convenio de Basilea. Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación. (Consultado el 03 de julio de 2020 en <https://www.gob.mx/>).

SEMARNAT. (2016). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. SEMARNAT. México

SEMARNAT. (2017). Información sobre residuos sólidos urbanos. (Consultado el 24 de abril de 2020 en <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>).

SEMARNAT. (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. Primera edición, mayo 2020.

Song, Q., Li, J., y Zeng, X. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production*, 104, 199-210.

Tecorralco, A., Aragón, B., Vázquez, A., Espinosa, V. R., Velasco, M. Cruz, A. (2020). Prácticas de seguridad e higiene en la recolección de residuos en el contexto del COVID-19: un ensayo de ciencia ciudadana. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México.

Tello, P., Martínez, E., Daza, D., Soulier, M., y Terraza, H. (2010). Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010. IDB Monograph Infrastructure and Environment Sector. Water and Sanitation Division.

Taboada, P. A., Armijo, C., Aguilar, Q., Ojeda, S., y Aguilar, X. (2009). Métodos para la determinación de generación de residuos en comunidades rurales. In *Proceedings of the II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, REDISA*, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia (pp. 554-560).

Torre-Marín, G. C., Granados, R. S., Herrera, G. R., y Martínez, F. R. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Ingeniería*, 13(1), 63-70.

Unión europea (1998), Directiva 2008/98/CE de residuos.

Wamsler, C. (2000). El sector informal en la separación del material reciclable de los residuos sólidos municipales en el Estado de México. Secretaría de Ecología. Dirección General de Normatividad y Apoyo Técnico. Proyecto de apoyo a la gestión de residuos sólidos.

Waste. (2020). "COVID-19 Sparks Downturn in U.S. Commercial Recycling," *Waste* 360.

Wehenpohl, G., Hernández Barrios, C. P., Rodríguez Salinas, M. A., y Escudero Quijano, I. (2006). Guía para la elaboración de programas municipales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos. Guía para la elaboración de programas municipales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos. SEMARNAT/GTZ.

WHO (World Health Organization) and UNICEF, "Water, sanitation, hygiene and waste management for the COVID-19 virus," 2020.

World Bank Group (WBG) (2018). “What a Waste 2.0. A global Snapshot of Solid Waste Management to 2050”. World Bank Group.

World Economic Forum. Global Risks 2014. Ninth Edition, Geneva, Switzerland. 2014.

WWF (2018). Global Footprint Network. (Consultado el 11 de noviembre de 2020 en: <https://www.footprintnetwork.org>).

Zhang, D., Huang, G., Yin, X., y Gong, Q. (2015). Residents’ waste separation behaviors at the source: Using SEM with the theory of planned behavior in Guangzhou, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8), 9475–9491.

Zhang, D., Cao, H., y Zou, P. (2016). Exuberance in China's renewable energy investment: rationality, capital structure and implications with firm level evidence. *Energy Policy*, 95, 468-478.

Zorpas, A. A., y Lasaridi, K. (2013). Measuring waste prevention. *Waste Management*, 33(5), 1047-1056.

14 Anexos

Anexo 1. Cuestionario aplicado a la muestra de ciudadanos seleccionada.

1. ¿Sabe usted que son los residuos sólidos urbanos?
2. ¿Tiene conocimiento de la Normatividad Ambiental aplicable a residuos?
3. ¿Sabe dónde se disponen los residuos Sólidos generados en su municipio?
4. ¿Separa y dispone en al menos orgánicos e inorgánicos los residuos sólidos que Ud. genera?
5. ¿Sabe Ud. que es el reciclaje?
6. ¿Qué materiales ha reciclado?
7. Suponga que el municipio de Acambay implementa un programa de reciclaje, Ud. ¿Estaría dispuesto a entregar la basura en dos bolsas diferentes, en una bolsa orgánicos y en otra inorgánicos?
8. ¿Cree U. que hay suficientes puntos de reciclaje y botes para la adecuada disposición de los residuos sólidos en el municipio de Acambay?
9. ¿Sabe Ud. elaborar una composta?
10. Suponga que el municipio implementa un programa de reciclaje de residuos orgánicos, ¿Estaría dispuesto a capacitarse para elaborar su propia composta?
11. ¿Cuántas veces pasa el camión recolector por su domicilio?
12. ¿Cómo deposita su basura si el camión pasa por su domicilio?
13. Cuando el camión recolector no pasa por su domicilio ¿Qué hace con la basura?
14. Sabe Ud. ¿Qué es el Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos?
15. ¿Estaría comprometido a cumplir con el programa una vez implementado?
16. Cuando ha tenido un problema con el servicio de recolección ¿Lo ha reportado?
17. ¿Su opinión sobre el servicio de recolección es?
18. ¿Paga propina por el servicio de recolección de residuos?

Anexo 2. Cuestionario para Tomadores de Decisión

Esta encuesta tiene como objetivo conocer su opinión sobre las acciones a realizar en el municipio de Acambay.

Sexo: _____ Edad: _____ Fecha: _____

De las siguientes estrategias cuáles considera usted importantes para el buen manejo de los residuos sólidos.

Instrucciones: Califique cada una de las estrategias que se mencionan, colocando una X en la opción de su preferencia.

1 Indeseable 2 Sin importancia 3 Indiferente 4 Importante 5 Muy importante

¿Considera que... es?	1	2	3	4	5
Proporcionar equipo a los trabajadores de barrido (uniforme, guantes, botas, escobas, carretillas, etc.)					
Colocar contenedores en las calles principales para separar orgánicos e inorgánicos					
Colocar contenedores en las tiendas y comercios					
Colocar contenedores en las escuelas y espacios públicos para depositar por separado orgánicos e inorgánicos					
Comprar nuevos vehículos					
Dar mantenimiento preventivo a los vehículos de recolección					
Separar desde los domicilios los residuos en: orgánicos, inorgánicos, sanitarios					
Crear una planta para elaborar composta					
Impartir talleres de educación ambiental					
Impartir talleres para la elaboración de composta					
Construir un centro de transferencia (lugar para separar, valorizar y almacenar temporalmente residuos)					
Construir un Centro Integral de Residuos Sólidos (sitio de disposición final de residuos que cumple la Norma NTEA-20-SeMAGEM-RS-2019)					
Construir un centro de acopio (instalaciones operadas por la administración municipal o delegacional que tienen por objeto captar materiales seleccionados para dar un confinamiento adecuado o canalizarlos a procesos de reciclaje					
La integración de un consejo de participación ciudadana en materia de residuos sólidos urbanos					
Los ciudadano (a)s puedan presentar sus propuestas a través del consejo de residuos que apoye estas acciones					

Solicitar el apoyo de las instituciones de educación superior en sus áreas de investigación afines para el apoyo en la materia					
Una tarifa para MEJORAR el servicio de recolección y disposición final de residuos					
Un reglamento de limpia					
Solicitar el apoyo de instituciones de educación básica para la educación ambiental conjunta					

Anexo 3. Cédula de encuesta de campo para el muestreo de generación de residuos sólidos urbanos en casa habitación de acuerdo a la NMX-AA-61-1985.

No. de muestra _____ fecha _____ municipio _____
 índice de rezago social _____ habitantes por casa _____ frecuencia de recolección mensual _____

No.	Fecha	Peso de los residuos	Generación per cápita	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				