



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**Diagnóstico, análisis y propuestas de la gestión integral de los
residuos en México**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN INGENIERÍA SANITARIA

PRESENTA:

ING. PEDRO ERICK GARCÍA VILLEGAS

DIRECTOR DE TESINA: **M. I. ALBA BEATRIZ VÁZQUEZ GONZÁLEZ**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX.

NOVIEMBRE 2020

Contenido

Índice de figuras.....	4
Índice de Tablas	6
Dedicatorias	7
Agradecimientos	8
Objetivo.....	9
Introducción.....	10
Capítulo 1 Gestión Integral de los Residuos Sólidos.....	11
1.1. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).....	11
1.1.1. Definición de residuo y clasificación de acuerdo con la LGPGIR.	12
1.2. Etapas de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.....	13
1.2.1. Generación	14
1.2.2. Recolección, Transferencia y Transporte.....	14
1.2.3. Tratamiento.....	15
1.2.4. Disposición final.....	15
Capítulo 2 Características del medio natural, socioeconómico e infraestructura en México.....	16
2.1. Medio Natural.....	16
2.2. Población.....	17
2.3. Infraestructura en materia de residuos en México.....	19
Capítulo 3 Diagnóstico y análisis de la gestión integral de los residuos.....	27
3.1. Diagnóstico de la gestión integral de los residuos.....	27
3.1.1. Generación.....	27
3.1.2. Recolección.....	30
3.1.2.1. Recolección selectiva.....	32
3.1.2.2. Métodos de recolección	32
3.1.3. Transferencia.....	33
3.1.4. Tratamiento y aprovechamiento de residuos.....	34
3.1.4.1. Plantas de tratamiento de residuos.....	34
3.1.4.2. Centros de acopio.....	36
3.1.4.3. Recuperación informal de materiales reciclables (Pepena).....	38
3.1.5. Disposición final.....	38
3.1.6. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del sector residuos y cambio climático.....	40
3.2. Análisis de la gestión integral de los residuos en México.....	41

Capítulo 4 Revisión de tendencias y recomendaciones en la gestión de residuos en el mundo.	44
4.1. Tendencias actuales en la gestión de residuos en el mundo.	48
4.1.1. Responsabilidad Extendida del Productor (REP).	48
4.1.1.1. Responsabilidad compartida en México.	49
4.1.2. Políticas Cero Residuos.	50
4.1.2.1. Política cero residuos en México.	51
4.1.3. Cooperación entre gobierno nacional y municipal en la gestión de residuos municipales en Japón.	53
4.1.3.1. Cooperación entre gobierno nacional y municipal en la gestión de residuos en México. 54	
4.2. Recomendaciones para la gestión integral de residuos en el mundo.	54
4.2.1. Unión Europea (UE)	54
4.2.2. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS).	56
4.2.3. Organización de las Naciones Unidas (ONU).	57
Capítulo 5 Propuesta de acciones para mejorar la gestión integral de residuos en México.	59
5.1. Integración del esquema de la Responsabilidad Extendida del Productor dentro de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	60
5.2. Implementación de un censo específico en materia de residuos.	61
5.3. Formalización del sector informal e integración dentro de la Gestión Integral de los Residuos.	62
5.4. Implementación de un sistema de cobro de tarifas para lograr la sostenibilidad financiera de la gestión.	63
5.5. Planeación y ejecución de campañas para la concientización social en tema de residuos. 64	
5.6. Creación de nuevos planes para la prevención y gestión integral de los residuos.	67
5.7. Promover el financiamiento de la gestión integral de los residuos mediante la venta de bonos de carbono.	68
Capítulo 6 Conclusiones.	70
Referencias.	72

Índice de figuras

Figura 2.1 Contribución al PIB y a la generación de RSU por entidad federativa, 2018. Fuentes: INEGI, Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 2018 SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020.

18

Figura 2.2 Porcentaje de vehículos por tipo (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020)

19

Figura 2.3 Estaciones de transferencia por Entidad Federativa (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020)

20

Figura 2.4 Tipo de proceso en las Plantas de Tratamiento de la FIRSU (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020)

21

Figura 2.5 Tipo de proceso en las Plantas de tratamiento de la FORSU (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020)

21

Figura 2.6 Plantas de Tratamiento por Entidad Federativa (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

22

Figura 2.7 Centros de Acopio por Entidad Federativa (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

22

Figura 2.8 Porcentaje por tipo de disposición final (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

23

Figura 2.9 Rellenos Sanitarios por Entidad Federativa (INEGI, Censos Nacionales de Gobiernos Municipales y Delegacionales, 2013)

23

Figura 2.10 Sitios No Controlados por Entidad Federativa (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020)

24

Figura 2.11 Sitios de Disposición Final por tipo (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020)

25

Figura 2.12 Sitios de Disposición Final por volumen recibido (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020)

25

Figura 3.1 Generación diaria de residuos por Entidad Federativa (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

27

<i>Figura 3.2 Recolección de residuos por estado (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).</i>	30
<i>Figura 3.3 Promedio de cobertura (%) (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).</i>	31
<i>Figura 3.4 Porcentaje de recolección por método empleado (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).</i>	33
<i>Figura 3.5 Residuos enviados a plantas de selección (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).</i>	35
<i>Figura 3.6 Residuos ingresados diariamente a SDF (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).</i>	38
<i>Figura 3.7 Porcentaje de residuos recibidos por tipo de SDF (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).</i>	39
<i>Figura 3.8 Flujo de residuos en México (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020), (Greenpeace, 2019).</i>	43
<i>Figura 4.1 Generación per cápita al día por nivel de ingreso del país (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).</i>	44
<i>Figura 4.2 Porcentaje de residuos que generan los países por nivel de ingreso (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).</i>	45
<i>Figura 4.3 Esquema planteado por el gobierno federal en México para el manejo de los residuos (SEMARNAT, Visión nacional hacia una gestión sustentable: cero residuos., 2019).</i>	52
<i>Figura 5.1 Recolección informal de materiales en Planta de Selección San Juan de Aragón (Foto propia)</i>	62
<i>Figura 5.2 Video “Yo prefiero usar bolsa de tela” (SEDEMA, Campaña de concientización para la Acción Ambiental, 2020). Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=b0Xc3uU6B-4</i>	65
<i>Figura 5.3 Captura de Pantalla del Sitio Web "Waste Wizard" de la ciudad de Toronto, Canadá. Recuperado de https://www.toronto.ca/services-payments/recycling-organics-garbage/waste-wizard/</i>	66

Índice de Tablas

<i>Tabla 3.1 Composición de los residuos en México.</i>	29
<i>Tabla 3.2 Materiales recuperados en plantas de separación.</i>	35
<i>Tabla 3.3 Promedio diario de materiales reciclables recibidos en Centros de Acopio.</i>	37
<hr/>	
<i>Tabla 4.1 Composición de residuos de acuerdo con el nivel de ingreso.</i>	46
<i>Tabla 4.2 Métodos de disposición por nivel de ingreso.</i>	47

Dedicatorias

A mis padres:

José Pedro y Jubelina, por ser el mejor ejemplo que pude tener, por ser inspiración y apoyo incondicional.

A mi hermana:

Cinthya, por ser mi mejor amiga, por enseñarme a ser valiente y seguir mis sueños.

A mi familia,
porque no importa la distancia, se que siempre estarán alentándome.

A mis amigos:

Jazmín, Santos, Cinthya y Alina,
por todas esas risas y momentos inolvidables.
Gracias por ser parte de mi vida y permitirme verlos crecer.

A mis amigos de la especialidad:

Dafne, Carlos, Eder y Rashid,
por este tiempo que compartimos,
lleno de risas y buenas experiencias.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme formar parte de ella y por brindarme oportunidades que agradeceré toda la vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por darme el apoyo económico para llevar a cabo mis estudios de especialización y la realización de este trabajo.

A la M.I. Alba B. Vázquez González, por su invaluable apoyo para la realización de esta tesina, por sus consejos y por su gran vocación en la formación de futuros ingenieros especialistas.

A el Dr. Enrique César Valdez, por brindarme su apoyo y orientarme acerca de este campo del conocimiento, por ser un ejemplo para muchos ingenieros.

Al Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, por siempre estar dispuestos a escuchar y orientarme, por su apoyo y compañerismo.

Al Programa de Especialización en Ingeniería Sanitaria, por expandir mis horizontes y permitirme desarrollar nuevas habilidades.

Objetivo

Elaborar un diagnóstico sobre la situación actual de la gestión integral de los residuos en México, para identificar, analizar y proponer acciones para su mejoramiento considerando las tendencias actuales en este rubro.

Introducción

Las actividades humanas conllevan a la producción de millones de toneladas de desechos diariamente, cuyo manejo se ve superado por la gran cantidad producida. Es por eso, que surge la necesidad de plantear alternativas para su adecuado manejo, desde su generación hasta su disposición final, a esto se le conoce como *Gestión Integral de los Residuos Sólidos*.

Sin embargo, la gestión integral de los residuos presenta deficiencias que implican problemas ambientales, económicos y sociales, los cuáles se agudizan debido a las escasas acciones ejecutadas para su mejora.

Debido a ello, este trabajo dividido en seis capítulos tiene como finalidad generar un diagnóstico de la gestión integral de los residuos, realizar un análisis y plantear soluciones para los problemas a los que la gestión se enfrenta.

En el capítulo I, se describe la gestión integral de los residuos sólidos en México. A continuación, el capítulo II expone las características del escenario natural y socioeconómico, además de la infraestructura del país, relacionada con la gestión de los residuos sólidos.

En el capítulo III, se desarrolla un diagnóstico de la gestión en México, para su análisis detallado e identificación de las principales problemáticas.

El capítulo IV desarrolla la situación actual de la gestión integral de los residuos en el mundo, las tendencias actuales que han sido aplicadas en otros países y su comparación con lo que ocurre en la gestión mexicana. Además, se presentan recomendaciones para la gestión que han sido publicadas por diversos organismos internacionales.

En el capítulo V, se plantean diversas acciones para dar solución a las diferentes problemáticas a las que se enfrenta la gestión integral de los residuos en México.

Las conclusiones obtenidas como resultado del trabajo que se presenta se incluyen en el capítulo VI.

Capítulo 1 Gestión Integral de los Residuos Sólidos.

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la gestión integral se define como:

“Un conjunto interrelacionado de acciones de ámbito normativo, operativo, financiero, de planeación, de administración, social, educativo, de monitoreo, supervisión y evaluación, para garantizar beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social, del manejo de los residuos desde su generación hasta su disposición final.”

1.1. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

La LGPGIR tiene como objetivo: *“garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación”.*

En ella se establecen las bases para la gestión integral de los residuos, la valorización, los mecanismos de coordinación (Federal, Estatal y Municipal), la clasificación básica y general de los residuos, la regulación de la generación y el manejo integral de los residuos, la definición de responsabilidades, la participación corresponsable de la sociedad, la regulación, la investigación e innovación en éste ámbito y el establecimiento de medidas de control, correctivas y de seguridad para garantizar el cumplimiento de ésta ley.

1.1.1. Definición de residuo y clasificación de acuerdo con la LGPGIR.

La LGPGIR define residuo como *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 conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven.*

Los residuos se clasifican en:

- Residuos Sólidos Urbanos (RSU), de acuerdo a la LGPGIR, se definen como *los 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 que genere residuos 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.*

Estos residuos, de acuerdo con el artículo 10 de esta ley presente en el Título Segundo: Distribución de competencias y Coordinación, son competencia de los municipios quienes tienen a su cargo el manejo de los residuos, desde su generación hasta su disposición final.

- Residuos de Manejo Especial (RME), se definen como *aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.*

El artículo 9 de la LGPGIR, que se encuentra en el Título Segundo, establece que los residuos de manejo especial son competencia de las entidades federativas, quienes, en conjunto con la Federación, deben formular los programas en materia de este tipo de residuos.

- Residuos Peligrosos (RP), *son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley.*

La regulación y control de este tipo de residuos son facultades atribuidas a la Federación, sin embargo, esta se hará cargo de los residuos peligrosos producidos por pequeños generadores, grandes generadores y micro generadores, cuando estos últimos no sean controlados por las entidades federativas.

- Residuos Incompatibles, se definen como *aquellos que al estar en contacto o al ser mezclados con agua u otros materiales o residuos, reaccionan produciendo calor, presión, fuego, partículas, gases o vapores dañinos.* La LGPGIR solo define estos residuos, por lo que su manejo o control queda indeterminado.

1.2. Etapas de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos

En el marco legal de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) en México, las etapas son: recolección, traslado, tratamiento y disposición final, sin embargo, en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos se citan las etapas como: *generación, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final.*

1.2.1. Generación

De acuerdo con la LGPGIR, la generación se define como la *acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.*

Esta ley también clasifica al generador según el volumen y tipo de residuo generado:

- Gran generador: Persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra medida.
- Pequeño generador: Persona física o moral que genere una cantidad igual o mayor a 400 kg y menor a 10 toneladas, en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.
- Microgenerador: Establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta 400 kg de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida. (Esta clasificación aplica únicamente para residuos peligrosos)

1.2.2. Recolección, Transferencia y Transporte.

La recolección es la etapa de la gestión en la cual los residuos son colectados desde su fuente (casa, industrias, comercios o edificios públicos) para ser trasladados a la siguiente etapa de la gestión.

Esta etapa tiene un papel crucial en cuanto a costos e infraestructura necesaria para la gestión, también contribuye al control de la dispersión de los residuos y su impacto en el ambiente.

Transferencia, se refiere al proceso en el que los residuos pasan de un camión recolector común a un transporte capaz de trasladar un mayor volumen de residuos.

Transporte, es la etapa en la que los residuos se trasladan a sitios, ya sea para su tratamiento o su disposición final.

1.2.3. Tratamiento.

De acuerdo con la LGPGIR, esta etapa se refiere a los procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad.

Algunas formas de tratamiento son la separación y valorización, el compostaje, la compactación y la incineración.

1.2.4. Disposición final.

La LGPGIR establece que esta etapa consiste en el depósito o confinamiento permanente de los residuos en sitios o instalaciones evitando su dispersión y efectos adversos en el ambiente.

En México, la opción más utilizada para esta etapa es la construcción de un relleno sanitario. Sin embargo, no siempre la disposición final cumple con las condiciones establecidas en la NOM-083-SEMARNAT-2003, por lo que, desafortunadamente, se cuenta con un gran número de tiraderos a cielo abierto.

Capítulo 2 Características del medio natural, socioeconómico e infraestructura en México.

Para entender la situación actual de la gestión integral de los residuos en México, es necesario conocer algunos de los aspectos que influyen directamente en esta, como puede ser la dinámica poblacional y el desarrollo económico, además de la infraestructura con la que cuenta actualmente México y la cobertura del servicio.

2.1. Medio Natural.

México es un país megadiverso, forma parte de un grupo de 17 países que en conjunto albergan el 70% de la biodiversidad del mundo. Cuenta con una gran diversidad de climas, que permiten la presencia de una amplia variedad de plantas y animales. De nuestro país, provienen muchas riquezas que ahora tienen un papel importante en la economía mundial, como lo son el maíz, el frijol, los pimientos y los tomates (Montoya, 2015).

Otros recursos importantes son los hídricos y los minerales. México es el vigésimo quinto país con mayores reservas de agua dulce, cuenta con 653 acuíferos de los cuales 105 son sobreexplotados, la mayoría del agua que se consume en el país proviene de aguas subterráneas (CONAGUA, 2015).

Por otro lado, México cuenta con recursos minerales con un valor estimado en 240,000 millones de dólares. Estos recursos principalmente son cobre, oro, hierro y zinc. También, se cuenta con importantes reservas y producción de petróleo, así como, una reserva de gas natural estimada en 359,700 millones de metros cúbicos (Libin, 2010).

La sobreexplotación de recursos naturales en México y los malos hábitos de consumo de la población, han dificultado el manejo de los residuos, debido a la gran cantidad que se genera. Esto ha ocasionado problemas ambientales como la contaminación de ríos y mares, así como de acuíferos, por la inadecuada disposición final de los residuos. Por otro lado, el mal manejo de los residuos ha ocasionado grandes emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que contaminan el aire (Álvarez Flores, 2020).

Estas circunstancias han provocado una crisis ambiental, que no solo afecta la calidad del aire y a los recursos con los que cuenta el país, sino que también tienen graves consecuencias en la salud de muchos mexicanos, que ven vulnerada su calidad de vida.

2.2. Población.

De acuerdo con datos de la encuesta intercensal del año 2015, realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México cuenta con una población de 119.94 millones de personas. Se prevé que para el año 2050, se contará con una población mayor a 150 millones de personas.

La población del país se concentra primordialmente en la zona central del territorio nacional, siendo la Ciudad de México y el Estado de México, los estados más poblados del país, con 8.9 millones y 16.2 millones de habitantes respectivamente (INEGI, Encuesta Intercensal 2015, 2015).

Al igual que la tendencia mundial, la población mexicana se concentra principalmente en las zonas metropolitanas de las grandes ciudades. En 2015, las zonas metropolitanas del país agrupaban al 56.98 % de la población nacional, siendo la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) la que cuenta con el mayor número de habitantes (20.8 millones de habitantes), en segundo lugar, se encuentra la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) (4.8 millones de habitantes) y, en tercer lugar, la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) (4.5 millones de habitantes) (INEGI, Encuesta Intercensal 2015, 2015).

El hecho de que la población se concentre en las zonas urbanas representa un reto para las sociedades actuales y la gestión pública. El aumento en la generación de residuos, causado por las tendencias actuales de producción y patrones de consumo ha ocasionado que la gestión integral de los residuos se vea superada y se busque alternativas para garantizar su viabilidad (Risso Giinther & Grimberg, 2005).

En México, la generación per cápita de residuos es de 0.944 kg/hab/día. Como en otros países, el crecimiento de la generación de residuos es muy similar al crecimiento del gasto del consumo final privado y del PIB nacional (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

Las entidades con mayor volumen de residuos generados son el Estado de México con el 13.95% del total de residuos generados, le siguen la Ciudad de México (7.95%), Veracruz (6.5%), Jalisco (6.4%) y Guanajuato (5.02%) (SEMARNAT, Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2015).

Las entidades anteriormente mencionadas, a excepción de Guanajuato, también son las que aportan un mayor porcentaje al PIB, la Ciudad de México aporta el 16.4%, el Estado de México 8.8%, Nuevo León 7.6% y Jalisco 7.1%. La Figura 2.1 muestra la correlación entre la contribución en la generación de residuos y la correspondiente al PIB (INEGI, Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 2018).

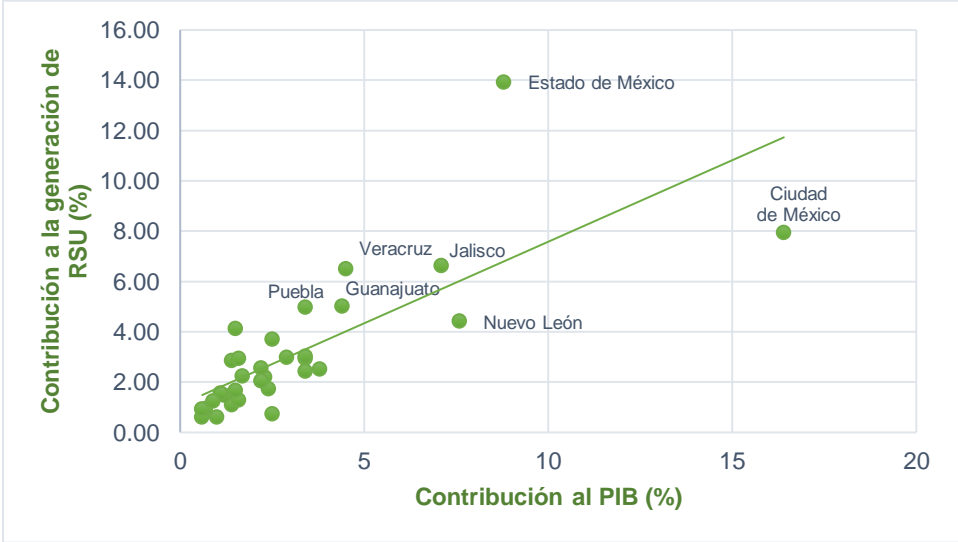


Figura 2.1 Contribución al PIB y a la generación de RSU por entidad federativa, 2018.
 Fuentes: INEGI, Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 2018
 SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020.

La generación de residuos está ligada al proceso de urbanización, por lo que los estados en los que se presenta un mayor crecimiento económico y una gran actividad industrial son los que más residuos generan. Por otro lado, muestran una

composición de residuos diferente, en los estados del país donde hay un mayor crecimiento económico, la composición de los residuos presenta una mayor cantidad de residuos inorgánicos, por el contrario, en comunidades rurales, se generan, principalmente, residuos orgánicos.

2.3. Infraestructura en materia de residuos en México.

De acuerdo con datos del Diagnóstico Básico para la Gestión de Residuos 2020, la cobertura del servicio de recolección es del 83.87 %. La cobertura varía de acuerdo con el desarrollo de las localidades, en municipios con más de 100 mil habitantes la cobertura alcanzó un 87.32 %, la mayor cobertura la tienen los municipios con una población entre los 40-50 mil habitantes con un 95.18 % y, en contraste, los municipios con menos de 10 mil habitantes tienen la cobertura más baja con el 59.05%.

Los tipos de vehículos utilizados para la recolección son los siguientes: con compactador, con caja abierta y otros (barredoras, pick up, grúas, contenedor móvil, etc). El número de vehículos de cada tipo son: 9,803 vehículos con compactador, 4,818 con caja abierta y 1,994 de otro tipo. La figura 2.2 presenta el porcentaje por tipo de vehículos de recolección.

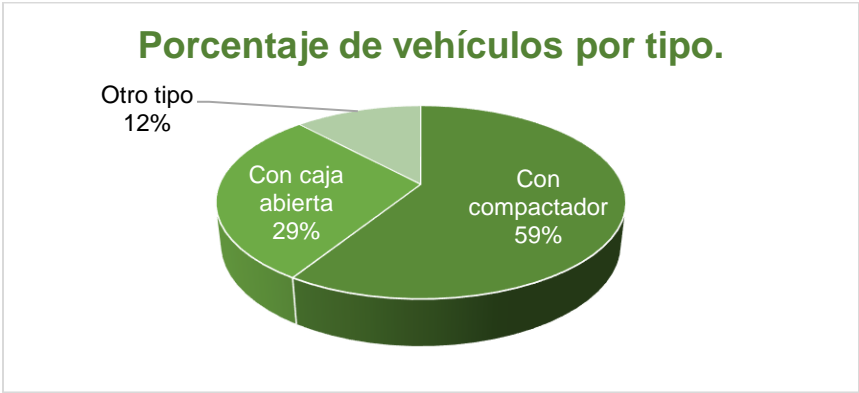


Figura 2.2 Porcentaje de vehículos por tipo (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020)

En México hay 127 estaciones de transferencia, de las cuales 24 cuentan con compactación, 37 con selección o separación y 4 con otros servicios extras no especificados. La Figura 2.3 muestra el número de estaciones de transferencia por entidad federativa.

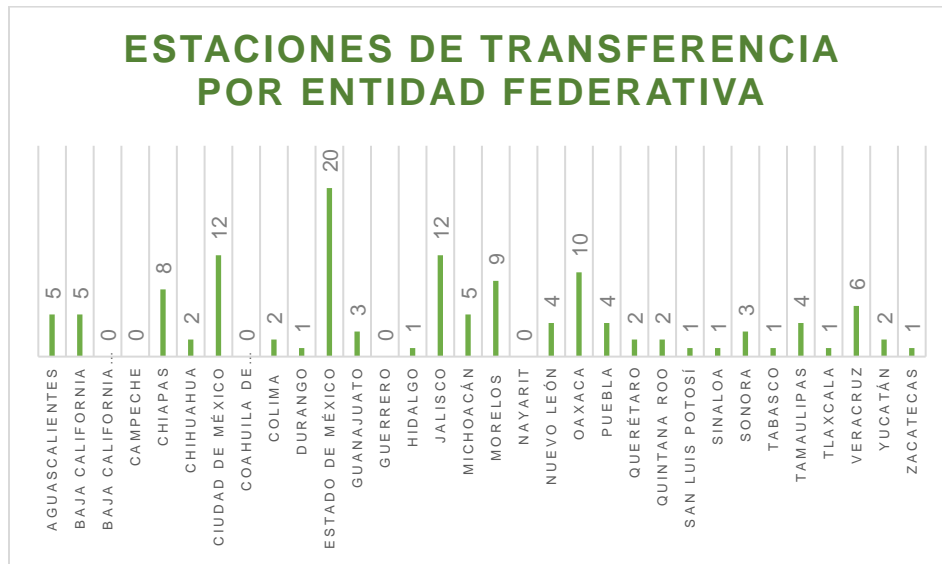


Figura 2.3 Estaciones de transferencia por Entidad Federativa (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

Como se puede observar en la Gráfica 3, el mayor número de estaciones de transferencia se encuentran en el centro del país, este tipo de infraestructura es fundamental para esta región debido a que concentra un gran número de habitantes y los sitios de disposición final se encuentran a las afueras de la ZMVM, por lo que los residuos deben ser transportados largas distancias hasta ellos.

Se cuenta, además, con 26 plantas de separación, 5 de trituración y 13 de compactación para el tratamiento de la fracción inorgánica de los residuos sólidos urbanos (FIRSU), véase figura 2.4. Para la fracción orgánica (FORSU), se tienen 19 plantas de composteo y 5 de digestión anaerobia, véase figura 2.5.

Tipo de proceso en las Plantas de tratamiento de la Fracción Inorgánica de los Residuos Sólidos Urbanos.

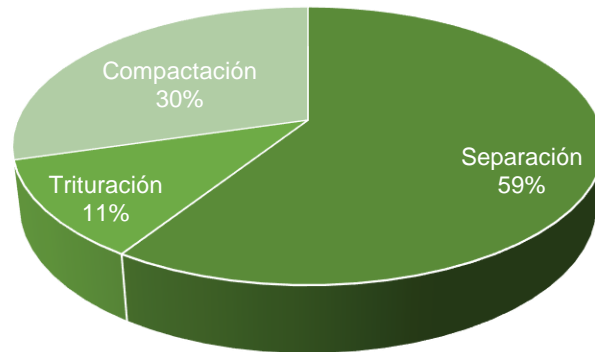


Figura 2.4 Tipo de proceso en las Plantas de Tratamiento de la FIRSU (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020)

Tipo de proceso en las Plantas de tratamiento de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos.

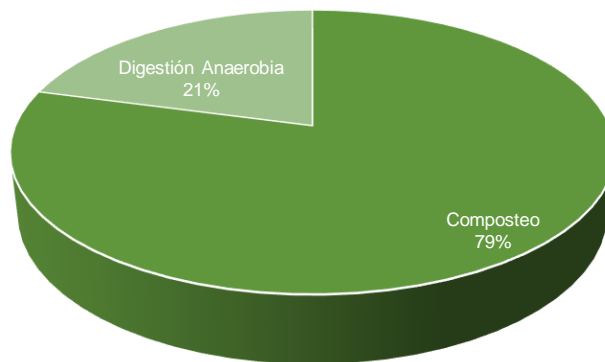


Figura 2.5 Tipo de proceso en las Plantas de tratamiento de la FORSU (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020)



Figura 2.6 Plantas de Tratamiento por Entidad Federativa (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

En la Figura 2.6 puede observarse que, al igual que con las estaciones de transferencia, este tipo de infraestructura se desarrolla mayoritariamente en el centro del país donde se genera una mayor cantidad de residuos. Además, se puede destacar la infraestructura existente en el estado de Jalisco, que cuenta con una importante zona metropolitana (ZMG).

Para los residuos que tiene potencial de aprovechamiento, se cuenta con 173 centros de acopio, de los cuáles 128 entregan retribuciones a los ciudadanos que entregan los residuos reciclables. (Figura 2.7).

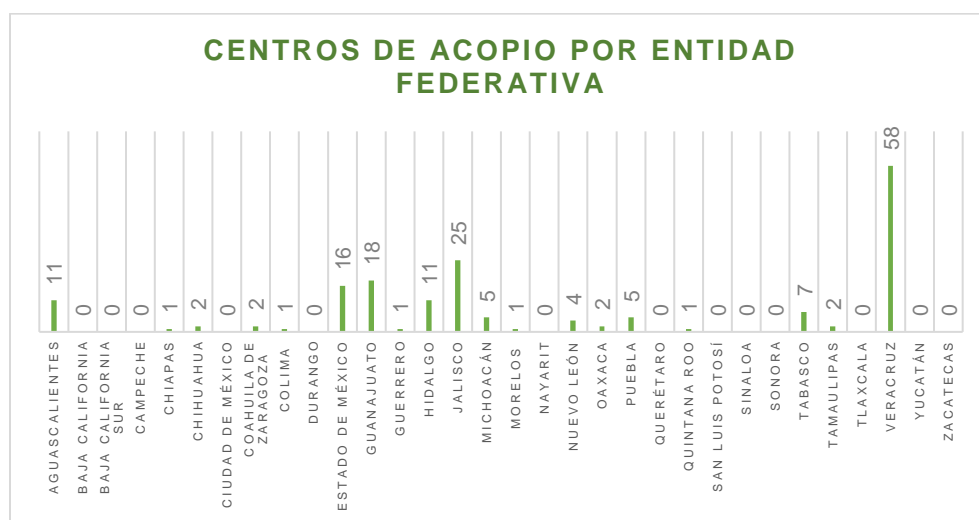


Figura 2.7 Centros de Acopio por Entidad Federativa (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

En los centros de acopio se recolectan, principalmente, papel y cartón que representan el 28.3% de los materiales recuperados, le siguen el PET (22.17%) y el vidrio (18.46%).

En el país existen 2203 sitios de disposición final, de los cuales 260 son rellenos sanitarios, lo que representa un 12% del total. El 88% restante son sitios no controlados, ya sean tiraderos a cielo abierto o tiraderos clandestinos, véase Figura 2.8.



Figura 2.8 Porcentaje por tipo de disposición final (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

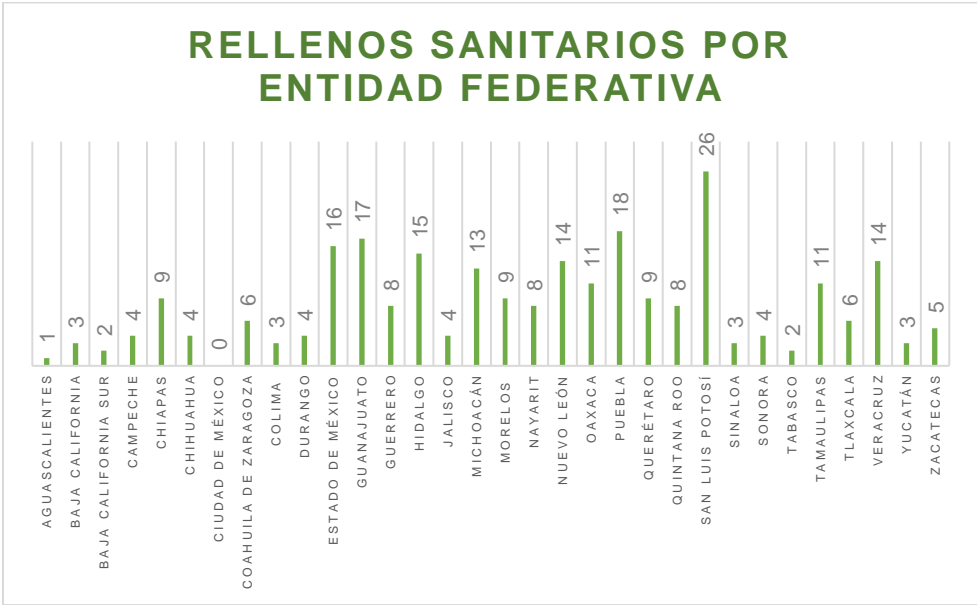


Figura 2.9 Rellenos Sanitarios por Entidad Federativa (INEGI, Censos Nacionales de Gobiernos Municipales y Delegacionales, 2013)

En la Figura 2.9 se muestra el número de rellenos sanitarios por entidad federativa, los estados que cuentan con un mayor número de rellenos sanitarios son: San Luis Potosí con 26 rellenos sanitarios, Puebla con 18, Guanajuato con 17 y el Estado de México con 16.

En cuanto a los sitios no controlados, la situación es preocupante en estados como Oaxaca, Veracruz y Chihuahua cuentan con 374, 136 y 133 sitios de disposición final no controlados, que representan un gran riesgo para el ambiente y la salud de la población (Figura 2.10).

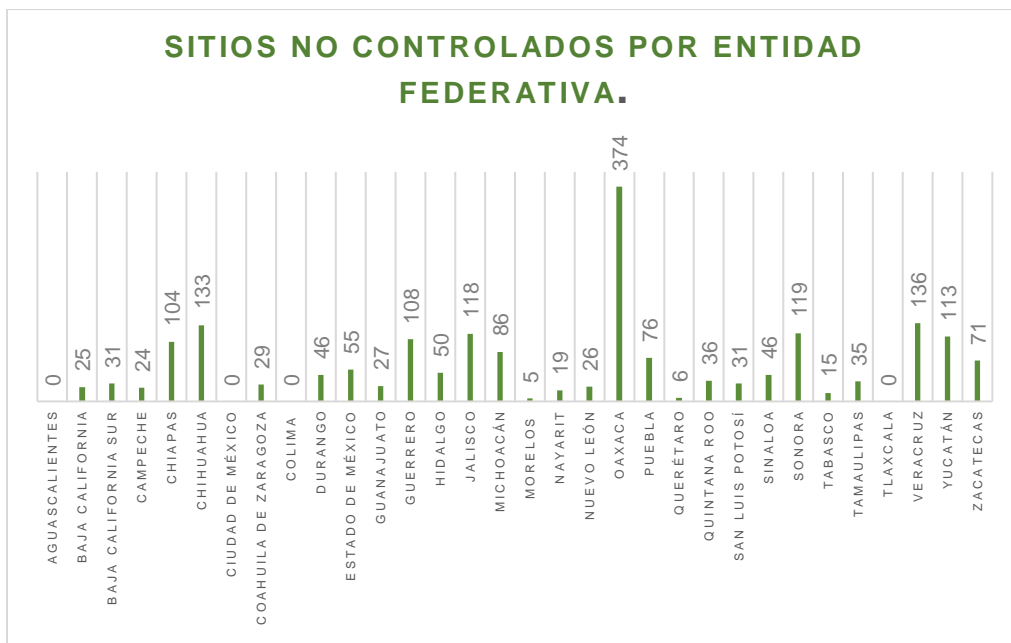


Figura 2.10 Sitios No Controlados por Entidad Federativa (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

Los sitios de disposición final se pueden clasificar por el volumen de residuos sólidos urbanos que reciben diariamente, siguiendo la clasificación de la NOM-083-SEMARNAT-2003, en:

- Tipo A, más de 100 t/día.
- Tipo B, de 50 a 100 t/día.
- Tipo C, de 10 a 50 t/día.
- Tipo D, menor a 10 t/día.

Las figuras 2.11 y 2.12 presentan el número de sitios de disposición final por entidad federativa y el porcentaje de tipos de sitios de disposición final, respectivamente.

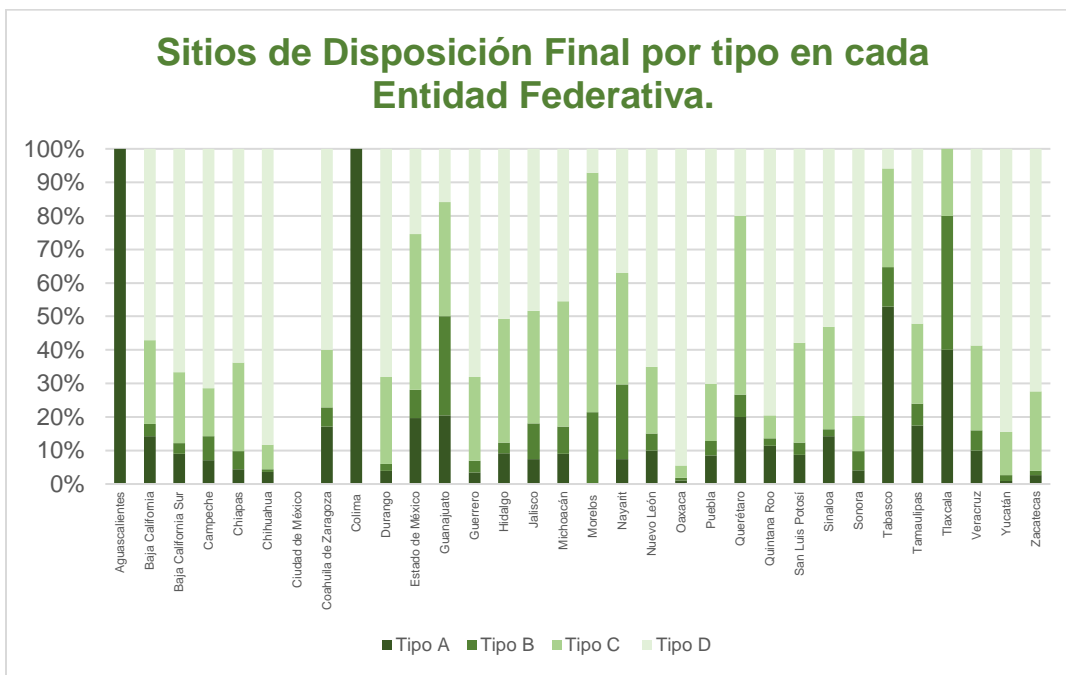


Figura 2.11 Sitios de Disposición Final por tipo (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020) .

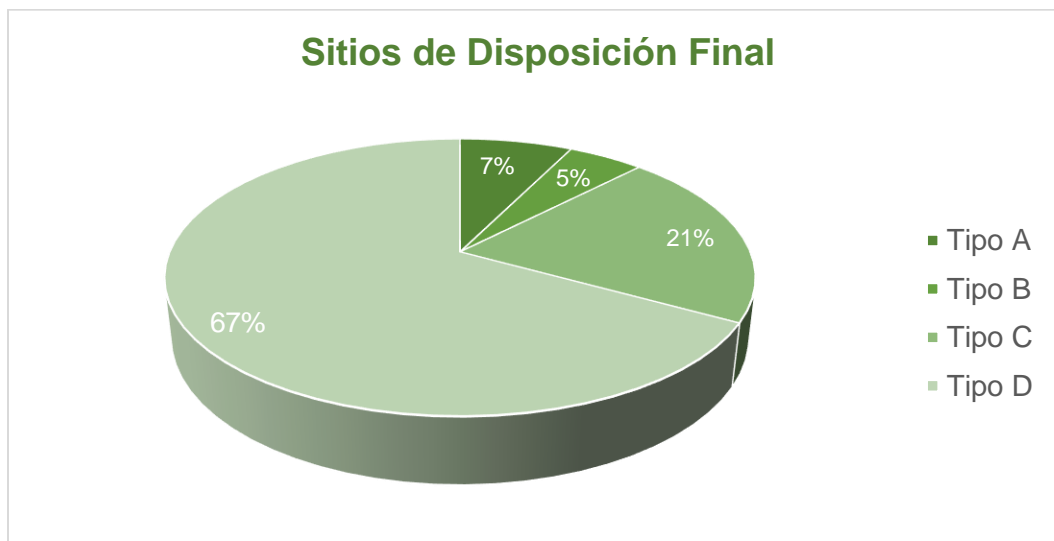


Figura 2.12 Sitios de Disposición Final por volumen recibido (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020) .

En general, la infraestructura que se desarrolla para llevar a cabo la gestión integral de los residuos va ligada al desarrollo económico y al crecimiento demográfico, es por eso, que la mayoría de ésta se encuentra en ciudades con más de 100 mil habitantes en estados como la Ciudad de México, Estado de México, Jalisco, Nuevo León y Veracruz, que representan el 38% de la población y generan cerca del 40% de los residuos en el país.

En los estados con un menor desarrollo, que se encuentran en el sur y sureste del país, existe infraestructura, pero no con los estándares necesarios para satisfacer las necesidades sociales y ambientales.

Capítulo 3 Diagnóstico y análisis de la gestión integral de los residuos.

3.1. Diagnóstico de la gestión integral de los residuos.

3.1.1. Generación.

Para la correcta determinación y dimensionamiento de las instalaciones y equipo empleado en la gestión integral de los residuos, es necesario calcular la generación total, la generación per cápita, determinar el peso volumétrico, así como la composición de los residuos. Debido a que, de esta manera, será mucho más sencillo elegir cuál es la infraestructura necesaria para brindar un correcto manejo de los residuos (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

Se estima que, en México, se generan 120,128 toneladas de residuos al día. Los estados con mayor generación son el Estado de México, Ciudad de México y Jalisco, por el contrario, Baja California Sur, Campeche y Colima son los que menos generan (**Figura 3.1**).

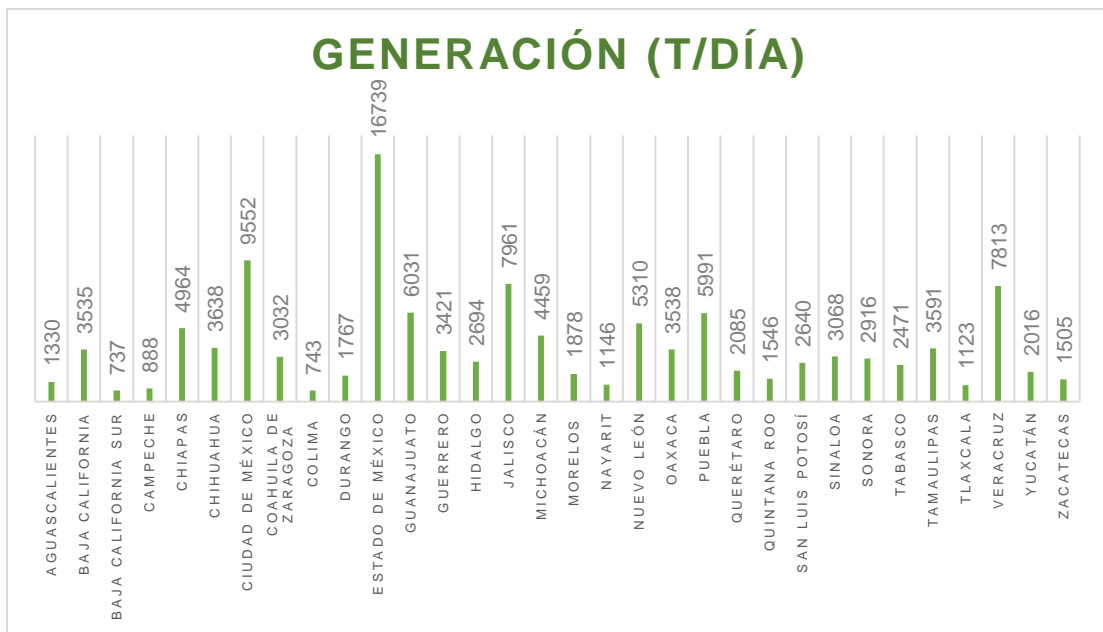


Figura 3.1 Generación diaria de residuos por Entidad Federativa (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

La generación per cápita, es un importante indicador que permite calcular la cantidad de residuos generados en cada localidad. De acuerdo con el DBGIR 2020, la generación per cápita es de 0.944 kg/hab/día, que se compone por 0.653 kg/hab/día de residuos de origen domiciliario y 0.291 kg/hab/día de origen no domiciliario. En localidades con poblaciones mayores a 100 mil habitantes, la generación per cápita alcanza un valor de 1.071 kg/hab/día. Esto es un claro indicador de que se genera un mayor volumen de residuos sólidos en localidades urbanas (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

El peso volumétrico promedio de los residuos sólidos en el país fue de 140.447 kg/m³, presentando una disminución al promedio calculado en el DBGIR 2012, que fue de 153.12 kg/m³. Este valor varía dependiendo la región del país, por ejemplo, en el noreste (Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y Tamaulipas) y Sureste del país (Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán) se presentan los pesos volumétricos más altos con 154.63 kg/m³ y 166.66 kg/m³, respectivamente. En contraste, la región Noroeste (Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora) presenta el menor peso volumétrico con 115.45 kg/m³. Es importante tomar en cuenta este indicador, ya que permite entender cómo se componen los residuos en cada región del país (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

De acuerdo con datos del DBGIR 2020, los residuos sólidos urbanos en México se componen de la siguiente manera: 31.55% son residuos susceptibles de aprovechamiento, 46.42% son residuos orgánicos y el 22.03% corresponden a la categoría de otros.

Tabla 3.1 Composición de los residuos en México.

Categoría	Subproductos	Porcentaje (%)
Residuos susceptibles de aprovechamiento (31.55%)	Cartón	4.55
	Envase de cartón encerado	1.51
	Fibras sintéticas	0.34
	Hule	0.54
	Lata	0.98
	Material ferroso	0.88
	Material no ferroso	0.57
	Papel	5.07
	PET	2.63
	Plástico rígido y de película	7.66
	Poliestireno expandido	1.55
	Poliuretano	0.55
	Vidrio de color	1.6
	Vidrio transparente	3.13
Residuos orgánicos (46.42%)	Cuero	0.46
	Fibra dura vegetal	0.73
	Hueso	0.52
	Madera	0.79
	Residuos alimentarios	33.07
	Residuos de jardinería	10.84
Otros (22.03%)	Algodón	0.15
	Loza y cerámica	0.46
	Material de construcción	0.7
	Pañal desechable	6.75
	Residuo Fino	2.25
	Trapo	2.82
	Otros	8.9

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

De acuerdo con los datos de la **Tabla 3.1**, que presenta la composición de los residuos en México, se puede obtener un estimado de cuántas toneladas por día de residuos se generan de cada tipo: de residuos orgánicos se generan diariamente 56,427 t/día, de residuos con potencial de aprovechamiento se estiman 38,351 t/día y 26,779 t/día de residuos de otro tipo.

3.1.2. Recolección

Como parte de la gestión, es la generación la que no ha sido posible reducirla y, por tanto, es la recolección la que toma un papel fundamental, evitando que los residuos se dispersen en el ambiente.

En México, el porcentaje de recolección es de 83.87%, lo que representa que, diariamente, se recolectan 100,751 toneladas, mientras que 19,377 toneladas no son recolectadas (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).



Figura 3.2 Recolección de residuos por estado (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

En la Figura 3.2, se puede observar que los estados que recolectan un mayor volumen de residuos diariamente son el Estado de México, la Ciudad de México y Jalisco, que recolectan 12,409 toneladas, 10,049 toneladas y 7,451 toneladas, respectivamente. Las entidades federativas con menor cobertura de recolección son: Aguascalientes (942 t/día), Campeche (792 t/día) y Colima (787 t/día).

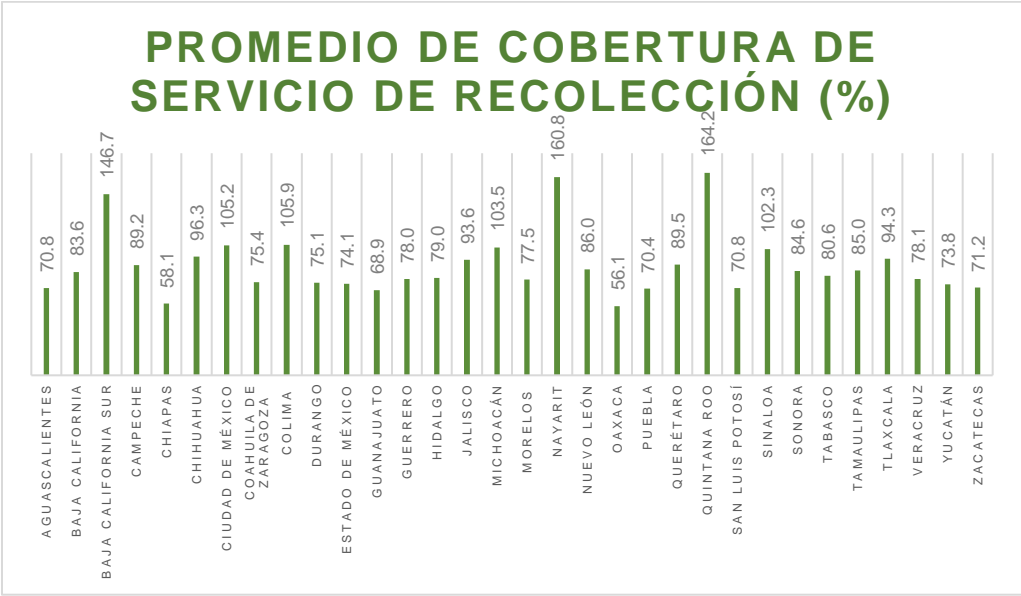


Figura 3.3 Promedio de cobertura (%)
(SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

En la Figura 3.3, se muestra la cobertura de recolección, obtenida con los datos de las figuras 3.1 y 3.2, se observa que en algunos estados se recolectan más residuos sólidos de los que se generan, por lo que el porcentaje de cobertura de recolección es mayor al 100%. Este fenómeno se debe a que, en muchos sitios, los residuos se almacenan varios días antes de que sean recogidos por el servicio de recolección.

3.1.2.1. Recolección selectiva.

Para una eficiente gestión integral de los residuos, la recolección selectiva se convierte en un mecanismo esencial para facilitar el aprovechamiento y tratamiento tanto de los residuos inorgánicos, como de los orgánicos.

En México, se estima que únicamente el 11% de los residuos se recolectan de esta manera, las entidades que recolectaron un mayor volumen de residuos de esta forma son Ciudad de México, Querétaro, Jalisco y Nuevo León (SEMARNAT, Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2015).

Este tipo de recolección únicamente se lleva a cabo en 144 municipios de 24 entidades federativas, lo que representa en términos de la cobertura de los municipios de todo el país apenas el 5.83%. Los estados que no cuentan con este tipo de recolección son: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Nayarit, Sinaloa y Tlaxcala (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

Esta recolección se puede realizar de diferentes maneras, por ejemplo, 62 municipios recolectan residuos orgánicos e inorgánicos el mismo día en vehículos con compartimientos para ambos tipos de residuos, en 60 municipios cada fracción se recolecta en diferentes días y 22 municipios no especifican como llevan a cabo la recolección selectiva (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

3.1.2.2. Métodos de recolección

Conocer los métodos de recolección empleados en México, permite determinar si existen las condiciones para implementar una separación de los residuos desde su origen, así como, los futuros tratamientos que se les pueden brindar.



Figura 3.4 Porcentaje de recolección por método empleado
(SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

Como se puede observar en la Figura 3.4, el método más empleado es el denominado *Mano a mano*, el cual comprende los métodos, conocidos teóricamente, como de acera y de parada fija o esquina, se estima que se recolectan 57,054 t/día mediante este método.

La recolección mixta incluye el método antes mencionado en conjunto con el método de contenedores, se calcula que se recolectan de esta forma 46,096 t/día de residuos. Por último, se encuentra el método que hace uso, exclusivamente, de contenedores y se estima que se recolectan 1,585 t/día de esta manera.

3.1.3. Transferencia

En México, existen 127 estaciones de transferencia, algunas brindan procesos adicionales que ya fueron mencionados en el capítulo anterior. Este tipo de infraestructura se encuentra en 112 municipios de 23 entidades federativas, un aspecto importante a resaltar es que el 50% de estas estaciones se encuentra en municipios con más de 100,000 habitantes (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

Esto se debe a que la principal función de una estación de transferencia, es ser un sitio donde los residuos pasen de vehículos de recolección a transportes de carga que permitan trasladar un mayor volumen de residuos. El hecho de que se encuentren en municipios con una mayor población se debe a que los sitios de disposición final deben encontrarse a las periferias de las ciudades y entonces, se requiere una estación de transferencia, para que los vehículos de recolección no tengan que recorrer grandes distancias.

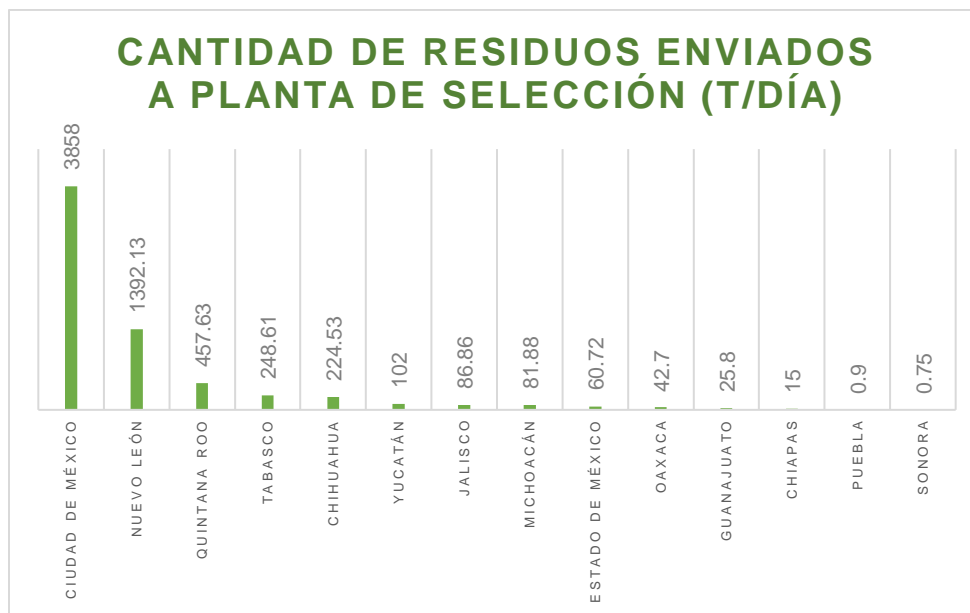
Los municipios que cuentan con estaciones de transferencia representan, únicamente, el 4.5 % del total de municipios en el país. Por lo que, en 95.5% de los municipios los residuos son transportados por vehículos recolectores a los sitios de disposición final (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

3.1.4. Tratamiento y aprovechamiento de residuos.

3.1.4.1. Plantas de tratamiento de residuos.

México cuenta con 47 plantas que tratan los residuos, permitiendo su valorización y contribuyen con la disminución de residuos que se llevan a sitios de disposición final. Estas plantas se encuentran en 43 municipios de 15 entidades federativas (**Figura 2.6**). Los tipos de tratamientos que se tienen son: selección, trituración y compactación, para la FIRSU; y compostaje y biodigestión para la FORSU. (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

En las plantas de selección se reciben 8,944.49 toneladas diarias de residuos, las entidades federativas que más residuos tratan de esta manera son la Ciudad de México con 6,199 t/día y Nuevo León con 1,392.13 t/día. (Ver **Figura 3.5**)



*Figura 3.5 Residuos enviados a plantas de selección
(SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).*

En estas plantas se recuperan materiales como el papel, cartón, PET, aluminio, materiales ferrosos, cobre, vidrio, entre otros.

Tabla 3.2 Materiales recuperados en plantas de separación.

Materiales Reciclables	Cantidad Recuperada (t/día)
Papel y cartón	63.974
PET	86.528
Aluminio	12.765
Fierro, lámina y acero	23.049
Cobre, bronce y plomo	1.508
Vidrio	21.74
Eléctrico y electrónico	7.19
Plástico	47.621
Otros	13.46
Total	277.835

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

En la **Tabla 3.2**, se muestran las cantidades promedio recuperadas de cada material diariamente. De acuerdo con los datos del Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México edición 2018, en las dos plantas de separación con las que cuenta la capital del país, se recuperan diariamente 184 toneladas. Por lo tanto, en México se recuperan en promedio 461.835 toneladas al día de materiales reciclables dentro de las plantas de separación. (SEDEMA, Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México 2018, 2018).

En cuanto a los otros dos tipos de tratamiento para la FIRSU: compactación y trituración, no se cuenta con datos para saber que volumen de residuos se tratan de esa manera. Caso similar a lo que sucede con el tratamiento para la FORSU, ya que no hay suficientes datos para cuantificar el total de residuos tratados.

En la Ciudad de México, se tratan 1400 t/día de residuos orgánicos en las plantas de composta y 3 t/día de residuos de nopal en una planta de digestión anaerobia que se encuentra en la alcaldía Milpa Alta. En el Estado de México, se tratan 30 t/día en una planta de digestión anaerobia de tipo privado que le brinda servicio a grandes generadores (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

Sobre otro tipo de infraestructura para tratar residuos orgánicos no hay información clara sobre su operación y capacidad de tratamiento.

3.1.4.2. Centros de acopio.

En México existen 173 centros de acopio, en los cuales se reciben residuos con potencial de aprovechamiento. Estos centros son instalaciones establecidas y operadas por el sector público, que tienen como objetivo recibir los subproductos que pueden ser reciclados y que han sido separados desde su origen por los generadores. En algunos centros de acopio, se retribuye, ya sea en especie o con dinero, a las personas que entregan los materiales reciclables. (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

Tabla 3.3 Promedio diario de materiales reciclables recibidos en Centros de Acopio.

Material Reciclable	Cantidad promedio recibida en los centros de acopio (kg/día)
Papel y cartón	10874
PET	8521
Aluminio	974
Fierro, lámina y acero	3872
Cobre, bronce y plomo	672
Vidrio	7094
Eléctrico y electrónico	893
Plástico	3940
Cartón laminado	43
Otros reciclables	1593

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

En la **Tabla 3.3**, incluye la cantidad de materiales que se reciben en los centros de acopio diariamente, destacan el papel y el cartón, así como el PET y el vidrio. En total, se reciben 38 431 kilogramos de materiales reciclables al día.

Es importante señalar que la Ciudad de México y San Luis Potosí, reportan 423 y 464 centros de acopio respectivamente, pero no se contabilizaron debido a que, de acuerdo con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos edición 2020 realizado por SEMARNAT, no son instalaciones establecidas formalmente y la cantidad de materiales reciclables que se obtienen no fueron contabilizados correctamente (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

3.1.4.3. Recuperación informal de materiales reciclables (Pepena).

Durante todas las etapas de la gestión, desde su generación hasta la disposición final de los residuos, existe la recuperación informal de los residuos también denominada *pepena*. Se estima que la *pepena* es la principal fuente de recuperación de materiales reciclables en el país (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

Es muy complicado obtener datos precisos sobre la cantidad de materiales que se recuperan mediante la *pepena*; sin embargo, se estima que el acopio informal de materiales reciclables es de 4.07 % de la generación total a nivel nacional (Greenpeace, 2019).

3.1.5. Disposición final

En México, se tiene registro de 2203 sitios para la disposición final de los residuos, en ellos ingresan 86,352.7 toneladas diariamente. Estos sitios se encuentran en 1,722 municipios y en todos los estados del país, excepto la Ciudad de México (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

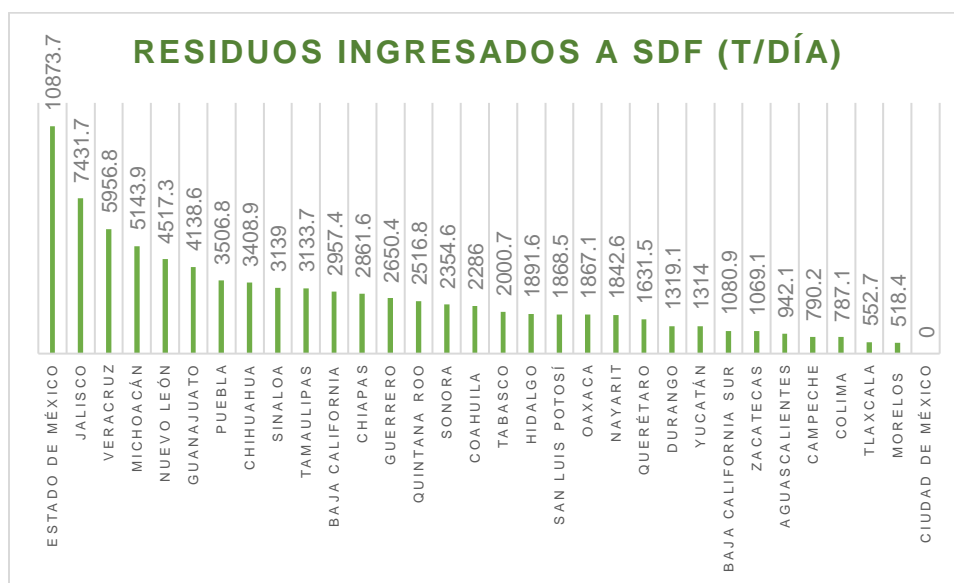


Figura 3.6 Residuos ingresados diariamente a SDF (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

En la **Figura 3.6** se muestran los datos de la cantidad de residuos que ingresan diariamente a los sitios de disposición final. El Estado de México, es el que más residuos ingresa, mucho se debe a que gran cantidad de los residuos generados en la Ciudad de México terminan en sus sitios de disposición final, ya que ésta no cuenta con infraestructura de este tipo dentro de su territorio.

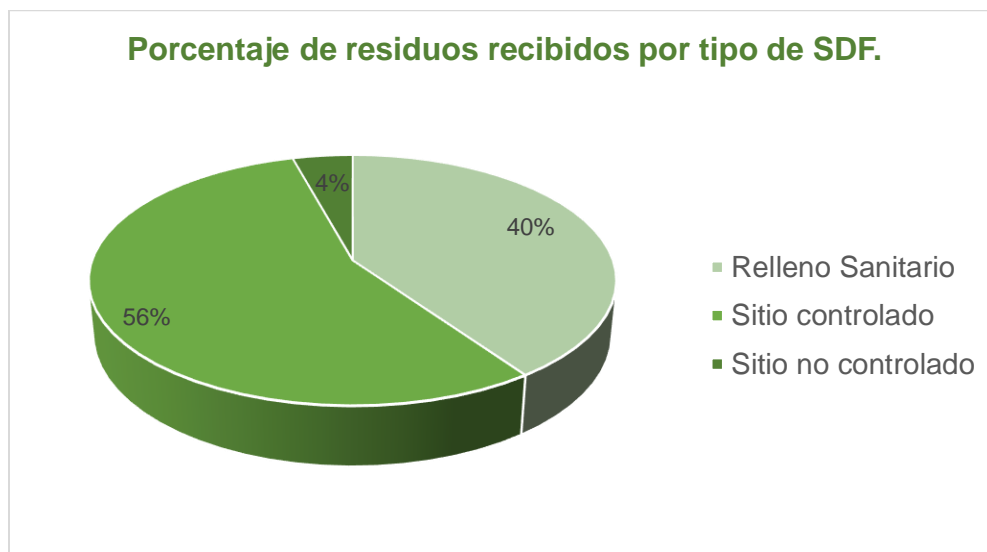


Figura 3.7 Porcentaje de residuos recibidos por tipo de SDF (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020).

De la **Figura 3.7**, se destaca que únicamente el 40% (34,736 toneladas) de los residuos generados diariamente en el país terminan en algún sitio que cumple con todas las características básicas de infraestructura, monitoreo y operación para ser catalogado como relleno sanitario, el 56% (47921.7 t) se disponen en sitios que cumplen con una o algunas de las características de un relleno sanitario y el 4% (3695 t) en sitios sin ningún tipo de infraestructura o control.

3.1.6. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del sector residuos y cambio climático.

Dentro de los sitios de disposición final de residuos, las bacterias descomponen la materia orgánica y producen, junto con la oxidación de los residuos sólidos, un gas determinado biogás, que está compuesto principalmente por metano (CH_4) y bióxido de carbono (CO_2), así como, en menor cantidad, por nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2), compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano y otros gases. Si estos gases no se recolectan y destruyen, se liberan a la atmósfera, contribuyendo al cambio climático (Climate Action Reserve, 2009).

En México, de acuerdo con datos del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero del año 2018, este tipo de emisiones representan el 3% del total que se generan en el país, representando 20 MtonCO₂e. Del total de emisiones, el 98% provienen de la disposición final de RSU, un 1% derivado del tratamiento biológico de residuos orgánicos y un 1% por la quema de residuos a cielo abierto (INECC, 2018).

Como se observa en la Figura 3.7, únicamente, el 40 % de los residuos que llegan a disposición final son depositados en lugares que cuentan con la capacidad de extraer, captar, conducir y controlar el biogás que generan, de acuerdo con lo establecido en la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Sin embargo, no hay datos oficiales acerca de la cantidad de biogás que está siendo aprovechado para la producción de energías limpias o como financiamiento, mediante la venta de bonos de carbono.

3.2. Análisis de la gestión integral de los residuos en México.

La gestión integral de los residuos, como su definición expone, es un conjunto de acciones interrelacionadas para garantizar un correcto manejo de los residuos en todas sus etapas. Sin embargo, los datos sobre la gestión integral de los residuos denotan un incumplimiento de los lineamientos establecidos para llevarla a cabo, ya que no se tiene un control eficiente del flujo de los residuos.

La complejidad de la gestión surge desde la generación, en México, se generan casi 44 millones de toneladas de residuos anualmente, esto nos coloca entre los 10 países con mayor generación de residuos en el mundo (Silvera, 2019). El acelerado crecimiento demográfico y cambios en los patrones de consumo han contribuido en gran parte con el aumento del volumen de residuos generado. Habrá que considerar también que las políticas públicas que tienen como objetivo concientizar a la población para reducir la cantidad de residuos generados, han sido escasas, por lo que no han presentado resultados.

La etapa más importante de la gestión y la que más recursos requiere es, sin duda, la recolección, ya que es el punto de inicio para todos los sistemas consecuentes de la gestión integral de los residuos. En México, se estima que la cobertura de servicios de recolección es del 83.87%, por lo que diariamente se recolectan cerca de 101 mil toneladas. Siendo esta una fortaleza de la gestión en México.

El origen de las deficiencias en el servicio de recolección es la falta de presupuesto, de acuerdo con datos del DBGIR 2020, 87% de los prestadores y operadores del servicio de recolección son autoridades municipales, por lo que la calidad del servicio depende totalmente del presupuesto que los municipios le asignen. La falta de inversión en este rubro se puede ver reflejada en que más del 25% de los vehículos de recolección tienen más de 20 años de antigüedad y, además, existen 179 municipios en el país que no cuentan con ningún servicio de este tipo.

Un aspecto alarmante, es que solo el 11% de los residuos se recolectan selectivamente, esto puede ser un factor determinante en la cantidad de residuos

que pueden recuperarse, ya que este tipo de recolección facilita la recuperación y aprovechamiento de estos materiales.

Otro aspecto negativo de la gestión integral de los residuos en México es que solo existen 127 estaciones de transferencia, en 112 municipios, esto quiere decir que únicamente el 4.5% de los municipios del país cuentan con ese tipo de infraestructura. Esto afecta en la eficiencia de los servicios de recolección, debido a que los camiones deben ir, ya sea a plantas de aprovechamiento o directamente a los sitios de disposición final, recorriendo mayores distancias y transportando menores volúmenes de residuos en comparación con los lugares que cuentan con estaciones de transferencia.

A pesar de que se cuenta con 173 centros de acopio para residuos con potencial de aprovechamiento y 47 plantas de tratamiento de residuos a lo largo del país, se estima que la mayor cantidad de residuos recuperados para su aprovechamiento se obtiene mediante la recuperación informal o pepena. En el DBGIR recientemente publicado, no hay datos que nos permitan estimar la cantidad de residuos que se reciclan, sin embargo, de acuerdo con un informe publicado el año pasado, en México, se recicla únicamente 6.07% de la generación total de residuos (Greenpeace, 2019).

La situación de la disposición final de los residuos en México es también un tema preocupante, cerca del 85% de los residuos recolectados terminan en un sitio de disposición final. Lo que agrava más este asunto, es que cerca de 18.9 millones de toneladas al año terminan en sitios donde no se asegura que el daño ambiental sea prevenido o controlado. Esto, aunado a la posibilidad de que a este tipo de sitios estén llegando residuos peligrosos, implica un riesgo al ambiente y a la salud humana.

Otro aspecto relevante es que se ha multiplicado el número de pequeños sitios de disposición final en los municipios pequeños y que cuentan con recursos limitados, lo que conlleva a que una mayor cantidad de residuos se dispongan en sitios no controlados.

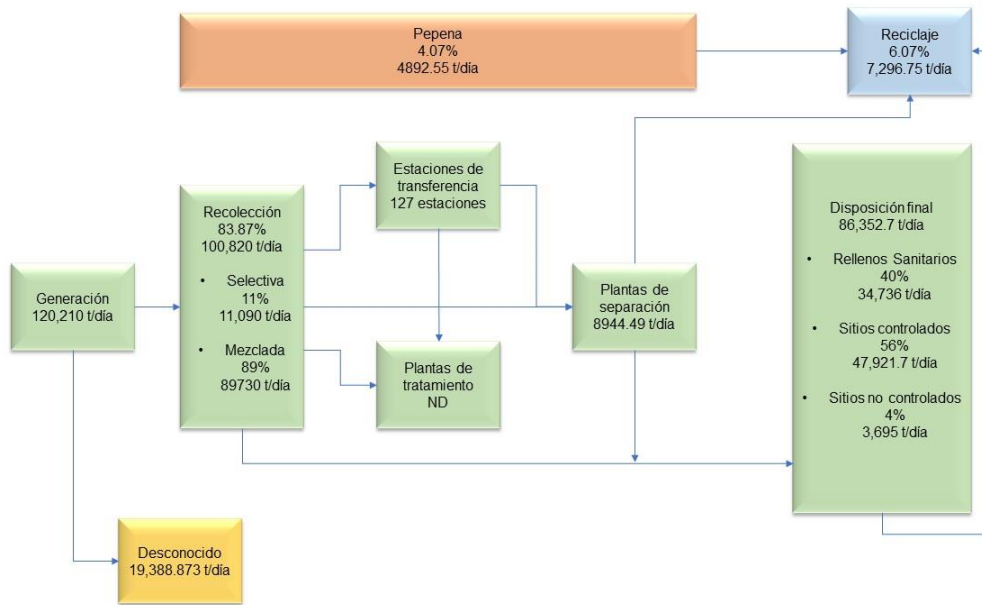


Figura 3.8 Flujo de residuos en México (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020), (Greenpeace, 2019).

Como se puede observar en la **Figura 3.8**, la falta de información sobre la cantidad de residuos que ingresa a las plantas de tratamiento o a las estaciones de transferencia, limita conocer con mayor precisión la cantidad de residuos que tienen un destino desconocido durante la gestión. Es por eso, que resalta la importancia de realizar esfuerzos por parte de las autoridades, para contar con más y mejores datos sobre cada etapa de la gestión integral de los residuos. Esto permitiría identificar de manera más eficiente las problemáticas de la gestión y tomar acciones pertinentes para mejorarla.

Capítulo 4 Revisión de tendencias y recomendaciones en la gestión de residuos en el mundo.

La gestión integral de los residuos es un tema que afecta a todas las personas, ya sea en la salud, productividad o en el desarrollo de nuestro entorno. El acelerado crecimiento de la población, así como los cambios en la producción y patrones de consumo, ha ocasionado que esta gestión cada vez requiera mayores recursos y organización.

Se estima que 5% de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo, provienen del manejo de los residuos sólidos, principalmente de los tiraderos a cielo abierto y los sitios de disposición final que no cuentan con un sistema que capture estos gases (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

Actualmente, se generan 2,010 millones de toneladas al año y se prevé que para el año 2050, la generación alcance los 3,400 millones de toneladas. Es preocupante que solo se gestionen adecuadamente el 33% de los residuos generados en el mundo. Los países con ingresos altos generan el 34% del total de los residuos, aunque solo habiten en ellos un 16% de la población mundial. En cambio, los países con bajos índices de desarrollo cuentan con el 9% de la población mundial y, únicamente, generan cerca del 5% del total de los residuos (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

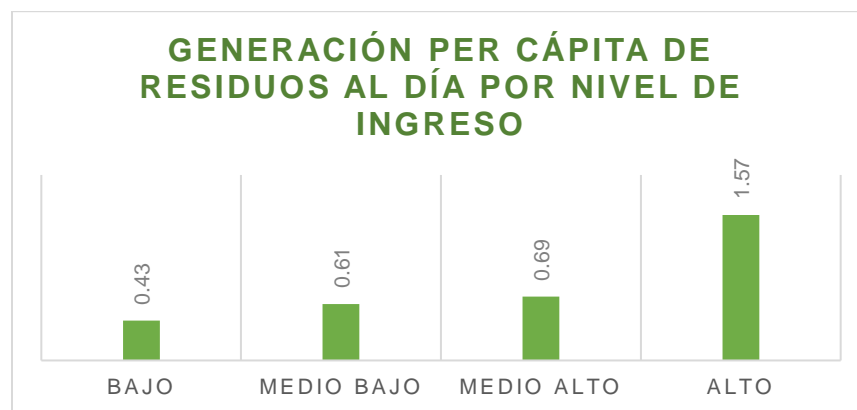


Figura 4.1 Generación per cápita al día por nivel de ingreso del país (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

En la **Figura 4.1**, se muestran los datos sobre la generación per cápita de residuos al día, de acuerdo con el nivel de ingreso de los países. Los países con un mayor ingreso generan, en promedio, más del doble de los residuos que un país con un ingreso medio (medio alto y medio bajo) y cerca de cuatro veces la cantidad que se genera en un país con ingresos bajos. La generación per cápita en el mundo es de 0.74 kg/día.

A pesar de que cuentan con un menor número de habitantes, los países con ingresos altos generan 684 millones de toneladas al año, le siguen los países con ingresos medios alto con 655 millones de toneladas, los países con ingresos medio bajo con 586 millones de toneladas y, por último, los países con bajos ingresos con 93 millones de toneladas anualmente (**Ver Figura 4.2**).

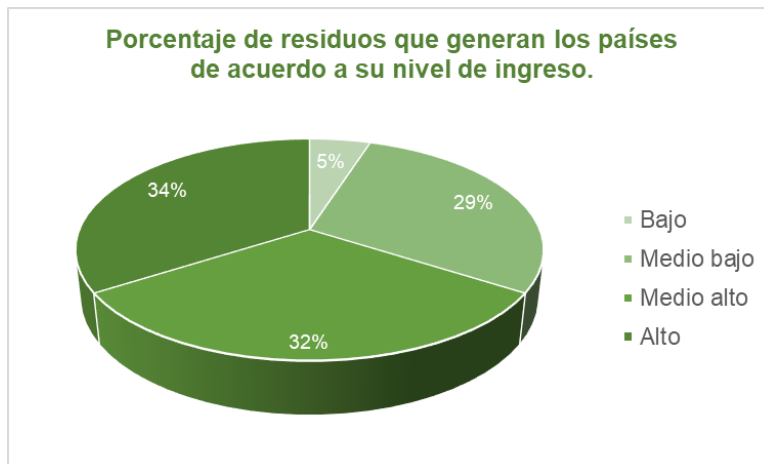


Figura 4.2 Porcentaje de residuos que generan los países por nivel de ingreso (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

Se estima que para el año 2050, la generación de residuos en los países con bajo desarrollo aumente casi tres veces su volumen. Actualmente, la región del mundo donde se genera la mayor cantidad de residuos corresponde al Este de Asia y la región del pacífico, en donde se encuentran países como China, Japón y Corea. Las regiones que menos generan son África y el sur de Asia, sin embargo, son las regiones donde se prevé un mayor aumento en la generación (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

La composición de los residuos varía considerablemente entre los países dependiendo su nivel de ingresos, en países con ingresos altos la porción de residuos orgánicos es de un 32%, en cambio, en países con menor ingresos esta porción representa más del 50% de los residuos generados. (Ver **Tabla 4.1**).

Tabla 4.1 Composición de residuos de acuerdo con el nivel de ingreso.

Nivel de ingreso\ Tipo de residuo	Alto	Medio alto	Medio bajo	Bajo
Orgánicos	32%	54%	53%	56%
Vidrio	5%	4%	3%	1%
Metal	6%	3%	2%	2%
Papel y cartón	25%	12%	12.5%	7%
Plástico	13%	11%	11%	6.4%
Caucho y cuero	4%	1%	>1%	>1%
Madera	4%	1%	1%	>1%
Otros	11%	15%	17%	27%

(Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

Los países con un nivel de ingresos altos recolectan el 96% del total de los residuos generados, debido a que cuentan con más y mejor infraestructura para llevarla a cabo, los países con ingreso medio alto y medio bajo recolectan el 82% y 51%, respectivamente, por último, los países con bajo ingreso recolectan únicamente el 39% del total de los residuos generados. La recolección de residuos varía considerablemente entre zonas urbanas y rurales, por ejemplo, en países con un ingreso medio-alto, se recolectan en promedio un 85% de los residuos en zonas urbanas y, por otro lado, en zonas rurales se recolectan únicamente el 45% de los residuos (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

Los métodos de disposición de los residuos varían, también, de acuerdo con el nivel de ingresos de los países. Esto se debe a que los países con mayor desarrollo cuentan con los recursos, tanto económicos como jurídicos, para llevar a cabo una gestión integral de los residuos de manera más eficiente.

En la **Tabla 5**, se pueden notar las diferencias entre los métodos de disposición empleados entre los países con un bajo ingreso y los países que cuentan con mayores ingresos. Conforme los países cuentan con un mayor desarrollo económico, se hace uso de un mayor número de métodos, que requieren mayor inversión y capacidad técnica.

Tabla 4.2 Métodos de disposición por nivel de ingreso.

Nivel de ingreso\ Método de disposición	Alto	Medio alto	Medio bajo	Bajo
Tiradero a cielo abierto	2%	30%	66%	93%
Composteo	6%	2%	10%	0.30%
Digestión anaerobia	1%	0%	0%	0%
Otros métodos avanzados	1%	0%	0%	0%
Relleno sanitario	39%	54%	18%	3%
Reciclaje	29%	4%	6%	3.7%
Incineración	22%	10%	0%	0%

(Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

En países desarrollados y con ingresos altos, la tendencia se ha inclinado hacia el reciclaje y la incineración como principales alternativas a la disposición final de los residuos en un relleno sanitario. Por otro lado, países con un ingreso medio tienen como principal método para la disposición final los rellenos sanitarios.

La situación de los países con un ingreso bajo es muy preocupante, debido a que, casi la totalidad de los residuos recolectados terminan en sitios que no cuentan con algún tipo de control, por lo que, los daños al ambiente pueden ser muy graves.

4.1. Tendencias actuales en la gestión de residuos en el mundo.

4.1.1. Responsabilidad Extendida del Productor (REP).

Este modelo de gestión de residuos fue introducido en la Unión Europea, mediante una serie de directivas que conforma el marco legal europeo y que abarca la regulación de varios tipos de residuos como los vehículos al final de su vida útil, los residuos de aparatos electrónicos, pilas, entre otros. Este marco legal identifica los productos que entran dentro de la REP, sin embargo, cada país miembro de la Comunidad Europea puede optar por incluir productos adicionales al sistema (GIZ, 2018).

La figura de la REP es un esquema cuyo objetivo primordial es la disminución de los residuos, así como la implementación de los principios de la economía circular que promueve la reducción del consumo de recursos naturales y económico, a través de un diseño eficiente del producto y el retorno del residuo remanente a manos del fabricante, fomentando de esta manera la gestión sostenible de los residuos y el reciclaje (Lindhqvist, Manomaivibool, & Tojo, 2008).

Este tipo de figura legal dentro de la gestión de los residuos permite a las autoridades responsables de dicha gestión, brindar los recursos necesarios para establecer una infraestructura de reciclaje. (Lindhqvist, Manomaivibool, & Tojo, 2008). Mediante una serie de esquemas con diferente configuración financiera y técnica, puede ser bajo un esquema colectivo o individual. En el esquema colectivo, las responsabilidades del productor pueden ser subcontratada a otra organización tipo paraguas, denominada Organización de Responsabilidad del Productor (PROs, por sus siglas en inglés), las cuáles son creadas para apoyar a los productores con sus responsabilidades y reciben financiamiento por parte de las industrias. En el esquema individual, la empresa se hacer cargo por sí misma de sus responsabilidades como productor creando un sistema para que los consumidores puedan retornar los materiales a su distribuidor (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

Este tipo de esquemas tienen como principales pilares: la distribución de las responsabilidades, la recuperación de los costos reales, una competencia limpia entre PROs y operadores y la transparencia (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

4.1.1.1. Responsabilidad compartida en México.

En México, no existe la figura de la Responsabilidad Extendida del Productor dentro de la legislación en materia de residuo; sin embargo, existe un sistema similar denominado Responsabilidad Compartida que, a diferencia de la REP, no establece al productor como el principal responsable dentro del esquema (GIZ, 2018).

Este sistema reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial se generan por actividades que satisfacen necesidades de la población, y que su manejo es responsabilidad conjunta y que necesita de la participación de todos los actores de la sociedad y de los procesos productivos. No obstante, la responsabilidad recae en la municipalidad, por lo que el sistema no es efectivo, debido a que a los grandes productores no se les obliga a garantizar un correcto manejo de sus productos hasta su disposición final (GIZ, 2018).

Otro punto para considerar es la falta de atención por parte de la sociedad que dificulta el desarrollo de este tipo de sistemas, aunado a la falta de compromiso por parte de los productores, por lo que no se consigue la autofinanciación que se plantea como objetivo (GIZ, 2018).

La responsabilidad compartida en México ha tenido buenos resultados a pesar de la flexibilidad que existe en su aplicación, como es el que se reciclen cerca del 92% de los envases PET mediante ECOCE. Otro resultado positivo ha sido la implementación de un sistema de gestión de neumáticos usados por parte de la empresa Bridgestone®, para su aprovechamiento energético en la industria cementera (GIZ, 2018).

4.1.2. Políticas Cero Residuos

El daño al ambiente y el cambio climático han ocasionado que cada vez se cuestione más el modelo económico actual. La economía lineal, ha llevado a un aumento acelerado en la explotación de recursos, esto en gran medida es responsable del cambio climático y gran parte de las emisiones de efecto invernadero. Todo esto ocasiona que cada vez se generen un mayor número de desechos, se estima que las emisiones por residuos orgánicos en proceso de descomposición en sitios de disposición final representan el 6.6% del total de emisiones de gases de efecto invernadero, esto sin considerar las emisiones generadas por el ciclo de vida completo del producto (Vilella, 2018).

Las políticas de cero residuos son la base de una economía circular, se busca que todo aquello que se produzca y consuma, pueda reintegrarse con seguridad a la naturaleza y a la sociedad. Dejando de lado aquellas prácticas de eliminación de los residuos, como la incineración de los residuos, ya que se busca que las soluciones de este tipo de políticas creen medios de vida, sean económicamente sustentables y que protejan al medio ambiente y a la salud pública (Vilella, 2018).

Estas políticas tiene como principales objetivos: la reducción constante de los residuos a través de la prevención de su generación, la maximización de la recuperación de materiales promoviendo la recolección selectiva, el rediseño de productos y procesos para disminuir el impacto negativo de éstos, así como para evitar el uso de materiales tóxicos o que no se puedan reciclar, la construcción de instalaciones de tratamiento flexibles para residuos y apoyo al desarrollo de esquemas dirigidos por trabajadores (Vilella, 2018).

Otro aspecto sobresaliente de este tipo de políticas es la inclusión del sector informal dentro de los planes locales para la gestión de residuos, debido que se prioriza la creación de empleos y la formalización de estos (Vilella, 2018).

Un ejemplo de la aplicación de estas políticas de manera efectiva es el caso de la ciudad de San Francisco en California, Estados Unidos. En donde se plantearon el objetivo de no enviar ningún residuo a los rellenos sanitarios para el año 2020,

mediante una serie de políticas públicas para fomentar el reciclaje y el composteo, acompañada de una campaña educativa para los habitantes, una fuerte relación entre los sectores público y privado e incentivos financieros para quienes redujeran su generación de residuos. Fomentando también la transparencia en el cobro por el servicio, especificando cada costo del manejo de los residuos. Estos cobros son menores si los residentes separan correctamente sus residuos y los disponían en sitios para su reciclaje o composteo, si por el contrario generan una mayor cantidad de residuos o los disponen de manera equivocada, son multados. Además, se creó uno de los más grandes programas para la recolección de residuos de comida para su composteo. (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

Las acciones realizadas por esta ciudad lograron que, en el año 2012, San Francisco redujera la entrada de residuos a los rellenos sanitarios en un 77% (GAIA, 2018).

4.1.2.1. Política cero residuos en México

En el año 2019, el gobierno federal de nuestro país publicó un documento guía para implementación de los principios de las políticas públicas de gestión de residuos denominado *Visión nacional hacia una gestión sustentable: cero residuos*, bajo los siguientes principios: desarrollo sustentable, economía circular, combate a la corrupción, transparencia, atención a poblaciones vulnerables, reducción de riesgos e impactos a la salud y ambiente, así como, el bienestar social y reducción de la desigualdad.

Se prioriza la prevención y minimización de la generación de residuos, y se antepone estos principios a la disposición final. Además, se busca corregir la mala disposición de los residuos del país y atender los puntos críticos de la gestión, así como elaborar políticas y crear programas para ampliar la cobertura del servicio. Se pretende establecer la separación de los residuos desde el origen y promover el reciclaje y los modelos de negocios sustentables (SEMARNAT, *Visión nacional hacia una gestión sustentable: cero residuos.*, 2019).

Los pasos para alcanzar una gestión adecuada con cero residuos, de acuerdo con el documento antes mencionado, son:

1. Elaborar un diagnóstico de la infraestructura, capacidad, marco normativo y manejo de los residuos en el país.
2. Clausurar los sitios de disposición final que no cumplan con la normatividad.
3. Diseñar una plataforma de asistencia técnica y financiera para la gestión de residuos en las entidades federativas.
4. Creación, adopción y operación de modelos para la gestión sustentable de los residuos.
5. Transformar los tiraderos a cielo abierto en bancos de materiales y crear mercados para materias primas recicladas, fomentando el reciclaje.
6. Evitar el desperdicio de alimentos y aprovechar el potencial orgánico y energético de los residuos.

Se plantean principios transversales como la comunicación efectiva que fomente la transparencia proactiva, la educación ambiental, la corresponsabilidad y la participación articulada de todos los niveles de gobierno, así como, del sector privado y la sociedad civil, fortaleciendo la participación ciudadana en el manejo de los residuos y en el monitoreo, reporte y verificación de la gestión.



Figura 4.3 Esquema planteado por el gobierno federal en México para el manejo de los residuos (SEMARNAT, *Visión nacional hacia una gestión sustentable: cero residuos.*, 2019).

4.1.3. Cooperación entre gobierno nacional y municipal en la gestión de residuos municipales en Japón.

La gestión de los residuos en Japón ha sido durante mucho tiempo un ejemplo a seguir para los demás países, a pesar de generar cerca de 44 millones de toneladas al año, únicamente disponen en rellenos sanitarios el 1% del total generado. El reciclaje y la producción de energía mediante la termo valorización de los residuos permiten a este país tener prácticas eficientes de gestión de los residuos (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

Aunado a esto, el éxito de la gestión de los residuos en Japón se basa en la cooperación que existe entre todos sus niveles de gobierno y con los generadores.

El gobierno nacional formula las políticas básicas para la gestión y establece los estándares para su manejo y las instalaciones para llevarlo a cabo, así como los lineamientos para la subcontratación de servicios. Además, fomenta el desarrollo tecnológico en el sector e instituye los métodos para la recopilación de información (Ministry of the Environment , 2014).

Las prefecturas, por su parte, formulan los planes para la gestión de residuos, asignan permisos para la instalación de infraestructura para su manejo y para las operaciones de manejo de residuos industriales. Por otro lado, las municipalidades formulan planes municipales para la gestión de residuos y administran sus recursos (Ministry of the Environment , 2014).

La cooperación entre todos los niveles de gobierno permite que la información que se colecta eficientemente facilite la toma de decisiones al respecto de la gestión. Los gobiernos locales le brindan al gobierno nacional la información recopilada, algunas pautas para la creación de un plan de gestión, construye la infraestructura e informa sobre las problemáticas con las que cuenta, por su parte, el gobierno nacional brinda bases de datos, planes de gestión, subsidios y recursos humanos para desarrollar correctamente la gestión de los residuos (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018).

4.1.3.1. Cooperación entre gobierno nacional y municipal en la gestión de residuos en México.

En México, existe una evidente falta de cooperación entre niveles de gobierno en el ámbito de la gestión de residuos. La LGPGIR, establece las responsabilidades de cada uno de los niveles de gobierno en este tema, sin embargo, no hay una interrelación entre estos niveles.

Un ejemplo claro es la falta de información confiable sobre algunos procesos de la gestión, que inhiben la creación de políticas públicas acorde a las problemáticas que se viven en diferentes regiones del país, así como, de toma de decisiones en temas urgentes en el manejo de los residuos.

Existen esfuerzos para la recopilación de esta información como es que se incluya el tema de residuos en el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México, que se realiza cada dos años por parte del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Sin embargo, muchos de los municipios no cuentan con las herramientas necesarias para llevar un control sobre los residuos dentro de sus territorios por falta de presupuesto.

4.2. Recomendaciones para la gestión integral de residuos en el mundo.

A continuación, se expondrán algunas de las recomendaciones que diversas organizaciones han publicado para el tema de la gestión integral de los residuos. Algunas, sino es que todas, se basan en principios de la economía circular.

4.2.1. Unión Europea (UE)

La Unión Europea ha establecido una serie de principios mediante los cuales sus países miembros pueden basarse para crear su propia legislación en materia de residuos sólidos.

Estos principios son los siguientes:

- Prevención, se buscará que la generación de residuos se reduzca o si es posible, se evite.
- Responsabilidad del productor, este principio tiene como objetivo hacer responsables de sus acciones a todo aquel que contamine el medio ambiente o que produzca residuos.
- Precaución, se debe anticipar todo aquel problema potencial de la gestión.
- Proximidad, los residuos no deben trasladarse lejos de los sitios donde son producidos, deben tratarse lo más cerca posible a su origen.

También se hace hincapié en la necesidad de crear nuevos y mejores instrumentos para la gestión integral de los residuos como nuevos reglamentos, contar con datos fidedignos y comparables sobre la gestión, la creación de planes y vigilar el cumplimiento de la legislación (Comisión Europea, 2000).

Otras recomendaciones de la UE para la gestión de residuos son (Residuos profesional, 2017):

- Introducir un impuesto nacional al vertido de residuos municipales.
- Actualizar planes de manejo constantemente.
- Identificar buenas prácticas en el manejo de residuos y documentarlas.
- Gestión de bio-residuos.
- Modernización de la infraestructura para la gestión de los residuos.
- Vincular de forma progresiva los costes a la generación.
- Fomentar la eficiencia del sistema.

4.2.2. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS).

Esta asociación establece objetivos para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos (Tello, S.f.):

- Asegurar la salud de la población.
- Proteger al ambiente.
- Hacer sostenible el manejo de residuos
- Reducir la generación de gases de efecto invernadero.

Mediante la ejecución de estos principios:

- Separación desde la fuente de generación y minimización, de esta manera se reduce la cantidad de residuos que se transportan, tratan y disponen, será más sencillo la valorización de residuos y se aumentará la vida útil de los productos.
- Recolección separada, permite obtener residuos limpios y de mejor calidad para su tratamiento y valorización.
- Valorización de residuos, permite la creación de un mercado de materia prima secundaria.
- Valorización del servicio, se reducen los costos de transporte, disposición y tratamiento de los residuos y permite la inversión en mejores sistemas para el manejo de residuos.
- Integrar los materiales recuperados a los sistemas de producción.

4.2.3. Organización de las Naciones Unidas (ONU).

La ONU, promueve la ejecución de distintos instrumentos para la gestión de residuos (Pon, 2019):

- Legislación y regulación.

Estos son elementos fundamentales para la protección de la salud humana y el ambiente, se recomienda el establecimiento de reglamentos para la gestión de corrientes específicas de residuos como los residuos electrónicos, para la fabricación de productos y la implementación de la REP.

- Planificación y acuerdos ejecutivos.

La gestión integral de los residuos debe ser una prioridad nacional, se deben definir los intereses y metas del país en esta materia. Se recomienda garantizar los recursos y propiciar la sostenibilidad financiera de la gestión, evitando las políticas contradictorias.

Se fomentará el desarrollo de planes nacionales para el manejo de los residuos y su reciclaje.

- Instrumentos económicos.

Se recomienda la implantación de impuestos a los que generen una mayor cantidad de residuos, así como, la creación de tasas y cobros a los usuarios, para solventar el costo de la gestión.

La financiación del servicio se puede llevar a cabo mediante impuestos, cargos directos al usuario o esquemas REP.

- Acuerdos voluntarios.

Llegar a acuerdos con sectores específicos de la industria, para tomar medidas concretas para la prevención, recolección y valorización de los materiales desechados que ellos producen.

- Educación y sensibilización.

Creación de campañas de sensibilización sobre los impactos negativos de una mala gestión de los residuos y enseñanza sobre buenos hábitos como la separación de los residuos desde su origen. Promover la participación de la sociedad en la gestión.

- Información y evaluación.

Establecer sistemas de información e indicadores para evaluar la eficiencia de la gestión. Informar a todos los participantes de la actualidad de la gestión e involucrarlos en la toma de decisiones.

Capítulo 5 Propuesta de acciones para mejorar la gestión integral de residuos en México.

La situación actual de la gestión integral de los residuos en México muestra un evidente retraso en la implantación de nuevas políticas en materia de residuos y tecnologías para el tratamiento de estos en comparación con otros países, además de una falta de coordinación e interés en contar con información detallada sobre los residuos para una correcta gestión.

Otro aspecto que influye en la limitada eficiencia de la gestión integral de los residuos en México es la falta de inversión en este rubro, ya que los residuos sólidos urbanos son competencia de los gobiernos municipales, los cuáles son dependientes del presupuesto que se les asigne y en muchas ocasiones, no es suficiente para cubrir todos servicios relacionados al manejo de los residuos.

A pesar de que algunos materiales se reciclan al nivel de países más desarrollados (por ejemplo: el PET, aluminio, papel y cartón) es imposible saber con certeza la cantidad de materiales que se reciclan debido a que la mayoría de estos se hacen en la informalidad.

La legislación en materia de residuos en nuestro país tiene conceptos como la *responsabilidad compartida* para una correcta gestión de los residuos; sin embargo, es un modelo que no termina por funcionar en nuestro país, puesto que al ser tan amplia no termina por esclarecer las responsabilidades de cada uno y no se ejerce ningún tipo de supervisión para su cumplimiento.

También, contempla que cada municipio puede establecer sus propias tarifas para el cobro del servicio, sin embargo, hay un extraño entendimiento por parte de la sociedad de que este tipo de servicios debe ser brindado por parte del gobierno sin cobrarlo de manera directa, razón por la cual aún hay muchos municipios sin servicios de recolección o sitios de disposición final que cumplan con la normatividad, ya que no se obtienen recursos para mejorar la gestión. Es por eso, por lo que, en este capítulo se realizan una serie de recomendaciones para mejorar la gestión integral de los residuos en nuestro país.

5.1. Integración del esquema de la Responsabilidad Extendida del Productor dentro de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos establece los lineamientos mediante los cuales se ejerce la Gestión Integral de los Residuos, sin embargo, su cumplimiento no se lleva a cabo en su totalidad debido a la falta de coordinación y supervisión en su ejecución. Además, no se supervisa el cumplimiento de las responsabilidades de cada actor dentro de la gestión, por lo que, al final, el único responsable de la gestión de los residuos sólidos urbanos son los gobiernos municipales.

Es importante que se establezca la figura de la Responsabilidad Extendida del Productor, en lugar de la *responsabilidad compartida*, ya que de esta manera se le obliga a los productores a hacerse responsables de los residuos que generan sus productos y a mejorar la calidad de estos, para que puedan extender su vida útil dentro del ciclo productivo y disminuir la explotación de recursos naturales.

Integrando este esquema en la gestión de los residuos, se promueve la creación de nuevas empresas que se dediquen a brindar sus servicios para el manejo de los residuos, para que regresen a los productores y se reintegren a la cadena productiva. También, la propia industria se puede hacer cargo de la gestión de sus residuos.

Mediante un esquema como este, la gestión integral de los residuos se puede ver beneficiada debido a que se logra mejorar el financiamiento de ésta con las aportaciones de los productores y, además, se crea mejor infraestructura para el manejo de los residuos y su reciclaje, ya que los municipios ahorran debido a la disminución de residuos que deben manejar.

De esta manera, se evita la flexibilidad que existe en el cumplimiento de las responsabilidades por parte de los productores y, además, se integran activamente los consumidores dentro de la gestión, ya que tienen que disponer correctamente sus residuos, para no ser acreedores a multas o ausencia del servicio.

5.2. Implementación de un censo específico en materia de residuos.

Una de las principales carencias dentro de la gestión es la falta de información actualizada y detallada, ya que se destinan limitados esfuerzos y recursos para ello. El Diagnóstico Básico de la Gestión Integral de los Residuos, obtiene su información del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México que se lleva a cabo cada dos años. Sin embargo, son pocos los rubros sobre los que se solicita información acerca del manejo de los residuos y algunos municipios no cuentan con las herramientas para obtener esos datos.

Es por eso, que es necesario implementar acciones para poder contar con datos más precisos sobre la gestión. Una buena propuesta es la creación de un censo específico para este rubro que permita diversificar la información con la que se cuenta, que sea financiado y ejecutado por el gobierno federal, y que, además, promueva la transparencia y acceso a la información por parte de la población en general.

El censo debe abarcar desde los estudios de generación y composición de los residuos, debido a que este tipo de estudios son sumamente importantes para comprender las problemáticas locales de la gestión de residuos y facilita la toma de decisiones, hasta los inventarios finales en los sitios de disposición final, que permiten evaluar la calidad de la gestión.

Contar con información especializada, es una herramienta fundamental para llevar a cabo un mejor diagnóstico sobre la situación actual de los residuos dentro de nuestro país y permite llevar a cabo acciones específicas para mejorar la gestión, así como, para promover nuevas políticas en materia de residuos.

Además, de esta manera se facilitará la estandarización de la información con la que se cuenta facilitando la evaluación de los modelos de gestión, que, en caso de ser exitosos, podrían duplicarlos en otros municipios o regiones con situaciones similares.

5.3. Formalización del sector informal e integración dentro de la Gestión Integral de los Residuos.

La marginación social y la pobreza extrema, ha ocasionado que muchas personas encuentren en la recuperación de materiales, ya sea de domicilios, comercios, oficinas e industrias, una manera de obtener ingresos y poder sobrevivir. Sin embargo, al llevar a cabo esta actividad no cuentan con condiciones de higiene, salud y seguridad necesarias para garantizar su bienestar.

Los recolectores informales o pepenadores son personas que han realizado durante mucho tiempo este tipo de actividades y en ocasiones, son familias enteras quienes se desarrollan en este ámbito. No obstante, es importante recalcar que no lo hacen con una sensibilidad ambiental, sino como una forma de vida para poder sobrevivir (Wamsler, 2000).

Estos trabajadores intervienen en todas las etapas de la gestión, desde la recolección (o incluso desde el almacenamiento) hasta la disposición final. No obstante, se enfrentan a situaciones que afectan su salud e incluso su seguridad, ya que muchas veces tienen que “pelear” por poder recolectar materiales dentro de los sitios de disposición, en otras ocasiones, son explotados por asociaciones de pepenadores (Figura 5.1).



Figura 5.1 Recolección informal de materiales en Planta de Selección San Juan de Aragón (Foto propia)

El acopio informal de materiales reciclables representa el 67% del total de materiales recuperados en nuestro país, es por eso, que no se puede pasar por alto la importancia que tiene esta actividad en la gestión de los residuos. Por lo que, es necesario incorporarlos dentro de un nuevo modelo de gestión de residuos, en el cual, se les brinde la oportunidad de mejorar sus condiciones de trabajo.

En algunos países, incluir al sector informal dentro de los modelos de gestión y manejo de residuos público-privados, ha permitido ampliar la cobertura de servicios de recolección, aumentar la cantidad de materiales recuperados y ofrecerles mejores condiciones de trabajo, además de que brindan sus servicios a un mejor costo en comparación con empresas ya establecidas.

5.4. Implementación de un sistema de cobro de tarifas para lograr la sostenibilidad financiera de la gestión.

En México, el financiamiento de la gestión de los residuos queda a cargo de las autoridades municipales, que pueden financiarla individualmente o en conjunto con otros municipios en organismos operadores; sin embargo, se estima que la gestión puede llegar a requerir del 10-15% del presupuesto anual del municipio. Por lo que, en muchas ocasiones, los municipios prefieren dejar de invertir en este sector para utilizar los recursos en otros sectores de la gestión pública.

En nuestro país, únicamente 167 municipios de 13 entidades federativas reportan el costo que les representa la recolección y 84 municipios de 10 estados, documentan el costo de la disposición final de los residuos (SEMARNAT, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020). Esto es un dato alarmante, debido a que, para poder contar con una gestión integral de los residuos eficiente, es necesario conocer su costo total y, de esta manera, administrar correctamente los recursos necesarios para implementarla y analizar opciones para recuperar los costos que genera la gestión.

Para poder implementar un sistema de recuperación de costos por la gestión, lo primero que debe hacerse es desarrollar herramientas que permitan conocer el

costo total de la gestión en cada uno de los municipios donde se desee aplicarlos, posteriormente llevar a cabo un estudio para conocer el ingreso promedio de cada vecindario o localidad y analizar la ejecución de un plan de tarifas diferenciadas por nivel de ingreso o por cantidad de residuos generados.

La integración de estos esquemas de cobro de tarifas por la gestión de los residuos, requieren apoyo gubernamental, no solo de los gobiernos municipales sino del gobierno estatal o federal, para que se lleven a cabo campañas de apoyo político para la implementación de este tipo de sistemas.

Además, es necesaria la realización de campañas de concientización sobre el impacto positivo que tienen este sistema de recuperación de costos en la gestión integral de los residuos, así como, de sus beneficios ambientales. Debido a que, no solo se busca la recuperación de los costos, sino también obtener recursos para mejorar la infraestructura y dar soluciones a los puntos débiles de la gestión.

5.5. Planeación y ejecución de campañas para la concientización social en tema de residuos.

Uno de los apoyos más importantes para que la gestión integral de los residuos sea exitosa, es la implementación de campañas de concientización social y educación ambiental enfocadas a este rubro.

En México, no existen muchos ejemplos sobre campañas de esta índole a nivel nacional, sin embargo, en algunos estados se realizan algunas. Por ejemplo, en la Ciudad de México, junto con el programa *basura cero*, se introdujo la *Campaña de Concientización para la Acción Ambiental*, la cual consiste en una serie de videos donde se fomenta la disminución en el uso de plásticos desechables, sustituyéndolos por objetos de materiales reutilizables como bolsas de tela o envases rellenables (Figura 5.2).



*Figura 5.2 Video "Yo prefiero usar bolsa de tela"
(SEDEMA, Campaña de concientización para la Acción Ambiental, 2020).
Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=b0Xc3uU6B-4>*

Razón por la cual, es necesario que se promueva la creación de más campañas como esta, que tengan un impacto en todos los estratos de la sociedad y que perduren en la cultura popular. Estas campañas de concientización pueden difundirse mediante el uso de redes sociales o a través de medios de comunicación masivos para tener un mayor impacto.

Otro aspecto que puede favorecer a la gestión integral de los residuos es la creación de herramientas que permitan a la población a adentrarse en temas como la reducción, reutilización y el reciclaje, así como, para conocer aspectos importantes de la gestión y de su participación en esta.

Un ejemplo de ello es el sitio web *Waste Wizard* creado por el ayuntamiento de la ciudad de Toronto, en Canadá, que permite a los usuarios conocer la manera en que se deben manejar algunos residuos en particular. Por ejemplo, una búsqueda de palabras como "lápiz" o "ropa" brinda información sobre cómo y dónde donar

artículos en buenas condiciones o como desechar correctamente estos objetos para que tengan un manejo adecuado (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018). (Figura 5.3)

Know Before You Throw!

Use Waste Wizard to find out what waste items go where.

If you live in an apartment, condo or co-op, check with your Property Manager or Superintendent to find out where to properly dispose of garbage, recycling, organics and other items in your building.

Consider donating items that are in good condition. Find out [where to donate](#) gently used clothing, toys, books and more.



Figura 5.3 Captura de Pantalla del Sitio Web "Waste Wizard" de la ciudad de Toronto, Canadá. Recuperado de <https://www.toronto.ca/services-payments/recycling-organics-garbage/waste-wizard/>

La implementación de una herramienta como esta permite que la población se adentre en la gestión de los residuos y permite una mejor comunicación entre todos los actores que participan en ella, ya que se atienden dudas específicas que tienen los generadores y facilita el manejo de los residuos.

Se debe hacer uso de todas las plataformas posibles para hacer llegar a la población información de calidad sobre la gestión integral de los residuos, que permita conocer los beneficios del cumplimiento de las responsabilidades de cada participante dentro de esta, tanto los beneficios económicos como los ambientales, al igual que, crear conciencia sobre el impacto que tienen las acciones que realizamos en el ambiente.

5.6. Creación de nuevos planes para la prevención y gestión integral de los residuos.

En nuestro país es una necesidad urgente que se renueven los planes para la prevención y gestión integral de los residuos, para que estos tengan una mayor cohesión y se trabaje de mejor manera entre los distintos niveles de gobierno.

De acuerdo con lo establecido en la legislación, los residuos sólidos urbanos son responsabilidad de los gobiernos municipales, sin embargo, con el paso de los años se ha demostrado la incapacidad de muchos de ellos para manejar correctamente los residuos, ya sea por falta de interés político, falta de capacitación o de presupuesto.

Es por eso, que es pertinente crear planes para la gestión de los residuos que consideren las características locales y regionales de la generación y manejo de estos y que permitan la cooperación entre municipios y entre los distintos niveles de gobierno. De esta manera, se facilita la aplicación de modelos de gestión que fomenten la creación de organismos operadores, ya sean locales o regionales, que permitan a los municipios contar con herramientas para alcanzar una gestión eficiente de los residuos.

Estos nuevos planes deben establecer las bases mediante las cuales se lleve a cabo la gestión, teniendo como objetivo la reducción en la generación de los residuos, su valorización, un correcto manejo y la disminución de la cantidad de residuos que llegan a sitios de disposición final. También, se debe promover la concientización sobre la importancia de mejorar la gestión de los residuos y de las responsabilidades que la población tiene en ella.

El monitoreo del cumplimiento de la normatividad y la supervisión en la ejecución de la gestión serán factores que determinen su éxito, por lo que, los fundamentos para llevarlo a cabo deben establecerse en los nuevos planes para la prevención y gestión integral de los residuos. Esto permitirá que se cuente con un mayor control de la gestión y la toma de decisiones se facilite, permitiendo que se atienda de forma precisa las problemáticas que surjan dentro de esta.

Será importante la coordinación en la creación de los nuevos planes para la prevención y gestión integral de los residuos desde el nivel federal hasta el municipal, para que se logre una visión nacional que sea coherente con las necesidades que se tienen en este rubro dentro de nuestro país y que establezca una base para la futura toma de decisiones.

5.7. Promover el financiamiento de la gestión integral de los residuos mediante la venta de bonos de carbono.

Nuestro país, al formar parte del Acuerdo de París, se ha comprometido a cumplir metas específicas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), entre los objetivos se encuentra que el 43% de la energía generada sea limpia para el año 2030. Además, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático (LGCC), se estableció como meta el reducir en un 22% la emisión de GEI de acuerdo con la proyección para el mismo año.

Se estima que para el año 2030, en México, el sector de residuos sólidos estará generando cerca de 34.23 MtonCO₂e (INECC, 2018). Por lo que es necesario, fomentar proyectos para la regularización de tiraderos a cielo abierto y la construcción de rellenos sanitarios que cumplan con la NOM-083-SEMARNAT-2003, que permitan el aprovechamiento del biogás generado en estos sitios.

El aprovechamiento de los gases que se generan en los rellenos sanitarios representa una oportunidad para financiar los sistemas de manejo de los residuos sólidos, mediante la venta de bonos de carbono o la venta del biogás a empresas que produzcan energía eléctrica.

Los bonos de carbono son un mecanismo internacional que busca reducir las emisiones contaminantes al ambiente, mediante la venta de estos a empresas privadas o entidades gubernamentales, con el objetivo de que reduzcan las emisiones de GEI generadas por sus procesos y se promuevan proyectos que contribuyan a la mejora de la calidad ambiental (Serrano, 2019).

En el sector de los residuos sólidos, la venta de bonos de carbono es un gran aliciente para alcanzar la sostenibilidad de su gestión, así como fuente de financiamiento para la construcción de nueva infraestructura para la disposición final de los residuos. Asimismo, colabora en la disminución de las emisiones de GEI, que contribuyen al cambio climático.

Capítulo 6 Conclusiones

La gestión integral de los residuos en nuestro país se encuentra en un punto en el cual es urgente un cambio de perspectiva, debido a que durante muchos años ha sido un aspecto desatendido dentro de la gestión pública. Los esfuerzos para mejorarla han sido pocos y no muy exitosos, lo que representa que, actualmente, sea un tema primordial que atender en nuestro país, ya que puede ocasionar graves problemas ambientales y de salud pública.

En México, la gestión integral de los residuos se enfrenta a grandes retos como lo es la falta de cooperación entre los distintos actores que participan en ella, así como, la falta de delimitación de las responsabilidades de cada uno de ellos. Esto ha producido que gran parte de la responsabilidad recaiga en los gobiernos municipales, los cuales no cuentan con los recursos necesarios para lograr un eficiente manejo de los residuos.

Lo anteriormente mencionado ha ocasionado que la gestión presente grandes deficiencias como la escasa cantidad de residuos que reciben algún tipo de tratamiento o el pequeño porcentaje de estos que son reintegrados a procesos productivos, aunado a la gran cantidad de residuos que ingresan a sitios de disposición final y que representan un gran riesgo para el ambiente.

La falta de apoyo a las municipalidades para llevar a cabo la gestión ha ocasionado que el sector informal cubra esos espacios que los servicios públicos no pueden llenar, lo que conlleva a la falta de control sobre las etapas de la gestión y, por lo tanto, no se puedan implementar diferentes métodos para el manejo de los residuos, por ejemplo, la recolección selectiva o el desarrollo de nueva infraestructura para su tratamiento.

Otro aspecto que considerar es la falta de información actualizada sobre la gestión integral de los residuos. En México, no existe ningún tipo de censo especializado en el tema, por lo que, la información con la que se cuenta es insuficiente y no permite evaluar correctamente la gestión y, en consecuencia, dificulta la toma de decisiones para mejorarla.

Debido a esto, es necesario que se promueva la creación de un censo especializado en materia de residuos, que permita la creación de una base de datos sobre la gestión integral de los residuos y que proporcione las herramientas para una mejor toma de decisiones.

Por otro lado, es primordial que se renueven los planes para la prevención y gestión integral de los residuos, para que se facilite la cooperación entre niveles de gobierno y se delimite las responsabilidades de cada actor dentro de la misma. Se debe cambiar el concepto de responsabilidad compartida e involucrar de manera directa al productor como principal responsable de los residuos generados por sus productos, así como, promover la formalización e integración del sector informal.

Es importante que se consideren diferentes esquemas para llevar a cabo la gestión, de acuerdo con las características de los municipios y sus necesidades. Por ejemplo, organismos operadores que involucren a varios municipios u organismos operadores que incluyan al sector público y/o privado. Y considerar la implementación de tarifas de cobro por el servicio, lo que permitiría mejorar la infraestructura y el servicio mismo.

También se requiere la implementación de campañas que concienticen a la población sobre la importancia que tiene la gestión integral de los residuos y que fomente la participación de la sociedad en ella.

Referencias

- Álvarez Flores, C. (2020). Crisis Ambiental en México por el mal manejo de los residuos. *Alcaldes de México*.
- Climate Action Reserve. (2009). *Protocolo de Reporte de Proyectos en Rellenos Sanitarios en México*.
- Comisión Europea. (2000). *La UE apuesta por la gestión de residuos*.
- CONAGUA. (2015). *Atlas del Agua en México, 2015*.
- GAIA. (2018). *En camino hacia Basura Cero: Éxitos y lecciones alrededor del mundo*.
- GIZ. (2018). *Responsabilidad Extendida del Productor: Estudio Regional sobre la figura REP en Latinoamérica en comparación con Alemania y España bajo el Marco Legal de la Unión Europea*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Greenpeace. (2019). *Reciclar, la falacia de la industria en la lucha contra la contaminación plástica. Estado del reciclaje en México*.
- INECC. (2018). *Desarrollo de Rutas de Instrumentación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas en Materia de Mitigación de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GYCEI) del Sector Residuos Sólidos Urbanos en México*. Ciudad de México.
- INEGI. (2013). *Censos Nacionales de Gobiernos Municipales y Delegacionales*.
- INEGI. (2015). *Encuesta Intercensal 2015*. México.
- INEGI. (2018). *Producto Interno Bruto por Entidad Federativa*.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. Washington, DC: World Bank Publications.
- Libin, G. (26 de Abril de 2010). *Business Insider*. Obtenido de <https://www.businessinsider.com/15-resource-rich-countries-2010-4?r=MX&IR=T>
- Lindhqvist, T., Manomaivibool, P., & Tojo, N. (2008). *La responsabilidad extendida del productor en el contexto latinoamericano*. Lund, Suecia.
- Ministry of the Environment . (2014). *History and Current State Waste Management in Japan*. Tokyo, Japan.
- Montoya, J. D. (2015). *Desarrollo Sustentable*. Obtenido de <https://www.desarrollosustentable.co/2018/10/recursos-naturales-de-mexico.html>

- Pon, J. (2019). *Taller Regional: Instrumentos para la implementación efectiva y coherente de la dimensión ambiental de la agenda de desarrollo. Caso 4: Residuos*. San José, Costa Rica.
- Residuos profesional. (10 de Marzo de 2017). *Residuos profesional*. Obtenido de <https://www.residuosprofesional.com/recomendaciones-ue-espana-residuos/>
- Risso Giinther, W. M., & Grimberg, E. (2005). *Directrices para la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe*. AIDIS.
- SEDEMA. (2018). *Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México 2018*.
- SEDEMA. (15 de Enero de 2020). *Campaña de concientización para la Acción Ambiental*. Ciudad de México, México.
- SEMARNAT. (2015). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. México.
- SEMARNAT. (2019). *Visión nacional hacia una gestión sustentable: cero residuos*.
- SEMARNAT. (2020). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. México.
- Serrano, R. (20 de Noviembre de 2019). *Iluminet: revista de iluminación*. Obtenido de <https://www.iluminet.com/bonos-de-carbono-mexico/#:~:text=El%201%C2%BA%20de%20octubre%20de,de%20lo%20q u%C3%A9%20suceder%C3%A1%20con>
- Silvera, S. (22 de Abril de 2019). #DiaDeLaTierra: Los 10 países que generan más basura en el mundo. Chicago , Estados Unidos.
- Tello, P. (S.f.). *Nuevas tendencias en el manejo integral de los residuos sólidos*.
- Vilella, M. (2018). *Economía circular de Cero Residuos*. Santiago, Chile: MásGráfica Ltda.
- Wamsler, C. (2000). *El sector informal en la separación del material reciclable de los residuos sólidos municipales en el Estado de México*.