



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales

**Eficiencia del sistema de prevención y gestión integral de
residuos sólidos urbanos en México 2011 - 2021**

Tesis

Que para obtener el grado de Doctora en Políticas Públicas

Presenta:

Mtra. Gladis Cruz Romero

Director de tesis:

Dr. Rodrigo Gómez Monge

Morelia, Michoacán, agosto de 2024

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DOCTORADO EN POLÍTICAS PÚBLICAS

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la ciudad de Morelia, Michoacán, el día 11 de julio de 2024, los miembros de la mesa de sinodales designada por el H. Consejo Técnico del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, aprobaron para presentar en examen de grado la tesis titulada:

Eficiencia del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos en México 2011-2021

Presentada por la alumna:

Gladis Cruz Romero

Aspirante al grado de **Doctora en Políticas Públicas**. Después de haber efectuado las revisiones necesarias, los miembros de la mesa de sinodales manifestaron **SU APROBACIÓN DE LA TESIS** en virtud de que satisface los requisitos señalados por **las disposiciones reglamentarias vigentes**.

MESA DE SINODALES

Director de la tesis

Dr. Rodrigo Gómez Monge

Primer vocal

Dr. Félix Chamú Nicanor

Dr. Mario Gómez Aguirre

Segundo vocal

Tercer vocal

Dr. América Ivonne Zamora Torres

Dr. José Odón García García

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DOCTORADO EN POLÍTICAS PÚBLICAS

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de Morelia, Michoacán, el día 11 de julio de 2024, la que suscribe, ***Gladis Cruz Romero*** estudiante del programa de Doctorado en Políticas Públicas del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, manifiesto ser el autor intelectual del presente trabajo de tesis desarrollado bajo la dirección del Dr. Rodrigo Gómez Monge y cedo los derechos del trabajo titulado: ***Eficiencia del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos en México 2011-2021***, a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para su difusión con fines estrictamente académicos.

No está permitida la reproducción total o parcial de este trabajo de tesis, ni su tratamiento o transmisión por cualquier medio sin la autorización escrita del autor y/o de los directores de este. Cualquier uso académico que se haga de este trabajo deberá realizarse conforme las prácticas legales establecidas para este fin.

Gladis Cruz Romero

DEDICATORIA

A mi amado hijo Owen, por ser mi motivo de superación

Por ser la persona más importante en mi vida.

A mi esposo Vladimir, por ser un gran compañero de vida

Por motivarme a ser cada día mejor persona

Por alentarme a alcanzar mis metas profesionales.

A mis padres, hermanos, familia y amigos

Por siempre creer en mí, aun cuando yo tenía dudas

Por su cariño y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

En estas líneas quiero expresar mi agradecimiento a aquellas personas e instituciones que con su apoyo contribuyeron a la realización de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca otorgada durante el doctorado.

Mi más profundo y sincero agradecimiento al Dr. Rodrigo Gómez Monge, director de esta tesis, por su instrucción y colaboración durante el desarrollo de esta investigación, por compartir su conocimiento y experiencia, por guiarme cuando no sabía por dónde seguir, por su apoyo y por su gran paciencia.

A mis sinodales, Dra. América Ivonne Zamora Torres, Dr. Félix Chamú Nicanor, Dr. Mario Gómez Aguirre, Dr. José Odón García García; les agradezco su tiempo, dedicación y compromiso a esta tesis, por brindarme las herramientas necesarias para llevar a cabo esta investigación, por las observaciones realizadas durante cada evaluación, las cuales sin duda mejoraron el trabajo final y por tener siempre las puertas abiertas para una servidora. Mi respeto y agradecimiento siempre.

A mi esposo Vladimir, gracias por tu amor y apoyo incondicional, por siempre motivarme a ser una mejor persona, y por crear a mi lado hermosas experiencias de vida.

A Owen, quien es mi mayor inspiración para superarme día a día, por darme la dicha de realizar el proyecto más importante de mi vida, ser tu mamá, te amo baby.

A mis padres y hermanos, por creer en mí, por siempre alentarme a perseguir mis sueños y por enseñarme a no rendirme frente a las adversidades, por su comprensión y su apoyo incondicional.

A mis familiares y amigos, por el apoyo en esas ocasiones especiales en las que no pude estar para ustedes, por escucharme, por apoyarme y por darme la fortaleza para seguir adelante.

A mis compañeros de generación y profesores, por sus enseñanzas y por los momentos de felicidad, de éxito y de estrés compartidos.

ÍNDICE GENERAL

Índice de tablas	10
Índice de gráficas	13
Índice de figuras	15
Siglas	16
Glosario	19
Resumen	24
Abstract	25
Introducción	26
CAPÍTULO I	
Fundamentos de la investigación	30
1.1. Problemática identificada.....	30
1.2. Preguntas de la investigación.....	32
1.3. Objetivos de la investigación.....	33
1.4. Hipótesis de la investigación	33
1.5. Justificación	34
1.5.1. Trascendencia	34
1.5.2. Horizonte temporal y espacial.....	36

1.6. Diseño de la investigación	36
---------------------------------------	----

CAPÍTULO II

Los residuos sólidos urbanos, una problemática desde diversas esferas	37
--	-----------

2.1. Los residuos sólidos urbanos, un panorama internacional.....	37
---	----

2.2. La basura una perspectiva desde la salud y el medio ambiente.....	38
--	----

2.3. Los residuos sólidos urbanos y sus aspectos económicos, sociales y culturales	42
--	----

2.4. México y la gestión de residuos sólidos urbanos, desde una perspectiva legal.....	45
--	----

2.5. El contexto de los residuos sólidos en México	50
--	----

CAPÍTULO III

Los residuos sólidos urbanos como objeto de estudio de las políticas públicas	57
--	-----------

3.1. Antecedentes y conceptualización de políticas públicas	57
---	----

3.2. El ciclo de las políticas	60
--------------------------------------	----

3.3. Evolución de las políticas públicas en materia de residuos en México	62
---	----

3.4. Los residuos en México: un análisis desde el ámbito de las políticas públicas.....	64
---	----

CAPÍTULO IV

Teorías y tendencias en torno a la gestión integral de residuos solidos urbanos	69
--	-----------

4.1. La taxonomía de los residuos.....	69
--	----

4.2. La gestión integral de residuos sólidos	72
--	----

4.3. La teoría del desarrollo sostenible y la gestión de residuos sólidos urbanos.....	79
4.4. La teoría de los sistemas aplicada a la gestión integral de residuos	83
4.5. La economía circular una teoría viable ante el problema de los residuos	85
4.6. Resumen teórico.....	90

CAPÍTULO V

Fundamentos teóricos y metodológicos de la eficiencia.....	92
5.1. Conceptualización y métodos de estimación de la eficiencia.....	92
5.2. Metodología de análisis envolvente de datos (DEA).....	96
5.3. Variaciones de la eficiencia a través del tiempo.....	102
5.4. Análisis factorial	106
5.5. Aplicación práctica de los modelos DEA	109

CAPÍTULO VI

El sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos en México: un análisis DEA	124
6.1. Selección de las unidades de análisis y disponibilidad de datos.....	124
6.2. Eficiencia en la recolección y transporte de rsu en las entidades federativas de México 2017, 2019 y 2021.....	128
6.2.1. Análisis factorial modelo 1	128
6.2.2. Inputs y outputs seleccionados modelo 1.....	132

6.2.3. Desarrollo del modelo DEA 1.....	132
6.2.4. Índice de productividad de Malmquist modelo 1.....	135
6.3. Eficiencia en la selección, separación y recolección de residuos sólidos en México 2011- 2021.	138
6.3.1. Análisis factorial modelo 2.....	139
6.3.2. Inputs y outputs seleccionados modelo 2.....	141
6.3.3. Desarrollo del modelo de DEA 2.....	142
6.3.4. Índice de productividad de Malmquist modelo 2.....	145
6.4. Eficiencia en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos y no selectivos en México, 2017 y 2019.....	148
6.4.1. Análisis factorial modelo 3.....	149
6.4.2. Inputs y outputs seleccionados modelo 3.....	153
6.4.3. Desarrollo del modelo DEA 3.....	154
6.4.4. Índice de productividad Malmquist modelo 3.....	157
6.5. Análisis de los resultados de los modelos DEA realizados.....	161

CAPÍTULO VII

Propuesta de política pública para mejorar la eficiencia en el sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos en las entidades federativas de México	164
7.1. Identificación del problema y alternativas de solución.....	165

7.1.1. Análisis de involucrados	165
7.1.2. Análisis del problema	168
7.1.3. Análisis de objetivos	170
7.1.4. Identificación de alternativas de solución al problema y selección de la alternativa óptima	171
7.2. Matriz de marco lógico	175
7.3. Resumen ejecutivo	177
Conclusiones y recomendaciones	185
Referencias	191
Anexos	213

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Enfermedades infecciosas relacionadas a los residuos sólidos.....	40
Tabla 2. Preguntas a responder en cada etapa de las políticas públicas	61
Tabla 3. Los residuos sólidos y su análisis desde las políticas públicas.....	66
Tabla 4. Taxonomía de los residuos	71
Tabla 5. Modelos aplicados a los residuos utilizando la metodología DEA	116
Tabla 6. Unidades de análisis (DMU'S).....	125
Tabla 7. Relación de variables utilizadas en el sistema de gestión y recolección de residuos ...	126
Tabla 8. Disponibilidad de los datos CNGMD 2011-2021.....	127
Tabla 9. Prueba de KMO Y Bartlett modelo 1	129
Tabla 10. Comunalidades modelo 1.....	130
Tabla 11. Varianza total explicada modelo 1.....	130
Tabla 12. Matriz de componente ^a modelo 1.....	131
Tabla 13. Matriz de correlaciones ^a modelo 1	131
Tabla 14. Inputs y outputs a utilizar modelo 1.....	132
Tabla 15. Eficiencia de las entidades federativas de México en la recolección de residuos sólidos 2017, 2019 y 2021.....	134
Tabla 16. Índice de productividad de Malmquist 2017-2021	136

Tabla 17. Prueba de KMO y Bartlett modelo 2	139
Tabla 18. Comunalidades modelo 2.....	140
Tabla 19. Varianza total explicada modelo 2.....	141
Tabla 20. Matriz de componente ^a modelo 2.....	141
Tabla 21. Inputs y outputs a utilizar modelo 2.....	142
Tabla 22. Eficiencia de las entidades federativas de México en la selección, separación y recolección de residuos sólidos 2011-2021	144
Tabla 23. Índice de productividad de Malmquist 2011-2021	146
Tabla 24. Matriz de correlaciones ^a modelo 3.....	150
Tabla 25. Prueba de KMO Y Bartlett modelo 3	150
Tabla 26. Comunalidades modelo 3.....	151
Tabla 27. Varianza total explicada modelo 3.....	152
Tabla 28. Matriz de componente ^a modelo 3	152
Tabla 29. Matriz de componente rotado ^a modelo 3	153
Tabla 30. Inputs y outputs a utilizar modelo 3.....	153
Tabla 31. Eficiencia en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos y no selectivos en las entidades federativas de México, 2017 y 2019	156
Tabla 32. Índice de productividad de Malmquist 2017 y 2019	158
Tabla 33. Porcentajes de eficiencia promedio obtenidos en los tres modelos DEA.....	162

Tabla 34. Porcentajes y tipo de variación en los factores de productividad total de los 3 modelos DEA.	163
Tabla 35. Matriz de Marco Lógico	176
Tabla 36. Estructura del PNPGIR 2022-2024.....	180
Tabla 37. Objetivos, estrategias y acciones del PNPGIR 2022-2024.....	181

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Costo de la degradación ambiental por residuos sólidos urbanos en México.....	43
Gráfica 2. Hogares en México que separan y no separan la basura y sus motivos.....	50
Gráfica 3. Municipios y demarcaciones territoriales con servicio de recolección de residuos en México	51
Gráfica 4. Promedio diario de kilogramos de residuos recolectados en México.....	52
Gráfica 5. Porcentaje de basura según tipo de recolección (selectiva y no selectiva)	53
Gráfica 6. Número de vehículos recolectores de residuos por rango de antigüedad	54
Gráfica 7. Porcentajes y tipos de residuos recolectados en México en el año 2019.....	55
Gráfica 8. Eficiencia técnica, asignativa y global de Farell.....	94
Gráfica 9. Índice de Malmquist-Efecto Catch up y Frontier shift	106
Gráfica 10. Eficiencia promedio de las entidades federativas de México en la recolección de residuos sólidos 2017, 2019 y 2021	135
Gráfica 11. Entidades federativas que aumentaron su productividad en la recolección de residuos sólidos 2017 - 2021	137
Gráfica 12. Entidades federativas que disminuyeron su productividad en la recolección de residuos sólidos 2017- 2021	138
Gráfica 13. Eficiencia de las entidades federativas de México en la selección, separación y recolección de residuos sólidos 2011-2021	145

Gráfica 14. Entidades federativas que aumentaron su productividad en la selección, separación y recolección de residuos sólidos 2011- 2021	147
Gráfica 15. Entidades federativas que disminuyeron su productividad en los procesos de selección, separación y recolección de residuos sólidos en el periodo 2011-2021	148
Gráfica 16. Eficiencia en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos y no selectivos en las entidades federativas de México, 2017 y 2019	157
Gráfica 17. Entidades federativas que aumentaron su productividad en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos y no selectivos en los años 2017 y 2019.....	159
Gráfica 18. Entidades federativas que mantuvieron su productividad en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos y no selectivos en los años 2017 y 2019.....	160
Gráfica 19. Entidades federativas que disminuyeron su productividad en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos y no selectivos en los años 2017 y 2019.....	161
Gráfica 20. Eficiencia promedio obtenida en los tres modelos por entidad federativa	162
Gráfica 21. Kilogramos de RSU selectivos y no selectivos recolectados por día en las entidades federativas de México en 2019	172
Gráfica 22. Inputs utilizados en la prevención y gestión de RSU en las entidades federativas en el 2019.....	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución histórica de la legislación en materia de RSU en México.....	46
Figura 2. Características sobresalientes de la LGPGIR y de sus instrumentos.	47
Figura 3. Legislación relacionada al tema de residuos en México	48
Figura 4. Etapas y elementos de la prevención y gestión de residuos en México	73
Figura 5. La teoría de gestión de residuos Vs el mundo de los residuos	75
Figura 6. Gestión de residuos sólidos con enfoque de sostenibilidad.....	77
Figura 7. Relaciones interactivas y jerárquicas de las etapas de gestión de residuos.....	79
Figura 8. Diagrama de economía circular de Ellen MacArthur Foundation.....	87
Figura 9. Resumen teórico	91
Figura 10. Modelo DEA 1	133
Figura 11. Modelo DEA 2	143
Figura 12. Modelo DEA 3	155
Figura 13. Árbol de problemas	169
Figura 14. Árbol de objetivos	170
Figura 15. Identificación de alternativas.....	174

SIGLAS

ACP	Análisis de Componentes Principales
AFC	Análisis Factorial de Correspondencias
AHP	Analytic Hierarchy Process – Proceso de Jerarquía Analítica
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CNGMD	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales
CONAHCYT	Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías
CPEUM	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
CRS	Constant Return to Scale - Rendimientos Constantes a Escala
CSS	Consejo Superior de Salubridad
DBGIR	Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos
DEA	Data Envelopmet Analysis - Análisis Envolvente de Datos
DIS	Dirección de Ingeniería Sanitaria
DMU	Decisión Making Unit - Unidad de Toma de Decisiones
DOF	Diario Oficial de la Federación
EPA	Environmental Protection Agency - Agencia de Protección Ambiental
FONADIN	Fondo Nacional de Infraestructura
FPAN	Foro Político de Alto Nivel sobre el Desarrollo Sostenible
GIRSU	Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos
IBAM	Instituto Brasileño de Administración Municipal
IFC	International Finance Corporation - Corporación Financiera Internacional

INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change - Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IPM	Índice de Productividad de Malmquist
KMO	Kaiser- Meyer- Olkin
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
LGS	Ley General de Salud
MML	Metodología de Marco Lógico
MOHOMA	Módulo de Hogares y Medio Ambiente
NMX	Normas Mexicanas
NOM	Normas Oficiales Mexicanas
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económico
OCSAS	Organizaciones Comunitarias de Servicios de Agua y Saneamiento
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PGIRS	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos
PNPGIR	Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PSE	Programa Sectorial de Educación
PTF	Producción Total de los Factores

RME	Residuos de Manejo Especial
RP	Residuos Peligrosos
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SAO	Sustancias Agotadoras de Ozono
SCEEM	Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEP	Secretaria de Educación Pública
SHCP	Secretaria de Hacienda y Crédito Público
UE	Unión Europea
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNEP	United Nations Environment Programme - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
VRS	Variable Return to Scale - Retornos Variables a Escala

GLOSARIO

Análisis envolvente de datos	Es un modelo de frontera no paramétrico determinístico, el cual a partir de características empleadas de inputs y las cantidades producidas de outputs, determina cuáles son las mejores prácticas, comparando DMU escogida con todas las combinaciones lineales del resto de unidades de la muestra (Navarro, 2005).
Análisis factorial	Método de reducción estadística que tiene como objetivo explicar las posibles correlaciones entre ciertas variables, teniendo en cuenta el efecto de factores, que no son observables.
Aprovechamiento	Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.
Cambio tecnológico	Refleja el cambio en las fronteras de eficiencia de una DMU entre dos periodos de tiempo (García, 2010).
Desarrollo sostenible	Es la satisfacción justa de las necesidades humanas en la tierra, pensando especialmente en la justicia entre las generaciones actuales y futuras (Díaz y Escárcega, 2009).
Disposición de residuos	Colocación final o destrucción, en lugares habilitados aprobados, de los desechos tóxicos, radiactivos u otros; los pesticidas excedentes o

prohibidos u otros compuestos químicos; suelos contaminados y tambos con material peligroso proveniente de acciones de eliminación o emisiones accidentales (LGPGIR, 2023).

Economía circular	Modelo económico eco amigable que pretende alargar la vida útil de los productos sólidos y volverlos un recurso
Eficiencia	El éxito en producir la mayor cantidad posible de output, a partir de un conjunto determinado de inputs (Farrell, 1957).
Eficiencia asignativa	La relación entre la longitud de la línea desde su origen hasta el punto que será proyectado en el isocosto eficiente de la unidad considerada y la longitud de la línea que une el origen al punto proyectado sobre la isocuanta eficiente de precios (Delfín y Navarro, 2014).
Índice de Productividad de Malmquist	Indicador que representa el crecimiento de la productividad total de los factores de una unidad productiva, refleja el progreso en eficiencia de conformidad con los cambios tecnológicos en el tiempo, que se manifiesta como desplazamiento de la propia frontera bajo un marco de múltiples insumos y productos (Caves et al., 1982).
Input	Insumo empelado en un proceso productivo (Navarro y Torres, 2003).
Lixiviado	Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su

deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos (LGPGIR, 2023).

Manejo integral Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social (LGPGIR, 2023).

Output Producto o servicio resultante de un proceso productivo (Navarro y Torres, 2003).

Plan de manejo Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social (LGPGIR, 2023).

Políticas públicas Estrategias encaminadas a resolver problemas públicos (Lasswell, 1951).

Productividad Relación entre recursos utilizados y productos obtenidos, y denota la eficiencia con la cual los recursos son usados para producir bienes y servicios en el mercado (Martínez, 1998).

Reciclaje Proceso mediante el cual ciertos materiales de la basura se separan, escogen, clasifican, empacan, almacenan y comercializan para reincorporarlos como materia prima al ciclo productivo (LGPGIR, 2023).

Recolección	Acción de tomar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento, para depositarlos en el equipo destinado o conducirlos a las estaciones de transferencia, instalaciones de tratamiento o sitios de disposición final (LGPGIR, 2023).
Residuo	Material o producto que no cumple con el propósito, estructura, estado o desempeño que requiere el propietario (Pongrácz y Pohjola, 1997)
Residuos sólidos urbanos	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 (LGPGIR, 2023).
Responsabilidad compartida	Principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social (LGPGIR, 2023).

Valorización Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica (LGPGIR, 2023).

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo conocer el nivel de eficiencia y las variaciones de productividad del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos en las entidades federativas de México en el periodo 2011-2021; a fin de alcanzar el objetivo propuesto se revisaron los aspectos teóricos y metodológicos en materia de residuos sólidos, gestión integral, eficiencia y productividad, derivado de lo anterior se opta por la utilización de diferentes metodologías como, el Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés), el Análisis Factorial de Correspondencias (AFC) y el Índice de Productividad de Malmquist (IPM), mismas que en su conjunto brindan una mayor certeza de los resultados obtenidos. Al iniciar con la recolección se encontró que la disponibilidad de datos limitaba el análisis del sistema para todos los años propuestos por lo que se desarrollan tres modelos diferentes.

Los resultados obtenidos en los distintos modelos desarrollados muestran que, independientemente de los inputs utilizados, la mayoría de las entidades federativas fueron ineficientes en el uso de sus recursos, lo cual conduce a una disminución de su productividad. También se aprecia que los Estados que separan sus residuos, alcanzan un mejor nivel de eficiencia cuando se hace un análisis diferenciando entre la recolección total y la recolección selectiva, en este sentido, se considera que implementar estrategias enfocadas en la prevención y selección de residuos, pueden ser el elemento clave para mejorar la eficiencia del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos.

Palabras clave: residuos sólidos urbanos, eficiencia, productividad, análisis envolvente de datos, análisis factorial, políticas públicas.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to know the level of efficiency and productivity variations of the solid waste prevention and management system in the states of Mexico in the period 2011-2021, in order to achieve the proposed objective, the theoretical and methodological aspects of solid waste, comprehensive management, efficiency and productivity were reviewed, derived from the above, the use of different methodologies such as Data Envelopment Analysis (DEA), Factorial Correspondence Analysis (AFC) and the Index of Malmquist Productivity (IPM), which as a whole provided greater certainty of the results obtained. When starting with the collection, it was found that the availability of data limited the analysis of the system for all the years proposed, for which reason three different models are developed.

The results obtained in the different models developed show that, regardless of the inputs used, the majority of federal entities were inefficient in the use of their resources, which leads to a decrease in their productivity. It is also seen that States that separate their waste reach a better level of efficiency when an analysis is made differentiating between total collection and selective collection. In this sense, it is considered that implementing strategies focused on the prevention and selection of waste, they can be the key element to improve the efficiency of the comprehensive urban solid waste prevention and management system.

Keywords: solid urban waste, efficiency, productivity, data envelopment analysis, factor analysis, public policies.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento desordenado y desmedido de la población, el consumo irracional, el hecho de que se carece de sistemas de manejo de desechos adecuados, así como, la inadecuada aplicación de las políticas públicas para la gestión integral de residuos sólidos urbanos, han provocado un aumento significativo en la producción de desechos sólidos, los cuales al ser mal gestionados, han desencadenado una problemática que afecta en diversos ámbitos, negando con ello, a las personas, la oportunidad para vivir en un ambiente ecológicamente equilibrado y sustentable.

En este tenor, Haro y Taddei (2014) mencionan que la convivencia armoniosa con la naturaleza es uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad en la actualidad y, ya que es imposible imaginar al ser humano sin los recursos que le brinda el medio ambiente, es fundamental preservarlos. Por otro lado, el hecho de que el volumen y composición de los residuos sólidos urbanos ha cambiado a lo largo del tiempo, debido a factores como el aumento de la población y los patrones de consumo, así como a la introducción de nuevas sustancias y productos en el mercado, y la falta de conciencia colectiva sobre la importancia de los residuos como cuestión pública y su impacto; han conducido a que sea difícil reducir y controlar el impacto que la mala gestión de los residuos tiene en el medio ambiente, en la salud, en lo cultural y en lo económico, y a que a las autoridades ambientales y gubernamentales les resulte aún más complicado resolver o minimizar el problema (Gutiérrez, 2006).

En México en el año 2019, se produjeron 107, 055, 547 kilogramos de basura diaria y de estos solo el 12% fueron residuos selectivos (INEGI, 2019), en este sentido, las entidades federativas de México, deben de realizar estudios, que brinden la información mínima necesaria para determinar

las mejores estrategias de gestión y poder crear programas pertinentes y precisos que incluyan actividades de minimización, de reutilización y reciclaje, y que con ellas se permitan mejorar la gestión de los residuos. También, es importante destacar que la mayoría de los municipios de México carecen de estadísticas o evaluaciones sobre el manejo de los desechos sólidos urbanos (Buenrostro y Bocco, 2003; Gutiérrez y Pozo, 2006).

Derivado de lo anterior, la presente investigación realiza un análisis de la eficiencia y de las variaciones de productividad del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos en las 32 entidades federativas de México, con la finalidad de conocer cuáles han sido los niveles de eficiencia y sus variaciones en el tiempo, en las etapas de prevención, separación, selección, recolección y traslado de residuos sólidos urbanos, por parte de las entidades federativas, en el periodo 2011-2021, utilizando diferentes metodologías como, el análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés), el análisis factorial de correspondencias (AFC), el índice de productividad de Malmquist (IPM).

El documento está compuesto por siete capítulos, en el primer capítulo se exponen los fundamentos de la investigación, iniciando por la problemática identificada, de la cual se derivan las preguntas de investigación, los objetivos, y las hipótesis a contrastar, de igual forma, se exponen la justificación, el diseño y la metodología, que se utiliza para alcanzar los objetivos propuestos.

En el segundo capítulo, se expone el problema de la gestión de residuos sólidos desde diferentes ámbitos y perspectivas, con el propósito de explicar cómo afecta en la salud, el ambiente, y en la economía de los Estados un deficiente sistema de gestión de residuos sólidos, esta parte se complementa con algunos datos relevantes, sobre la problemática analizada.

El capítulo tres aborda el tema de los residuos como objeto de estudio de las políticas públicas, con la finalidad de comprender la constante relación entre gobierno y sociedad, y cómo esta es intercedida por medio de las políticas públicas (Aguilar, 1996). En el capítulo se exponen algunos conceptos básicos sobre política pública, política ambiental, y la relación de estas con el problema de los residuos sólidos urbanos, de igual forma, se mencionan las aportaciones realizadas por algunos de los autores que han abordado el tema de la gestión de residuos como problema público.

En el capítulo cuatro, se expone el tema de la gestión integral de residuos sólidos urbanos, haciendo una revisión de las teorías que ayudan a comprender de una mejor manera el fenómeno estudiado, además de conocer la evolución conceptual de los residuos; lo anterior en el entendido teórico de que las acciones implementadas para resolver el problema se llevan a cabo en función de la definición del problema (Vesely, 2017). Por lo tanto, en este apartado también se abordan los conceptos y teorías relacionadas con la gestión de residuos sólidos urbanos.

En el capítulo cinco se presentan los fundamentos conceptuales, referenciales y metodológicos de la eficiencia, de tal forma que el capítulo se divide en cinco apartados; en el primer apartado se mencionan algunos de los conceptos de eficiencia y sus métodos de estimación, en el segundo apartado se describe la metodología de análisis envolvente de datos, así como algunos de los modelos que se pueden desarrollar con ella; en el tercer apartado, se describe los elementos y procedimientos del análisis factorial, toda vez que esta técnica se utiliza como herramienta para dar mayor certeza de la selección de variables que se utilizan en cada uno de los modelos seleccionados, en el apartado cuatro, se desarrollan el índice de productividad Malmquist como herramienta para medir los cambios de eficiencia y tecnología a través del tiempo, en el apartado

cinco, se mencionan algunos de los modelos DEA que han sido desarrollados en diversos sectores, haciendo énfasis en los relacionados al tema de residuos sólidos.

En el capítulo seis, se desarrolla la metodología propuesta para determinar la eficiencia de los sistemas de prevención y gestión de residuos sólidos en México, iniciando con la definición y selección de las unidades de análisis, así como, la verificación de la disponibilidad de los datos, de igual forma, con la finalidad de dar una mayor certeza a la selección de inputs y outputs, se realiza un análisis factorial para cada modelo propuesto, el cual complementa la revisión bibliográfica previa, posteriormente, se realizan los diferentes modelos DEA y se determinan los cambios de productividad en los periodos analizados mediante el cálculo del índice de Malmquist. Este capítulo se divide en 4 apartados, uno para cada modelo, y en el cuarto apartado se hace un análisis de los resultados en conjunto.

En el capítulo siete se desarrolla una propuesta de política pública, enfocada a la prevención de residuos sólidos urbanos, la cual se realiza con la metodología del marco lógico, y está centrada a la capacitación de los ciudadanos en materia de educación ambiental y economía circular. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se exponen los fundamentos de la investigación, iniciando con la identificación de los elementos que se encuentran relacionados con la problemática, mismos que dan lugar a las preguntas de investigación, los objetivos que se persiguen, así como, a las hipótesis que se desean contrastar, de igual forma, se expone la justificación, el diseño y la metodología que se utiliza para alcanzar los objetivos propuestos, de tal forma que las directrices generales planteadas en este capítulo dan soporte y sustentan la investigación.

1.1. Problemática identificada

El tema de la prevención y gestión de los residuos, es algo que concierne a todos, pese a esto, la disposición de los residuos sólidos parece ser subestimada, tanto por los gobiernos, como por los individuos, ya que actualmente se genera en las zonas urbanas de México un kilogramo de basura por habitante al día, aproximadamente, sin tener preocupación alguna por cómo será dispuesta, ni por cuáles son los costos que se tienen que pagar para darle un tratamiento adecuado, lo cual conduce a que en un país con recursos limitados, los presupuestos para la gestión de residuos sean insuficientes, desencadenando negativos efectos económicos, ambientales, de salud, y sociales.

En México, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), establece en su artículo 115 fracción III inciso c) que, “los municipios tendrán a su cargo la función y servicios público de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos”, adicional a esto, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2023) trata aspectos de la prevención, de la generación y la valoración de los materiales contenidos en los

residuos; sin embargo, aun cuando existe reglamentación en la materia, el creciente volumen de residuos sólidos generados, así como la dificultad para su recolección, el agotamiento rápido de la vida de los rellenos sanitarios y el desperdicio de materiales dotados de valor, hacen necesario el establecimiento de mecanismos que permitan la maximización del aprovechamiento de los recursos y la prevención o reducción de los impactos adversos al ambiente, que pudieran derivar de dicho manejo. Por lo tanto, se requiere encontrar un punto de balance óptimo que permita tomar mejores decisiones, en la materia (Cortinas, 2018).

Uno de los objetivos de la política ambiental en México, es aprovechar de manera eficiente el uso de los recursos, sin embargo, es difícil analizar si en materia de residuos sólidos urbanos se está alcanzando este objetivo, ya que pese a los esfuerzos de los gobiernos federales, estatales y municipales por legislar y fomentar el diseño de programas que permitan alcanzar este objetivo, resulta difícil determinar la metodología e indicadores que permitan analizar la eficiencia en esta materia.

Lo anterior debido a que el sistema de gestión integral de residuos sólidos en México se sustenta en un marco orientado al desarrollo sostenible y a la sustentabilidad ambiental, lo que hace complejo, diseñar los indicadores que permitan medir la eficiencia, ya que no solo se trata de recolectar más basura con los recursos existentes, sino de ser eficientes en materia de prevención y gestión, para que esto permita atender de raíz el problema de la generación.

El incremento de la importancia en conocer cómo son empleados los recursos aportados por los contribuyentes y si éstos son utilizados con eficiencia, ha conducido a que los gobiernos traten de

mejorar la gestión de los servicios públicos, sin embargo, cuando los recursos son limitados, es necesario optimizarlos, para alcanzar los mejores resultados posibles.

En este sentido, el problema identificado es la falta de medición de la eficiencia y de sus variaciones en el tiempo, del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos, lo cual impide a los organismos públicos y privados, vinculados con el manejo de residuos sólidos, conocer la eficiencia técnica, económica y ambiental del sistema y esto conduce a una toma de decisiones poco informadas.

1.2. Preguntas de la investigación

La problemática identificada con anterioridad conduce a una serie de preguntas, las cuales se presentan a continuación.

1. ¿Cuáles han sido los niveles de eficiencia y las variaciones de productividad de las entidades federativas de México, en la utilización de mano de obra y transporte para la recolección de residuos sólidos urbanos en los años 2017, 2019 y 2021?
2. ¿Cuáles han sido los niveles de eficiencia y las variaciones de productividad de las entidades federativas de México, en la utilización de mano de obra y centros de acopio, para la recolección de residuos sólidos urbanos en el periodo 2011-2021?
3. ¿Cuáles han sido los niveles de eficiencia y las variaciones de productividad de las entidades federativas de México, en la utilización de programas, centros de acopio, estaciones de transferencia, plantas de tratamiento, vehículos, mano de obra y sitios de disposición final, para la recolección de residuos sólidos urbanos selectivos y no selectivos en los años 2017 y 2019?

1.3. Objetivos de la investigación

Una vez delimitado el problema, y formuladas las preguntas de investigación, se exponen los objetivos generales que se pretenden alcanzar.

1. Determinar los niveles de eficiencia y las variaciones de productividad de las entidades federativas de México, en la utilización de mano de obra y transporte para la recolección de residuos sólidos urbanos en los años 2017, 2019 y 2021.

2. Calcular los niveles de eficiencia y las variaciones de productividad de las entidades federativas de México, en la utilización de mano de obra y centros de acopio, para la recolección de residuos sólidos urbanos en el periodo 2011- 2021.

3. Estimar los niveles de eficiencia y las variaciones de productividad de las entidades federativas de México, en la utilización de programas, centros de acopio, estaciones de transferencia, plantas de tratamiento, vehículos, mano de obra y sitios de disposición final, para la recolección de residuos sólidos urbanos selectivos y no selectivos en los años 2017 y 2019.

1.4. Hipótesis de la investigación

De acuerdo con Kerlinger y Lee (2002) las hipótesis son enunciados conjeturales de la relación entre dos o más variables, en este sentido, las hipótesis a contrastar en la presente investigación son las siguientes.

1. La mayoría de entidades federativas de México se encuentran por debajo del promedio nacional de eficiencia y no aumentaron su productividad en la utilización de mano de obra y transporte para la recolección de residuos sólidos urbanos en los años 2017, 2019 y 2021.

2. Las entidades federativas de México fueron en su mayoría ineficientes y no tuvieron mejoras en la productividad al utilizar la mano de obra y centros de acopio, para la recolección de residuos sólidos urbanos en el periodo 2011- 2021.

3. La mayoría de entidades federativas de México fueron ineficientes y no presentaron mejoras en su productividad en la utilización de programas, centros de acopio, estaciones de transferencia, plantas de tratamiento, vehículos, mano de obra y sitios de disposición final, para la recolección de residuos sólidos urbanos en los años 2017 y 2019.

1.5. Justificación

En este apartado se expone los motivos por lo cual es relevante el estudio, así como, el tiempo y espacio en el que se pretende desarrollar el estudio.

1.5.1. Trascendencia

En el contexto del desarrollo sostenible, el objetivo fundamental de cualquier estrategia de manejo de residuos sólidos debe ser la maximización del aprovechamiento de los recursos y la prevención o reducción de los impactos adversos al ambiente que pudieran derivar de dicho manejo (INE-SEMARNAP, 1999).

En este sentido, la investigación es conveniente ya que, los gobiernos han mostrado cada vez mayor grado de preocupación por alcanzar un buen comportamiento medioambiental; conduciendo a que la protección del medio ambiente sea un tema de gran interés, podría decirse que es un tema de moda, por tanto, el conocer cuál es el nivel de eficiencia y las variaciones en la productividad, en la gestión integral de residuos sólidos urbanos en las diferentes entidades de México, permitirá conducir los esfuerzos hacia la búsqueda de nuevas soluciones tecnológicas, económicas, humanas y ambientales que permitan un adecuado manejo de los residuos y un desarrollo sostenible de los recursos ambientales.

De igual forma, la investigación tiene implicación práctica, toda vez que, al momento en que se logren conocer los niveles de eficiencia en las diferentes etapas de gestión, se podrán tomar medidas estratégicas que permitan mejorar las áreas con deficiencias, adicionalmente, el estudio proporciona información teórica, que puede llevar al análisis y reflexión de aquellos actores que elaboran y ejecutan estrategias en la gestión de residuos sólidos, de la de tal forma que con ello se puedan alcanzar los objetivos de desarrollo y sostenibilidad, que permitan atenuar los efectos ocasionados por el mal manejo y disposición final de los residuos.

Por otro lado, el valor teórico de la investigación es el conocimiento profundizado respecto al tema, el cual en un futuro puede servir de referencia, para promover normativas más eficientes y oportunas con relación al problema que implica el mal manejo de los residuos sólidos urbanos.

Así mismo, la investigación pretende que la metodología DEA sirva a todos aquellos estudiantes e investigadores que les interese medir la eficiencia en las etapas de prevención y gestión de residuos sólidos urbanos, y puedan partir de los modelos propuestos incluyendo otras variables o

métodos que lo complementen, adicionalmente, se considera que la metodología utilizada puede contribuir con información confiable para formular estrategias enfocadas a cumplir con objetivos de desarrollo sostenible.

1.5.2. Horizonte temporal y espacial

La investigación toma como base para el análisis la información del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD), emitida de forma bienal por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en los años, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 y 2021. De igual forma, el análisis se desarrolla para las 32 entidades federativas de México.

1.6. Diseño de la investigación

Esta investigación se realiza, a través del método científico, ya que es un estudio sistemático, controlado, empírico y crítico de las hipótesis propuestas, así como de la relación de sus variables (Kerlinger y Lee, 2002); se utiliza el método en su variación de hipotético - deductivo, pues se parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y se busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con hechos.

La investigación tiene un alcance descriptivo, ya que establece las características y elementos que se deben de considerar en la gestión integral de residuos sólidos urbanos para poder alcanzar la eficiencia del sistema; también es de tipo correlacional, ya que permite conocer cómo se relacionan diversos tipos de variables existentes en los procesos de la gestión de residuos sólidos, y el efecto que estas tienen en la eficiencia y en las variaciones de productividad.

CAPÍTULO II

LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, UNA PROBLEMÁTICA DESDE DIVERSAS ESFERAS

La generación y procesamiento de los residuos sólidos debe ser compatible con las preocupaciones sociales, económicas, ambientales y de salud pública, en este tenor, el capítulo aborda el tema de los residuos sólidos urbanos desde diferentes ámbitos, con la finalidad de exponer de una manera precisa, por qué la deficiencia en la prevención y gestión de residuos sólidos causa problemas en el ambiente, en la salud, y cómo se relaciona con los aspectos económicos, sociales y culturales. De igual forma, se aborda la parte que legisla y regula los residuos sólidos en México, y la relación que estos tienen como objeto de estudio de las políticas públicas, de tal forma que, se pueda tener un contexto del tema visto como un sistema donde se involucran diferentes áreas y elementos.

2.1. Los residuos sólidos urbanos, un panorama internacional

De acuerdo con los resultados presentados en el informe del Banco Mundial “What a waste 2.0” 2018, en el mundo se generan al año 2,010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales, y al menos 33% de ellos no son tratados; de igual forma se estima que los desechos municipales a nivel mundial podrían aumentar un 70% en los próximos 30 años, lo cual daría como resultado inundaciones, enfermedades, océanos contaminados, entre otras muchas consecuencias devastadoras para el planeta, por tanto, si no se toman medidas urgentes un futuro donde convivir con la basura podría ser la nueva normalidad (Banco Mundial, 2018).

La disminución y destrucción mundial de recursos naturales y la liberación de contaminantes al ambiente se encuentran en un punto preocupante en donde la sustentabilidad de las generaciones futuras se encuentra en riesgo (Brown, 2004; Vilches, et al., 2009). Los fenómenos mundiales como el cambio climático y el deterioro de la capa de ozono, generan consecuencias negativas en el clima, la producción agrícola y la salud de la población. En este sentido, los desechos constituyen un desafío amplio que afecta la salud humana y los medios de subsistencia, el medio ambiente y la prosperidad; por consiguiente, la gestión de los residuos sólidos es un problema universal que atañe a todo habitante del planeta (Banco Mundial, 2018; OMS, 2007).

Lo anterior, ha llevado a plantear la necesidad de adoptar políticas multinacionales, regionales, nacionales y locales, para tratar de detener y revertir estos procesos, así como, a lograr un desarrollo sustentable (Zoboli, 1994; Beltrán, 2017). En este tenor, el proyecto agenda 21 de la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2009), es un acuerdo de los Estados miembros para promover el desarrollo sostenible; en su capítulo veintiuno apartado cuatro, establece que “la gestión ecológicamente racional de los desechos debe ir más allá de la simple eliminación o el aprovechamiento por métodos seguros de los desechos producidos y procurar resolver la causa fundamental del problema intentando cambiar las pautas no sostenibles de producción y consumo”. Esto permite la implementación del concepto de gestión integrada del ciclo vital, como una oportunidad única para combinar el desarrollo con la protección del medio ambiente (ONU, 2002).

2.2. La basura una perspectiva desde la salud y el medio ambiente

El ser humano entra en contacto con los residuos sólidos en alguna de las etapas de su ciclo de manejo, ya sea de manera directa o indirecta, en este sentido, la Organización Panamericana de la

Salud expone que, un inadecuado manejo de los residuos sólidos representa un riesgo para la salud ya que puede provocar infecciones, accidentes o enfermedades crónicas (OPS, 2005).

En México, los riesgos relacionados con el manejo inadecuado de los desechos sólidos es un problema de salud pública, ya que la disposición inadecuada de los residuos sólidos es una de las principales fuentes de contaminación del agua de consumo, y en la transmisión del dengue; los desechos sólidos mal gestionados trae consigo, intoxicaciones o infecciones, puesto que las personas suelen entrar en contacto con estos residuos en las calles o en los vertederos no oficiales, por otro lado, las basuras orgánicas domésticas suponen un riesgo especial para la salud, ya que su fermentación crea las condiciones idóneas para la supervivencia y proliferación de microorganismos, sobre todo cuando se mezclan con las excretas humanas en ausencia de sistemas de saneamiento.

Al mismo tiempo un mal manejo de los residuos sólidos, proporcionan un ambiente favorable para los insectos, roedores y otros animales que son portadores potenciales de gérmenes; en el mismo sentido, los residuos sólidos abandonados en los botaderos a cielo abierto deterioran la calidad del aire que se respira, tanto localmente como en los alrededores, a causa de las quemadas, los humos, y del polvo que levanta el viento en los períodos secos provocando que se transporten en los alrededores, sumándole el mal olor que genera la basura en estado de descomposición (OPS,2005).

Adicionalmente el problema de una deficiente gestión de residuos puede ocasionar la acumulación de basuras que obstruyen los desagües provocando el estancamiento del agua o inundaciones, lo que favorece el hábitat y la proliferación de los vectores de algunas enfermedades infecciosas; en la tabla 1 se muestran algunas de estas:

Tabla 1*Enfermedades infecciosas relacionadas a los residuos sólidos*

Tipo de residuos	Enfermedades según tipo de causa		
	Bacterias	Virus	Parásitos/hongos
Objetos punzantes infectados	Estafilococemia	Hepatitis B	
	Estreptococemia	Hepatitis C	
	Tétanos	Sida	
Polvos infectados procedentes de residuos	Carbunco	Tracoma (por Chlamydia)	Micosis
	Neumonía	Conjuntivitis	
		Neumonía	
		Dengue	Malaria, filariasis
Vectores que viven o se reproducen en charcos relacionados con desechos, animales y roedores que se alimentan de los desechos	Peste	Fiebre amarilla	Esquistosomiasis
		Rabia	Leishmaniasis
			Hidatidosis

Nota. La tabla muestra algunas de las enfermedades infecciosas que se generan por un mal manejo de los residuos. Adaptado de UNEP/IETC (1996).

Existen diferentes factores de riesgo por una mala disposición de los residuos, algunos de ellos son:

- a) *Generación de biogases:* Los sitios de confinamiento de RSU generan biogases, que causan problemas ambientales y de salud en una variedad de magnitudes, desde olores desagradables, hasta la contribución al calentamiento global (Kiss y Encarnación, 2006).
- b) *Liberación de sustancias agotadoras de ozono (SAO):* Las sustancias agotadoras de ozono (SAO) son compuestos que afectan la capa de ozono y contribuyen a su destrucción; estos se generan cuando envases vacíos de aerosol o aparatos electrodomésticos que los contienen son descartados de manera inadecuada (UNEP, 2016).
- c) *Contaminación del suelo y de los cuerpos de agua:* Muchos RSU producen líquidos que se llaman lixiviados. Su composición es muy variada y está directamente relacionada con la naturaleza de los desechos de los que provienen. Estos desechos son una amenaza para el suelo y los cuerpos de agua cercanos, tanto superficiales como subterráneos, y pueden

causar problemas de toxicidad, eutrofización y acidificación (Allen, 2001; Torres et al., 2011).

- d) *Proliferación de fauna nociva y transmisión de enfermedades*: Los RSU acumulados actúan como fuente de recursos y de refugio para diversos grupos de organismos, los cuales pueden llegar a ser nocivos para el ser humano al irrumpir en las zonas habitacionales y ser fuente directa de infecciones o al ser vectores de los organismos que las provocan (Jaramillo, 1999; Marateo, et al., 2013; Hernández, 2014).

Adicional a lo descrito anteriormente, son varios los autores que han abordado la problemática que causa a la salud y a el medio ambiente un mal manejo de residuos sólidos urbanos (Jaramillo, 1999; Marateo, 2013; Jiménez, 2006; Cortinas, 2004; Schejtman y Cellucci, 2014) quienes en su mayoría concluyen que los principales daños a la salud y el medio ambiente están causados por la mala disposición de los residuos sólidos, la falta de conocimiento y conciencia de la población para un tratamiento adecuado, la falta de recursos para apoyar y garantizar una adecuada disposición de residuos, el incremento poblacional y los sistemas de gestión poco eficientes.

De igual forma, el tema sobre el derecho que tenemos los seres humanos a disfrutar de un medio ambiente adecuado ha sido tema de estudio para diversos actores e instituciones (Delgado, 1993; Pinar, 1995; Velasco, 1994; ONU, 1992) sin embargo, estas posturas, continuamente son contrariadas con el actuar humano, ya que el medio ambiente constantemente se encuentra bajo presión a consecuencia del incremento de la actividad humana, y aun cuando varios actores han tratado de fomentar un desarrollo más integral en donde se involucre no solo la persecución de fines económicos, sino que también se atiendan los principios de sostenibilidad, interactuando con esferas ecológicas y sociales, esto está lejos de ser alcanzable y prueba de ello es el incremento

constante de la generación de residuo, que como ya se mencionó anteriormente combinados con una deficientes gestión, causan al medio ambiente efectos que pueden ser irremediables, ya que dañan los ecosistemas, contaminan el aire, el suelo y las aguas (Hunt y Johnson, 1998) disminuyendo con ella la posibilidad de disfrutar de un ambiente sano tanto para las generaciones presentes como futuras.

2.3. Los residuos sólidos urbanos y sus aspectos económicos, sociales y culturales

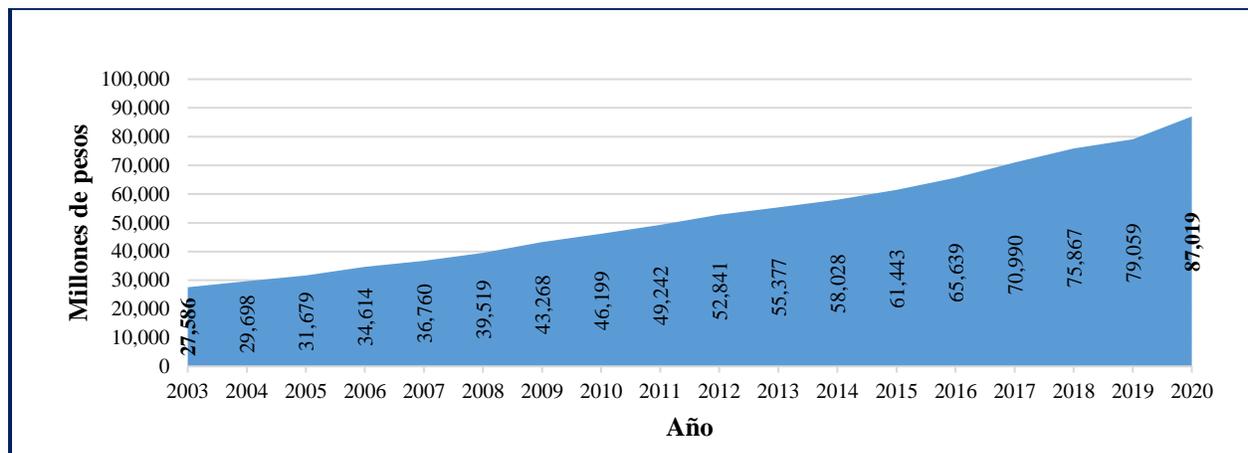
La gestión de residuos sólidos urbanos de acuerdo con el Banco Mundial (2018), es uno de los servicios más importantes que brinda una ciudad a la ciudadanía, en donde, en países con ingresos medios altos, como México, se generan anualmente 0.42 toneladas de basura per cápita y el costo de recolección por tonelada de basura oscila entre los 20 y 90 dólares. En este sentido, la recolección representa una partida presupuestaria importante para los gobiernos locales, ya que la gestión de residuos sólidos es uno de los servicios que cae completamente dentro del ámbito del gobierno local, de tal manera que resulta relevante que estos sean eficientes al gestionar los residuos. De acuerdo con el Banco Mundial, aquellos países que no pueden gestionar eficazmente sus residuos, rara vez son capaces de gestionar servicios más complejos como la salud, educación o transporte.

Por otro lado, cuando se observa la vida y cultura de las personas, se puede ver, que está orientada en el consumo, es decir, la mayoría adquiere un producto o mercancía, lo consume y desecha aquello que ya no le es de utilidad, en este ciclo, cuando el consumidor final no hace un adecuado tratamiento de los empaques, de los aditamentos, recibos, o cualquier otro elemento asociado al producto, se generan diversos costos ambientales.

En este sentido, de acuerdo a las estimaciones del Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM), los costos de la degradación ambiental debido a residuos sólidos urbanos, es decir, los costos en que tendría que incurrir la sociedad en su conjunto, para remediar, restituir o prevenir el agotamiento y degradación de los recursos naturales y el medio ambiente, como resultado de tratamiento, manejo y disposición final de los residuos que no reciben un tratamiento adecuado, ha ido en aumento en los últimos años, en la gráfica 1 se puede observar que del año 2003 al 2020, estos costos han aumentado en un 215.44% (INEGI, 2021).

Gráfica 1.

Costo de la degradación ambiental por residuos sólidos urbanos en México 2003-2020



Nota. La gráfica muestra la estimación del monto de los costos por el agotamiento de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente por residuos sólidos. Elaboración propia con base en INEGI (2021).

A lo largo de los años se ha podido observar un aumento constante y creciente de la intensidad con la que aumenta el consumo de bienes, servicios y recursos naturales, ya que actualmente se vive en una sociedad que fomenta e impulsa la actitud al consumo, misma que puede definirse como “la tendencia inmoderada de adquirir, gastar o consumir bienes no siempre necesarios” (Torres, 2005). En este tenor, factores como las estrategias publicitarias o la necesidad de reconocimiento (Maslow, 1943) afectan la forma en que se consume, dejando de lado la racionalidad al momento

de comprar. Actualmente, aun cuando se habla de términos como, consumo sustentable, el cual busca concientizar sobre la importancia de ser racionales al momento de elegir lo que se consume, y que, además, constantemente se expone las consecuencias que nuestras elecciones de consumo tienen sobre el medio ambiente, aun así, el consumo irracional sigue siendo un reto por superar, pues es difícil cambiar la cultura, la forma de pensar y los hábitos de la sociedad (Beltrán, 2002).

Ante esta perspectiva, resulta necesario establecer un compromiso social de responsabilidad compartida entre productores, distribuidores y consumidores que permita crear conciencia sobre los daños colaterales que genera un mal manejo de los residuos, para que de manera gradual esta conlleve a una mejora en los diferentes momentos del ciclo de gestión de los residuos; desde empaques que faciliten un segundo uso doméstico, priorizar el consumo ambientalmente responsable, fomentar sistemas más ecológicos de producción etc. En este sentido, se puede observar que la tarea de la gestión de residuos sólidos urbanos requiere de un arduo compromiso social, que corresponde a diferentes sectores y niveles.

A lo largo de este capítulo se ha abordado el tema de la basura desde diferentes perspectivas, sin embargo, este no deja de ser un problema, en su mayoría social, toda vez que, si se analiza el ciclo de la generación de la basura se podrá observar que en cada una de las etapas interviene el factor humano, ya que en el medio natural, la basura no existe, pues todo aquello que podría ser un residuo, es aprovechado para otro proceso, ya sea reincorporándose a cualquier otro proceso bioquímico, o simplemente desintegrándose y sirviendo como alimento o abono para otro ser vivo o elemento (Alba, 2015). Sin embargo, el problema comienza cuando los seres humanos en el afán de satisfacer necesidades y deseos, así como en el proceso de facilitar el trabajo diario, elaboran productos con materiales que son difíciles de degradar o de reutilizar en cualquier otra actividad,

adicionalmente, no conformes con el hecho de la generación, se resta importancia a la separación lo que complica el poder reutilizar o manejar los residuos, por otro lado, el incremento de la población desencadena un aumento en la demanda de bienes y servicios, lo cual conlleva al incremento de producción de residuos, y este es un patrón que se repite constantemente.

Por lo anterior, es necesario determinar qué tan eficiente es el sistema de prevención y gestión de residuos, toda vez que como ya ha sido descrito, el problema de la basura es un problema sistémico, que está interrelacionado con diferentes esferas y en donde una deficiente gestión puede desencadenar consecuencias negativas e irreversibles en cada una de ellas.

2.4. México y la gestión de residuos sólidos urbanos, desde una perspectiva legal

Al hablar de residuos sólidos en México, resulta necesario conocer cómo son considerados legalmente, cuál es el origen y la evolución histórica de la gestión integral de residuos sólidos urbanos, por lo tanto, en este apartado se abordan estos temas.

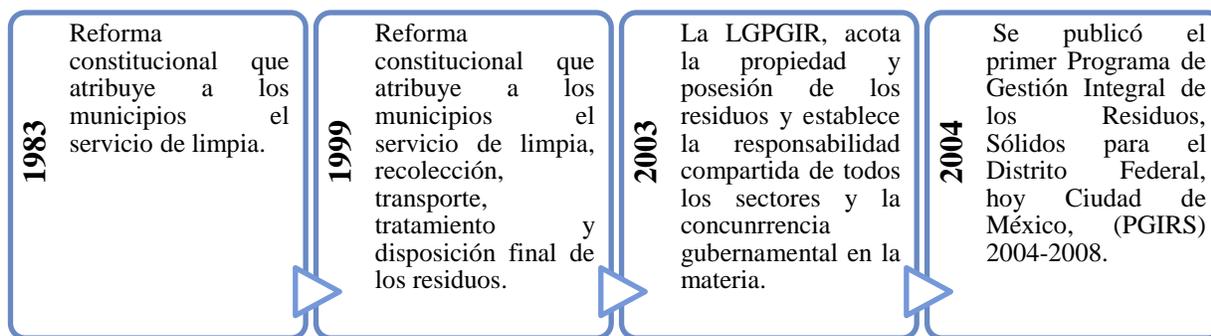
El marco jurídico vigente nacional y estatal en cuanto a residuos sólidos urbanos es la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2023), la cual en su artículo 5, fracción XXXIII los define como:

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 (LGPGIR, 2023).

El tema de la gestión integral de residuos sólidos en México es relativamente nuevo, en el sentido de que fue en el año 2003, con la aprobación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos que se acotó la propiedad y posesión de los residuos, haciendo responsables a los generadores (propietarios) de su reducción, reutilización, reciclaje y manejo ambientalmente adecuado, de igual forma, se estableció la responsabilidad compartida y diferenciada de cada uno de los sectores: público, privado o social, en el cumplimiento de las disposiciones de la ley, a fin de lograr la prevención de la generación de los residuos como primera opción. La segunda opción corresponde al aprovechamiento o valorización de los residuos que no se puedan evitar, y la última, el tratamiento y/o disposición final de los residuos que no sea por el momento económicamente viable o tecnológicamente factible aprovechar o valorizar (figura 1).

Figura 1

Evolución histórica de la legislación en materia de RSU en México

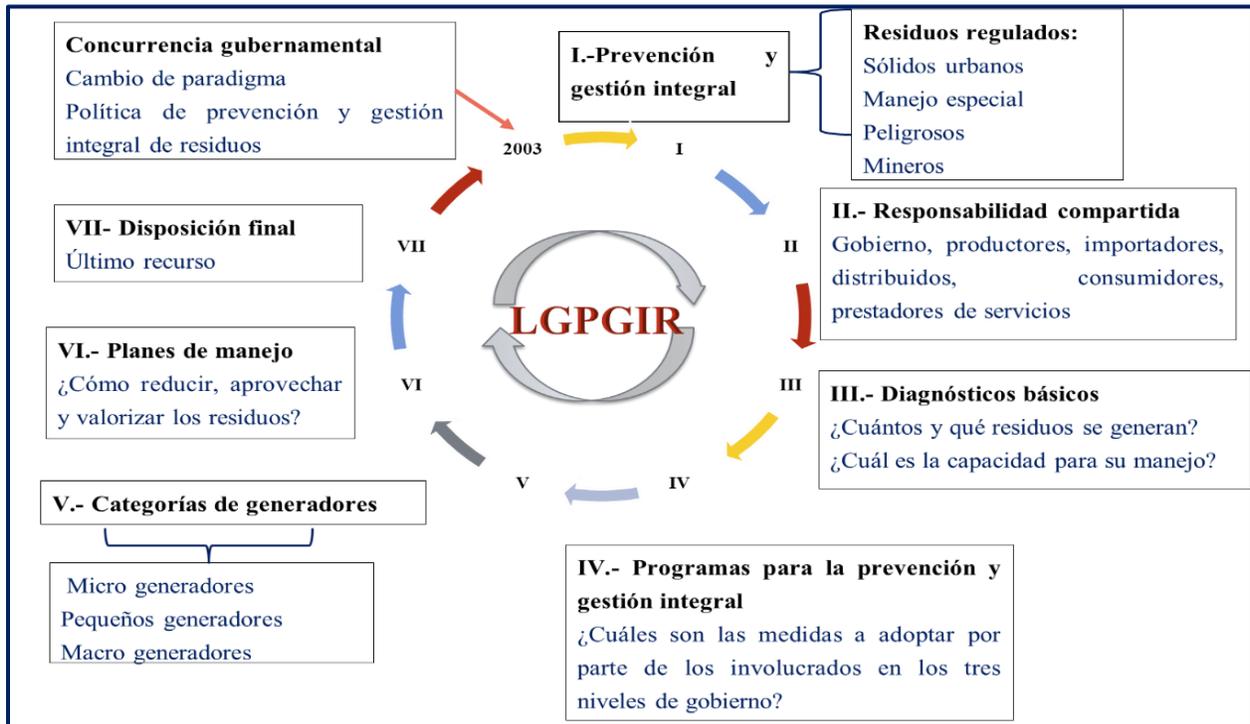


Nota. La figura muestra algunas de las reformas legales que han marcado un cambio de paradigma en la gestión de residuos en México. Adaptado de Cortinas (2015).

Con la aprobación de la LGPGIR, se da un cambio de paradigma, en donde la gestión de los residuos sólidos urbanos aumenta sus objetivos, y no solo se enfoca en preservar la salud pública, sino que adicionalmente exige que la gestión de los residuos también proteja el medio ambiente; utilizando de manera eficiente los recursos existentes, esta descripción se puede observar en la figura 2.

Figura 2

Características sobresalientes de la LGPGIR y de sus instrumentos

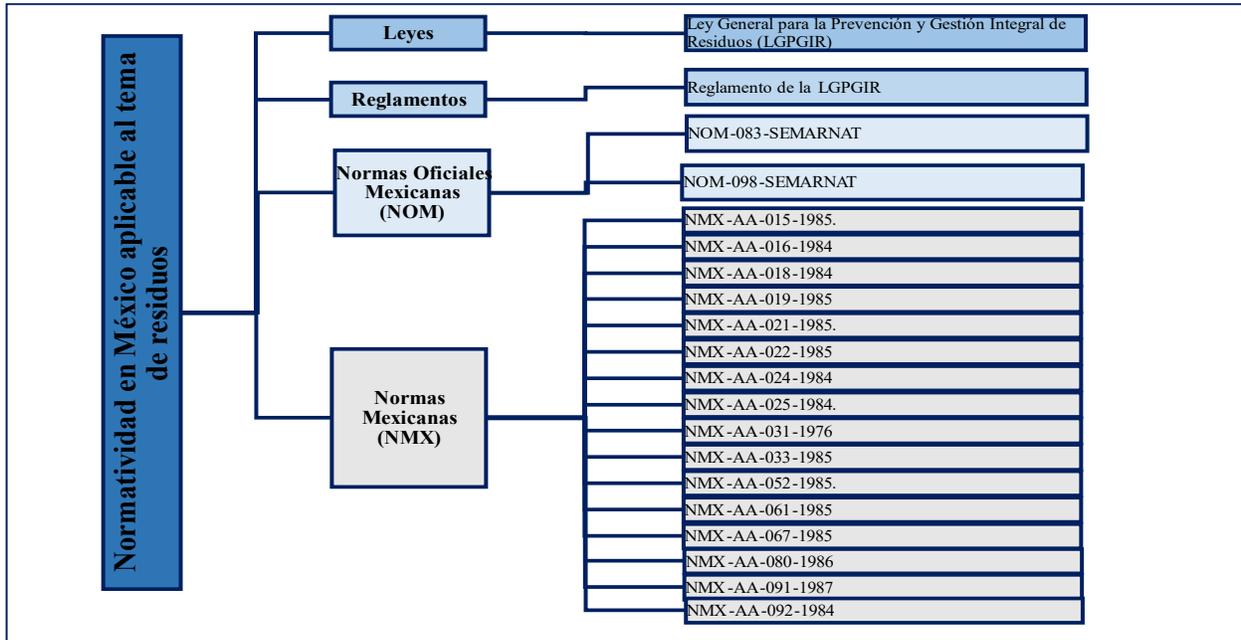


Nota. La figura muestra los cambios en la gestión de residuos que establece la LGPIR, la cual incluye la etapa de prevención y una responsabilidad compartida entre todos los actores. Elaboración propia con base en Cortinas (2015).

La ciencia política es un elemento clave para comprender la gestión de los residuos sólidos urbanos, gracias a que esta proporciona conceptos e instrumentos que enriquecen notablemente la comprensión del fenómeno. Al formular y expedir alguna ley o norma oficial mexicana en materia de medio ambiente se tienen que vigilar que estas garanticen el derecho de los seres humanos a gozar de un ambiente óptimo para su desarrollo, salud y bienestar; velando además por la protección del equilibrio ecológico, en este sentido, en materia de residuos existen una serie de instrumentos legales y normativos que establecen las especificaciones que se deben de cumplir cuando se opera con algún tipo de residuo (véase, figura 3).

Figura 3

Legislación relacionada al tema de residuos en México



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2023) a la federación le corresponde formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de residuos, así como, elaborar el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (PNPGIR) con base en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (DBGIR) en el que se identifica la generación y manejo de los residuos, la infraestructura existente, así como las necesidades y la problemática asociada a todo el sistema de manejo integral de residuos.

El PNPGIR, establece la política nacional de residuos, mediante objetivos, estrategias y metas para prevenir la generación y mejorar la gestión de estos, así como las acciones, proyectos y medios de financiamiento, encaminados a conducir la acción del gobierno en la materia, de tal forma que con él los Estados y municipios pueden conocer la situación actual y planear las acciones de su

competencia bajo un enfoque integral, que permita una transición orientada a la sustentabilidad en materia de residuos (SEMARNAT, 2018).

Sin embargo, se ha dejado un periodo largo sin Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, ya que después del programa 2017-2018, fue hasta el mes de mayo del 2020 cuando se publicó el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (DBGIR), y hasta el 5 de diciembre de 2022 que se aprobó el nuevo PNPGR 2022- 2024, lo cual impide vincular metas y estrategias estatales, en materia de medio ambiente y residuos sólidos con los objetivos nacionales.

Lo anterior lleva a deducir que el tema de los residuos sólidos se encuentra en el hecho de que todos los niveles de la sociedad han subestimado la trascendencia de una adecuada gestión de residuos sólidos, siendo todos responsables de este problema. Por un lado, los gobiernos nacionales, estatales y municipales han subestimado la importancia de contar con sistemas de gestión seguros y efectivos para el manejo y disposición de la basura, de igual forma, el sector industrial, está enfocado en la ganancia, sin importar el tipo de insumos que utiliza, o la disposición final de los residuos de los productos y aunado a esto, los individuos consumen productos y generan basura sin tener preocupación alguna por cómo será dispuesta.

En México existen leyes, reglamentos y normas que deben ser aplicadas al tema de los residuos, por lo que no existe problema sobre la legislación ambiental y de residuos, sino el problema se encuentra en que los gobiernos locales han restado importancia al tema ambiental, por lo que muchas veces este no es considerado dentro de sus estrategias lo que conduce a la agudización de los problemas ambientales (Ramos, 2007), lo mismo pasa cuando esa legislación no se aplica ni

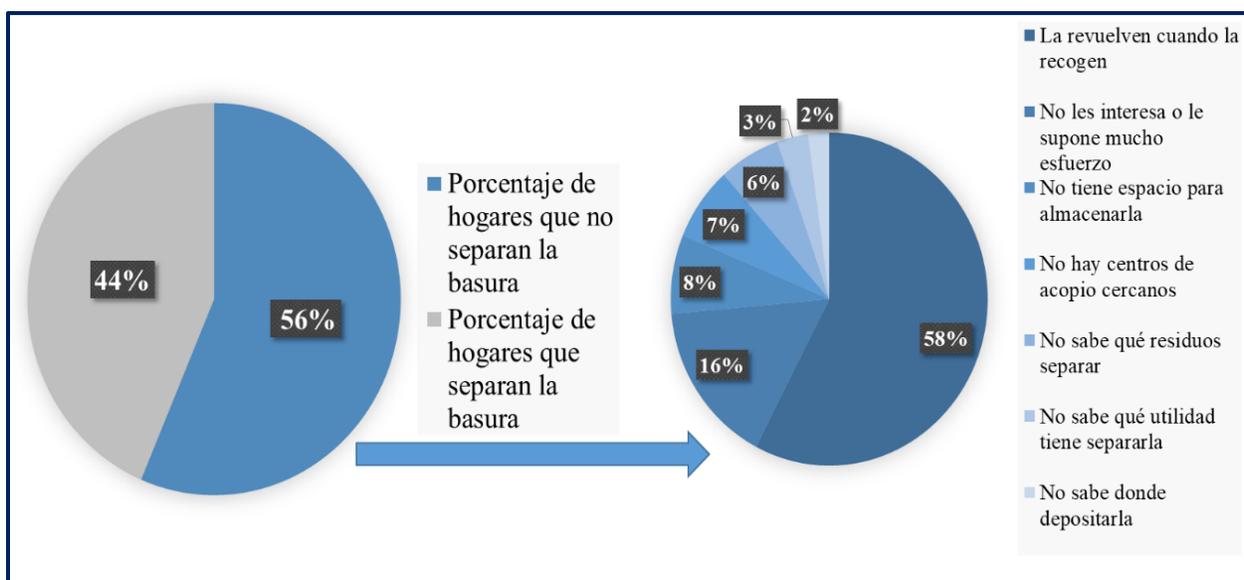
se regula, como es el caso de México y prueba de ello es la ausencia por periodos prolongados de un programa nacional de residuos.

2.5. El contexto de los residuos sólidos en México.

En México de acuerdo con el Módulo de Hogares y Medio Ambiente (MOHOMA) 2017, el 56% de los hogares no separan la basura, de estos el 58% no lo hace porque la revuelve cuando la recoge, al 16% no le interesa o consideran que es demasiado esfuerzo hacerlo, entre otras de las causas se encuentran, que no tienen espacio, o no hay centros de acopio cerca o simplemente no saben cómo hacerlo (INEGI, 2017), en este sentido, se puede deducir que los gobiernos están siendo poco eficientes al momento de implementar políticas de reducción de residuos, toda vez, que la población no tienen la información, ni los insumos para llevar a cabo una buena gestión de sus residuos.

Gráfica 2

Hogares en México que separan y no separan la basura y sus motivos

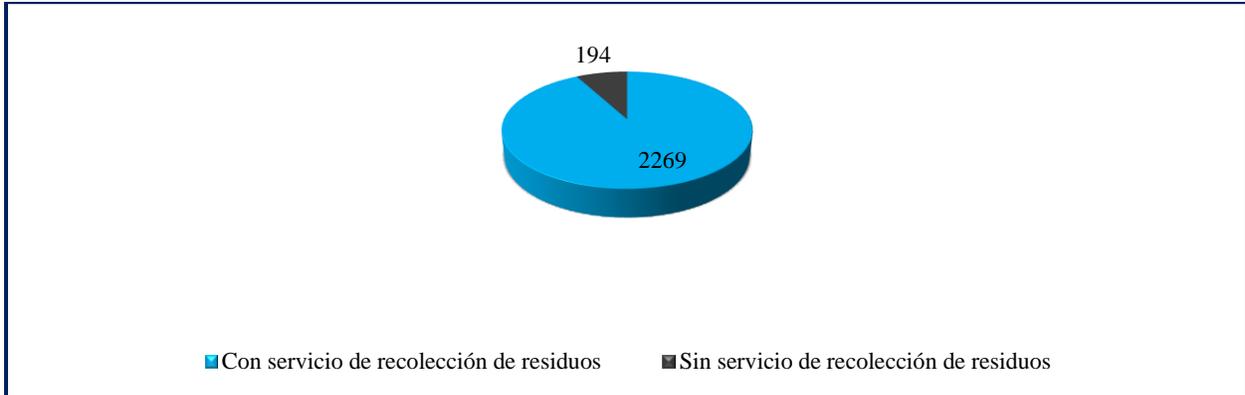


Nota. La gráfica muestra el comportamiento de los hogares en México en relación al manejo de los residuos. Elaboración propia con base en INEGI (2017).

En el mismo tenor, de acuerdo a datos del INEGI (2019) de los 2463 municipios y demarcaciones territoriales existentes, 2269 cuentan con servicio de recolección de basura, es decir, el 92% (gráfica 3).

Gráfica 3

Municipios y demarcaciones territoriales con servicio de recolección de residuos en México

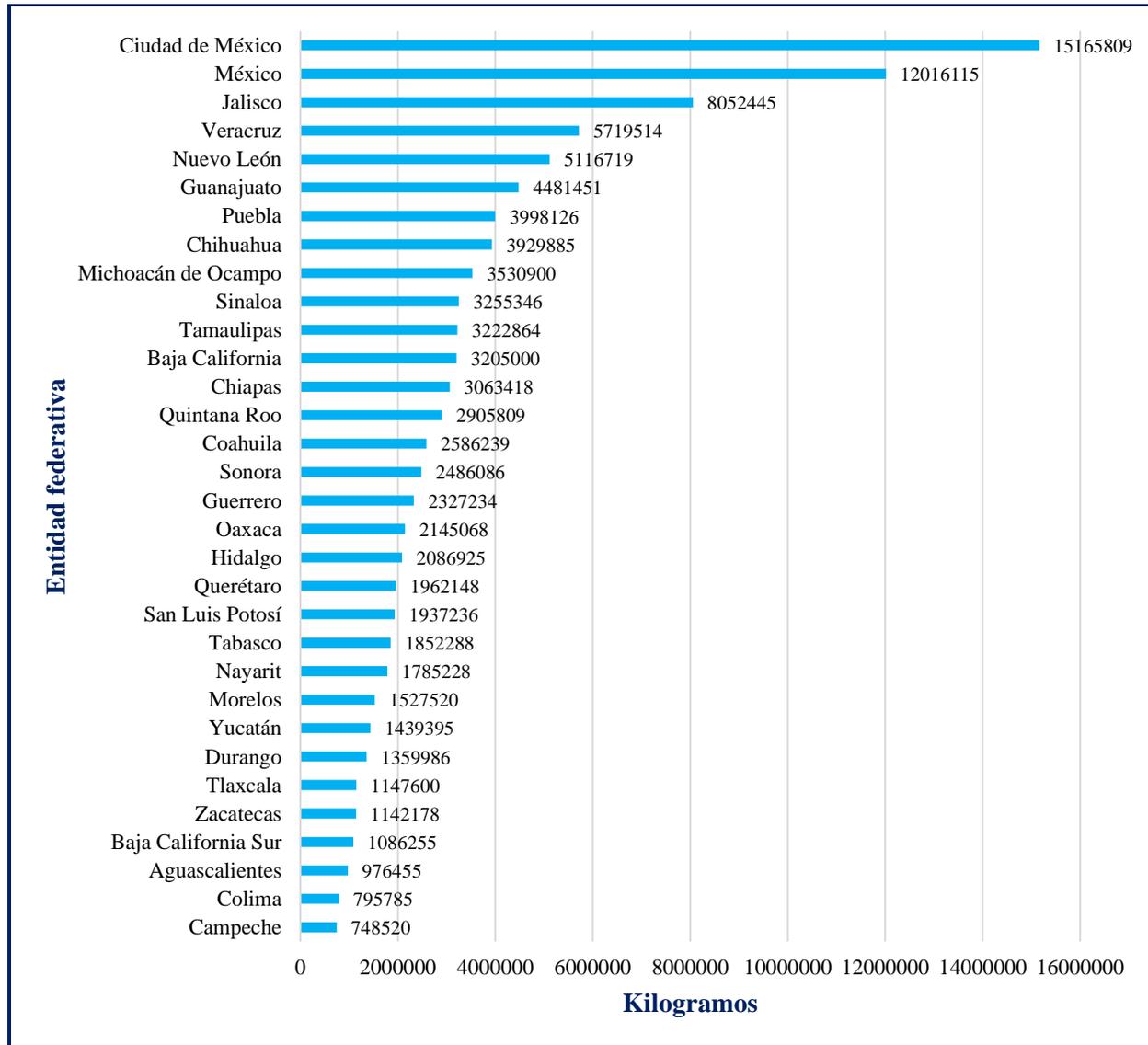


Nota. La gráfica muestra el número de municipios y demarcaciones que cuentan con servicio de recolección de residuos en México en el año 2019. Elaboración propia con base en INEGI (2019).

Los datos anteriores parecen alentadores, pues es necesario e indispensable contar con servicio de recolección, sin embargo, el problema radica en que, el promedio de la generación de residuos diaria es de 3,345,485.84 kg, adicional a esto, los Estados de Chihuahua, Ciudad de México, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán de Ocampo, Nuevo León, Puebla y Veracruz, sobre salen de la media, con cantidades mayores de generación de residuos, lo anterior se puede observar en la gráfica 4.

Gráfica 4

Promedio diario de kilogramos de residuos recolectados en México



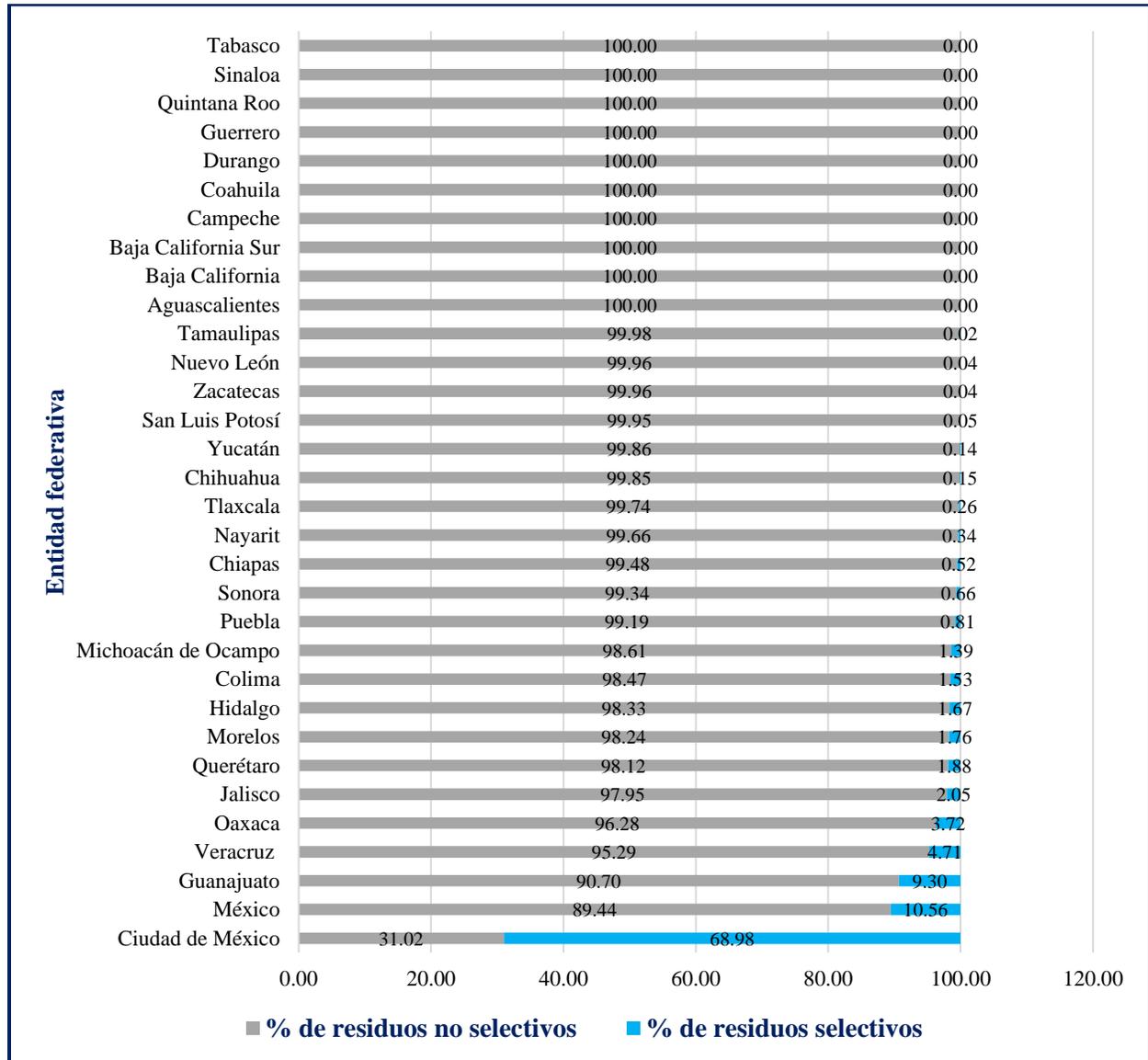
Nota. Elaboración propia con base en INEGI (2019).

En México en el año 2019, solo el 12.06 % de los residuos generados en las 32 entidades federativas fueron selectivos, es decir, la mayoría de los Estados no seleccionan la basura que producen (gráfica 5), lo que aumenta la posibilidad de contaminación de tierras, ríos y aire, así como la proliferación de enfermedades, de igual forma, aumenta los costos de producción al no poder reciclar o reutilizar, lo que pudiera tener valor para otros, pues al momento que se mezcla

se convierte en basura además de que genera un ambiente favorable para las plagas de animales que se dan en condiciones de suciedad (SEMARNAT, 2012).

Gráfica 5

Porcentaje de basura según tipo de recolección (selectiva y no selectiva)



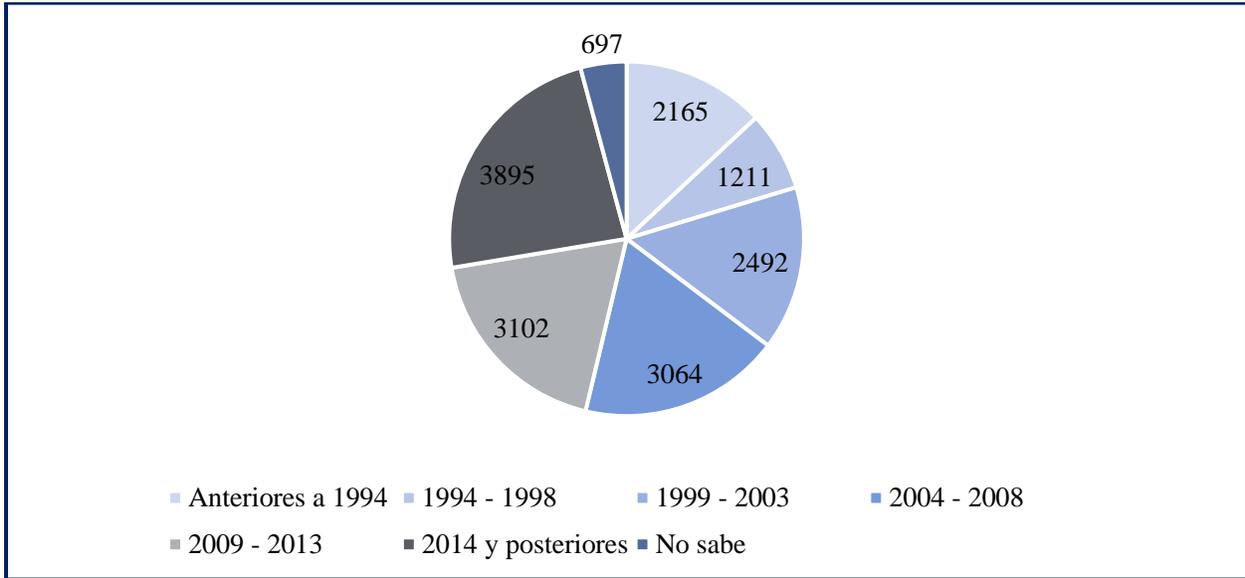
Nota. Elaboración propia con base en INEGI (2019).

Por otro lado, la condición de la infraestructura (Vehículos recolectores) en las entidades federativas, se puede observar en la gráfica 6, donde de los 16,626 de los vehículos utilizados, para

la recolección de residuos, más del 50% fueron adquiridos antes del 2008, lo cual indica que muchos de ellos ya cumplieron su vida útil.

Gráfica 6

Número de vehículos recolectores de residuos por rango de antigüedad

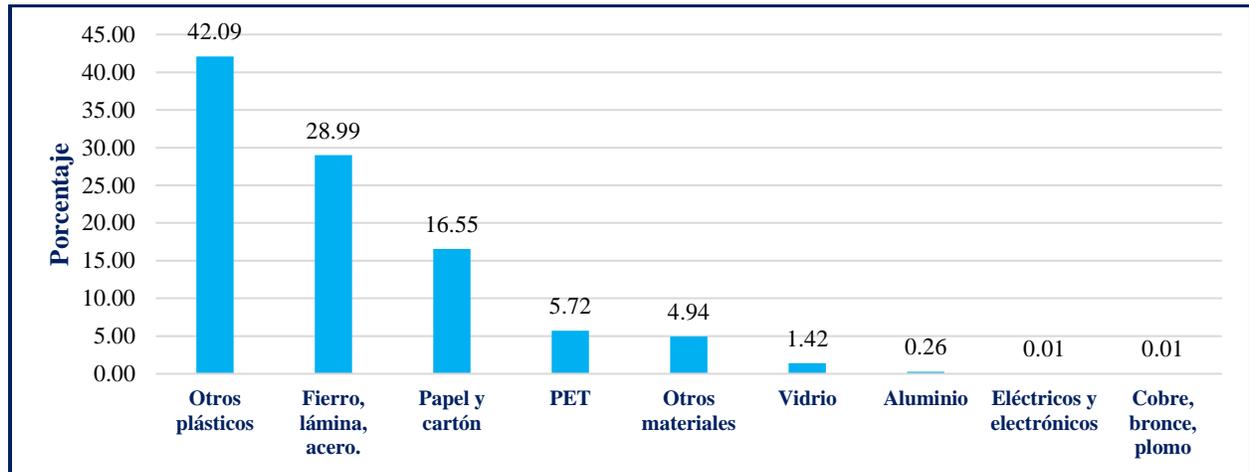


Nota. Elaboración propia con base en INEGI (2019).

En cuanto a las estaciones de transferencia, solo se cuenta con 102 en todo el país, de las cuales 22 de ellas solo hacen la función de trasvase, 18 seleccionan o separan, 11 compactan, 26 de ellas tienen la función de triturar y 27 solo funcionan como lugar de almacenamiento temporal (INEGI, 2019), lo anterior deja claro que no se cuenta con la infraestructura necesaria para dar una gestión adecuada a los residuos, toda vez que de las 18 estaciones de transferencia que hacen la función de seleccionar, solo se logran clasificar 213, 800 kg, es decir solo el 0.19% de los residuos generados, en la gráfica 7 se puede observar los porcentajes por tipo de material seleccionado.

Gráfica 7

Porcentajes y tipos de residuos recolectados en México en el año 2019



Nota. Elaboración propia con base en INEGI (2019).

En México el creciente volumen de residuos sólidos generados, la dificultad para su recolección, el agotamiento rápido de la vida de los rellenos sanitarios y el desperdicio de materiales dotados de valor (Cortinas, 2004; IBAM, 2006), así como, la falta de planificación de políticas sociales y ambientales claras, que sean efectivas y sostenibles en el tiempo (Quintero, 2008) y la deficiente función del sistema de prevención de residuos (Cortinas, 2001) han aumentado la generación de los residuos revueltos (basura), cuyo aprovechamiento actual es escaso.

De acuerdo con Calvo y Muñoz (1998) la gestión de los residuos sólidos en América Latina y el Caribe, se ha identificado como un grave problema, pese a esto se han adoptado soluciones parciales que no acogen a todos los países de la región, ni todas las necesidades de gestión necesarias, lo que ha llevado a intentar aplicar nuevos conceptos relacionados con la financiación de los servicios y la mayor participación del sector privado, así como una insistente participación de la población en cada uno de ellos.

Como se pudo observar, a lo largo del capítulo los residuos sólidos urbanos en México representa un problema con características culturales, económicas y sociales diversas, sin embargo, aun con estas diferencias, la mayoría coincide en que los residuos deben mantenerse fuera del alcance de los centros urbanos, y fuera del contacto de cualquier persona, ya que no solo son molestos a la vista, sino que además estos desencadenan una serie de problemas ambientales, económicos y de salud pública, que afectan a los que están cercanos de ellos y a la sociedad en general, convirtiéndose en un problema, que requiere de recursos públicos para ser atendido.

CAPÍTULO III

LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS COMO OBJETO DE ESTUDIO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Los residuos como objeto de estudio de las políticas públicas representan una intersección, entre diferentes arenas, y actores los cuales ejercen constantemente fuerzas opuestas entre sí, que se ven reflejadas en los diferentes contextos ambientales, de salud y de calidad de vida, la constante relación entre gobierno y sociedad es intercedida por medio de las políticas públicas (Aguilar, 1996), en este tenor, en el presente capítulo se exponen algunos conceptos básicos sobre política pública, política ambiental y la relación de estas con el problema de los residuos sólidos urbanos.

3.1. Antecedentes y conceptualización de políticas públicas

La importancia por acotar y adoptar una definición de política pública ha tomado importancia en los últimos años, sin embargo, existen un gran número de interpretaciones y deducciones en el tema, lo cual deja ver la pluralidad y diversidad de el ámbito en el que puede actuar el gobierno. En este tenor, uno de los primeros acercamientos en torno al tema, es el de Lasswell (1951) quien propone desarrollar una disciplina que se utilice para atender y resolver problemas sociales a través del análisis científico de las políticas públicas, haciendo hincapié en la relación entre la teoría y la práctica, donde el enfoque práctico en la resolución de conflictos sea la parte fundamental. Posteriormente Thomas Dye (1975) definió a las políticas públicas como “aquello que los gobiernos escogen hacer, o no hacer”.

El origen de los estudios de política pública se encuentran en Estados Unidos, como resultado de la reforma que implementó el presidente Wilson (1887), en donde destacó las necesidades de

desarrollar una doctrina científica aplicada a la administración a través del postulado defensor de la separación de la decisión política ante la ejecución de la burocracia, con la finalidad de incrementar la eficiencia en la administración pública y de contar con una burocracia estable, después de eso, numerosos investigadores del tema comenzaron a profundizar de manera sistemática en los procedimientos de planificación, organización, ejecución y control de las actividades gubernamentales.

Posteriormente, presidentes como John F. Kennedy y Lyndon B. Johnson implementaron una serie de programas sociales que requerían la participación de expertos académicos y analistas, quienes se desempeñaron en la formulación y el control de nuevos programas. Esto dio como resultado un impulso definitivo para el desarrollo del estudio de las políticas (Fernández, 1996).

La ciencia política ha logrado establecer, desde la década de 1980, el estudio de las políticas públicas como una de sus líneas de trabajo, por lo que se ha dado un giro en la forma de estudiar y actuar en la política; pasó de ser una disciplina interesada en explicar, a una que busca mejorar las condiciones de vida de la sociedad a través del saber. El estudio de las políticas públicas se ha establecido como una subdisciplina de la ciencia política, en donde se ha dedicado a estudiar el Estado en acción y su intervención, y donde el objetivo es analizar las políticas (Policy) y su relación con la política (Polity) (Valencia y Álvarez, 2008).

La forma en que los gobiernos seleccionan y desarrollan sus políticas públicas, así como su procedimiento, patrón, estilo de toma de decisiones y funcionamiento, ha dado lugar a una variedad de conceptualizaciones del concepto de política pública, de las cuales algunas son las siguientes:

La política pública, según Oszlak y O' Donell (1976) se define como "un conjunto de acciones y omisiones que manifiestan una determinada modalidad de intervención del Estado en relación con una cuestión que concita la atención, interés o movilización de otros actores en la sociedad civil." Es posible extraer de esta intervención una orientación específica, una línea de acción normativa, que probablemente influirá en el futuro curso del proceso social que se ha desarrollado en torno al tema.

Para Majone (1989) las políticas públicas son una actividad de comunicación pública y no solo de una decisión orientada a la efectuación de metas, es todo un conjunto de actividades "postdecisionales" que buscan aportar "evidencias, argumentos y persuasión", para ofrecer al público ciudadano las razones por las que un gobierno decidió hacer una cosa y no otra.

Tamayo (1997) expone que son "una acción llevada a cabo por un gobierno para solucionar un problema que en un momento determinado los ciudadanos y el propio gobierno consideran prioritarios"

Por su parte, Aguilar (1996) define las políticas públicas como aquellas decisiones de gobierno que incorporan la opinión, la participación, la corresponsabilidad y el dinero de los privados, en su calidad de ciudadanos electores y contribuyentes.

Lahera (2008) define las políticas públicas como un curso de acción y flujo de información relacionado con un objetivo público, definido de manera democrática, creado por el sector público y con frecuencia con la participación del sector privado.

Merino (2013) establece que una política pública puede ser definida como una intervención deliberada del Estado para corregir o modificar una situación social o económica que ha sido reconocida como problema público, son las encargadas de definir y solucionar problemas públicos con el objeto de atender las demandas sociales, y de esta manera mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

3.2. El ciclo de las políticas

Las políticas públicas en su desarrollo atraviesan por diferentes etapas que configuran un ciclo, las cuales busca la eficacia y la eficiencia en las acciones de gobierno. Las fases del ciclo están relacionadas entre sí, por lo que cambiar una de ellas tiene un impacto en las fases posteriores, por lo tanto, el análisis de los resultados puede conducir a una retroalimentación, lo que significa que la política pública no se termina con la evaluación de sus resultados, sino que puede dar lugar a una nueva definición del problema que provoco el ciclo.

Al igual que existen variadas definiciones de política pública, también existen diferentes criterios de la clasificación de las etapas del ciclo de las políticas públicas, en este sentido, Aguilar (1996) menciona: “Es dominante en los estudios de política pública considerar que la política es un proceso que se desenvuelve por etapas, cada una de las cuales tiene sus actores, limitaciones, decisiones, progreso y resultados propios, y además influye y es afectada por lo que le sucede a las otras”.

En este tenor, el modelo propuesto por Aguilar (2000) comprende siete etapas, las cuales se describen a continuación: 1) *Definición del problema*: En esta etapa lo importante es determinar cuál es el problema, cuáles son sus dimensiones o componentes y cuáles sus causas, 2) *Formación*

de la agenda: Consiste en analizar qué factores contribuyen a que una situación se convierta en problema y ese problema en objeto de una acción gubernamental, y quienes son los actores que intervienen en el proceso, 3) *Construcción de opciones*: Se enfoca en analizar cuáles son las alternativas disponibles y viables para resolver el problema y qué riesgos, beneficios y costos acompaña a cada una de ellas, 4) *Toma de decisión*: Se determina cuál de todas las alternativas disponibles constituye la mejor opción, 5) *Implementación de la política*: En esta etapa se analiza cuáles son las acciones conducentes para llevar a cabo exitosamente la decisión, para alcanzar los objetivos y metas que la política se propone, 6) *Evaluación de la política*: Esta etapa es enfocada en decidir qué y cómo evaluar y para qué fines y 7) *Terminación o continuación de la política*: Consiste en decidir a la luz de los resultados que brinda la evaluación, si la política debe continuar, finalizar o revisarse.

Para Aguilar, este proceso es cíclico, y en cada una de las etapas se pretenden resolver las diferentes preguntas que se formulan los actores involucrados en desarrollo del proceso, las cuales se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2

Preguntas a responder en cada etapa de las políticas públicas

Etapa	Preguntas que plantea
Definición del problema	¿Cuál es el problema? ¿Cuáles son sus dimensiones? ¿Cuáles son las causas del problema? ¿A quién afecta y en qué medida?
Estructuración de la agenda	¿Qué factores contribuyen a que determinadas situaciones se conviertan en problemas? ¿Cuándo y por qué ciertos problemas merecen la atención del gobierno? ¿Qué actores intervienen?

Etapa	Preguntas que plantea
Formulación de alternativas	¿Cuál es nuestro plan para enfrentar el problema? ¿Cuáles deben ser nuestros objetivos y prioridades? ¿Qué alternativas existen para alcanzar esas metas? ¿Qué riesgos, beneficios y costos acompañan a cada alternativa? ¿Qué alternativa produce los mejores resultados con los menores efectos negativos?
Toma de decisiones	¿Es viable técnicamente la alternativa seleccionada? ¿Es viable políticamente la alternativa seleccionada? ¿Cuál es el rol de la racionalidad en ese proceso?
Implementación	¿Quién es el responsable de la implementación? ¿Qué medios se usan para asegurar que la política se lleve cabo de acuerdo al plan previsto? ¿Qué conflictos pueden surgir en la implementación? ¿Con qué consecuencias?
Evaluación	¿Podemos asegurar que hemos alcanzado los objetivos? ¿Qué criterios hay que tener en cuenta para juzgar los resultados de la política? ¿Hay que continuar o terminar la política? ¿Podemos decir que la política ha sido justa?

Nota. Adaptado de Aguilar (2000).

3.3. Evolución de las políticas públicas en materia de residuos en México

El desarrollo de la política pública sobre los residuos en México, ha ido tomando relevancia al mismo ritmo que la comprensión de la problemática (Macías et al., 2018). El control de los residuos sólidos municipales (RSM) generados por los habitantes quedó legalmente sustentado como un tema de salud pública el día 15 de julio de 1891, fecha en la que se expidió el primer código sanitario elaborado por el Consejo Superior de Salubridad (CSS), sin embargo de manera práctica, la federación inicio con el primer programa de recolección y disposición nacional en el año de 1964, cuando la Dirección de Ingeniería Sanitaria (DIS) pasó a formar parte de la Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria, de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (CCISSA) con la finalidad de atender, a nivel nacional los programas de recolección y disposición residuos sólidos (INECC, s.f).

El primer relleno sanitario se instaló en la década de 1960 en la ciudad de Aguascalientes, motivando con ello al diseño de planes integrales de recolección y disposición en las principales

capitales de los Estados de la república. En 1972 se da inicio con el desarrollo de un programa a nivel nacional mediante el cual se proporcionó asesoría, cursos de capacitación y desarrollo de proyectos ejecutivos de manejo y disposición final de los RSM en las ciudades de Acapulco, Tijuana, Mexicali, Saltillo, Cd. Juárez, Tuxtla Gutiérrez, Monterrey y Ensenada (Navarrete y León, 2005).

En 1994 con la inclusión de México en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y por consiguiente, la adopción del término de sustentabilidad y el compromiso de establecer políticas en este contexto, la política de residuos alcanzó la categoría de política ambiental, dependiendo de la Secretaría del Medio Ambiente, Agricultura y Pesca. En este contexto, el Instituto Nacional de Ecología asume la responsabilidad del desarrollo de la normatividad de los residuos sólidos municipales y en el año de 1996, promulga la norma oficial mexicana que establece los requerimientos para la selección de sitios para ubicar rellenos sanitarios (INECC, s.f).

Sin embargo, no fue sino hasta el año 2003 con la aprobación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, cuando el tema de las políticas públicas en materia de residuos se dejó de ver de forma aislada y se comenzó a diseñar estrategias donde la responsabilidad es compartida con todos los involucrados, dando lugar así, al primer Programa de Gestión Integral de los Residuos, Sólidos para el Distrito Federal, hoy Ciudad de México, 2004-2008, mismo que ha sido la base y modelo a seguir para el desarrollo de otros planes a nivel nacional y estatal, en donde el tema de los residuos es abordado de una manera más sistémica e integral (Cortinas, 2015).

Es necesario resaltar que el tema de los residuos fue considerado desde hace varios años, sin embargo, los grandes avances fueron en materia normativa, mientras que en la parte de implementación se llevan varios años de rezago, dejando con ello una gran labor por realizar en esta materia (Macías et al., 2018; Jiménez, 2015; Cortinas, 2015).

3.4. Los residuos en México: un análisis desde el ámbito de las políticas públicas

La generación de residuos a nivel mundial sigue en aumento y es complicado sostener la eliminación incontrolada de residuos, lo que requiere de la combinación de conocimientos técnicos, económicos, ecológicos, así como de emprendimiento y buena gobernanza (Halkos y Petrou, 2016), en este sentido, una vez expuestas algunas de las definiciones y elementos de las políticas públicas, es necesario ver, cómo estas han sido abordadas en el tema de los residuos sólidos en México.

Al hablar del problema de una ineficiente gestión integral de residuos, es necesario que este tema sea concebido como un problema público (Subirats, 1989), en este contexto, son varios los autores que han abordado en México el tema de los residuos desde esta perspectiva, tal es el caso de Macías et al., (2018) quienes exponen que al evaluar la política de residuos se pueden comprender las dinámicas territoriales y de poder en las ciudades, toda vez que los residuos, como objeto de estudio, representan una intersección y conflicto tangible entre múltiples fuerzas y actores sociales. Por su parte Jiménez (2017), aborda la evolución del concepto de residuos y la importancia del reconocimiento de estos como un asunto de intervención pública.

Cortinas (2001) expone elementos que permiten visualizar el problema que constituyen los residuos, a través de un análisis de las políticas, programas, legislaciones tanto nacionales como

internacionales orientados a analizar la administración de los residuos, partiendo del concepto de que ¡no hay mejor residuo que el que no se genera!

Por otra parte, Ramos (2007) expone en su libro que en materia de protección ambiental y aprovechamiento de los recursos naturales se debe de tener un sistema de gestión, que, de acuerdo a sus capacidades, prioricen sobre el tema ambiental, y que esta preocupación se vea reflejada como parte de sus políticas, de tal forma que, se vea reflejada en una mejor calidad de vida.

Quintero (2008) analiza las políticas públicas y su relación con el medio ambiente, en donde hace referencia a la falta de planificación de políticas sociales, de políticas ambientales claras, que sean efectivas y sostenibles en el tiempo, lo que trae como consecuencia la degradación ambiental y el incremento de la violación de los derechos humanos.

Según Saldaña et al., (2008) el efecto ambiental más evidente del manejo inadecuado de los RSU los constituye el deterioro urbano de las ciudades, así como, el paisaje natural urbano-rural con la devaluación de los predios donde se localizan los tiraderos como las áreas vecinas por el abandono y la acumulación de basura, en este sentido, las políticas públicas ambientales, aplicadas a los residuos requiere de una profunda y clara concepción de la situación ambiental que sea trascendental y práctica y que genere las condiciones para brindar soluciones de fondo, que contribuyan a la transición hacia un desarrollo sostenible.

Castan et al., (2016) mencionan que, en el caso de la gestión de residuos, existen "actores olvidados" que manipulan y dan pie a la informalidad en la gestión, lo que complica conocer la situación real, de igual forma, la poca existencia de estadísticas oficiales dificulta reflejar los flujos

por los que transita el sistema y las relaciones de poder que se dan en el proceso, por lo que es complicado conocer, atender o transformar los problemas existentes

En la tabla 3 se exponen los objetivos, y las conclusiones de los trabajos abordados en este apartado, en donde se puede apreciar de una mejor manera la relevancia que tiene el estudio, análisis y seguimiento de las políticas públicas en el tema de los residuos.

Tabla 3

Los residuos sólidos y su análisis desde las políticas públicas

Autor/es	Objetivo	Conclusiones generales
Lugar		
Macías et al., (2018).	Analizar la implementación de la política pública de gestión integral de residuos sólidos	1. Es necesario evaluar la tecnología disponible en función del contexto e impacto territorial diferenciado para llevar a cabo una gestión adecuada de residuos.
Estado de Hidalgo y sus municipios.	urbanos en el Estado de Hidalgo.	2. Existen inconsistencias entre la legislación y la implementación ya que, a nivel municipal no existen objetivos y metas claras que permitan dar seguimiento y evaluar la GIRSU. 3. Las condiciones socioeconómicas influyen en la gestión de los residuos. 4. La participación de los funcionarios responsables en la implementación es limitada ya que no existe una buena coordinación, ni información entre los actores involucrados en la GIRSU.

Autor/es - Lugar	Objetivo	Conclusiones generales
Jiménez (2017). México	Conocer cómo los residuos se convierten en un asunto de intervención pública y objeto de la gestión integral.	<ol style="list-style-type: none"> 1. El origen del problema de los residuos se ubica con la aglomeración urbana. 2. Es necesario reflexionar sobre la división existente entre la ciudad y el medio natural y establecer una nueva relación entre los seres humanos y la naturaleza. 3. Es necesaria la construcción de la basura como un problema público, vinculado a la salud humana más que a las afectaciones ambientales. 4. La gestión de los desechos no ha logrado proponer un planteamiento acorde a las necesidades de las sociedades modernas actuales.
Castán et al., (2016). Ciudad de México y Santiago de Chile	Analizar los aspectos sociales, políticos y ambientales de gestión de residuos en áreas urbanas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. La gestión integral de residuos sólidos urbanos requiere de la combinación de enfoque político donde se combinen análisis cuali-cuantitativos acordes al lugar. 2. Existen "actores olvidados" que manipulan y dan pie a la informalidad en la gestión, lo que complica conocer la situación real.
Rodríguez (2008). Seis municipios mexicanos	Analizar la gestión integral de los residuos sólidos municipales, en Naucalpan, Celaya, Xalapa, Toluca, Irapuato y Coatzacoalcos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Existe una limitada capacidad institucional y poca sensibilización, tanto de las autoridades como de la ciudadanía, respecto a los problemas que causa el manejo inadecuado de los residuos. 2. Los gobiernos locales, en su mayoría, se ven rebasados en sus capacidades para dotar del servicio público de manera eficiente.
Ramos (2007). México	Destacar el papel y el potencial de los municipios mexicanos en cuanto al tema de gestión y política pública local.	1. Es importante contar con un sistema municipal de gestión ambiental, es decir, con elementos administrativos y normativos para la planeación, instrumentación, control, evaluación y seguimiento de las acciones de protección y conservación del ambiente.

Autor/es - Lugar	Objetivo	Conclusiones generales
Cortinas (2001). México	Proponer elementos que permitan visualizar el problema que constituyen los residuos. Analizar cómo ha sido abordado a nivel nacional e internacional el tema de las políticas, programas y legislaciones orientados a analizar y eficientar el problema de la basura.	1. La función de la autoridad debe de estar orientada a políticas de prevención, para rectificar la conducta social inadecuada, educando, ordenando y obligando a la ciudadanía a disminuir y gradualmente a eliminar la generación de los residuos revueltos (basura), cuyo aprovechamiento actual es escaso. 2. Las políticas aplicadas deben derivar de un diagnóstico que delimite y establezca el problema a resolver y no imitar programas que funcionan para lugares y tiempos diferentes.
Quintero (2008)	Analizar las políticas públicas y su relación con el medio ambiente.	1. La falta de planificación de políticas sociales y ambientales claras, que sean efectivas y sostenibles en el tiempo, trae como consecuencia la degradación ambiental y el incremento de la violación de los derechos humanos. 2. Las políticas públicas son influidas por la presión de mercado.
Saldaña et al., (2008) Tepic, Nayarit	Conocer cómo se considera la participación social en la gestión ambiental pública enfocada al manejo de los residuos urbanos.	1. Las políticas públicas en el manejo de los residuos urbanos, deben tener una mayor vinculación con la participación ciudadana, de tal forma que, se alcance un desarrollo sostenido y se puedan crear las condiciones necesarias para realizar acciones estratégicas apropiadas en torno a un proceso político-social.

Nota. La tabla muestra algunos de los autores que han abordado el tema de los residuos sólidos en México y Latinoamérica desde la perspectiva de las políticas públicas. Elaboración propia con base en la literatura revisada.

CAPÍTULO IV

TEORÍAS Y TENDENCIAS EN TORNO A LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Al momento que se aborda el tema de la gestión integral de residuos sólidos urbanos, se hace necesario realizar una revisión de las teorías que puedan ayudar a comprender de una mejor manera el fenómeno estudiado, además de conocer la evolución conceptual de los residuos; lo anterior en el entendido teórico de que las acciones implementadas para resolver el problema se llevan a cabo en función de la definición del problema (Veselý, 2017). Por lo tanto, en este apartado se aborda los conceptos y teorías relacionadas con la gestión de residuos sólidos urbanos.

4.1. La taxonomía de los residuos

La teoría de gestión de residuos se basa en la expectativa de que la gestión de residuos es evitar que los residuos causen daños a la salud humana y al medio ambiente. La definición adecuada de residuos es crucial para construir una agenda sostenible de gestión de residuos (Pongrácz y Pohjola 2004), de tal manera que, la construcción de la teoría de la gestión de residuos es un esfuerzo hacia la cientificación de la gestión de residuos, es una descripción conceptual que proporciona definiciones de todos los conceptos relacionados con los residuos y sugiere una metodología de gestión de los mismos.

De acuerdo con Pongrácz (2002), la teoría de la gestión de residuos se basa en la hipótesis de que la forma en que describimos un objetivo prescribe una acción sobre él, lo que implica que la gestión sostenible de los residuos depende en gran medida de cómo se definen los residuos, en este sentido,

es importante definir los siguientes conceptos que involucra esta teoría, ya que de acuerdo con Cheyne y Purdue (1995) la definición es particularmente importante en un sistema de control regulatorio.

Generalmente cuando se habla del concepto residuo la mayoría de las personas pueden dar una definición, sin embargo, esta puede ser muy subjetiva ya que lo que puede ser un residuo para unos, otros lo pueden valorar como una materia prima. En este sentido, a continuación, se presentan algunas definiciones de los conceptos residuos y residuos sólidos urbanos.

Los residuos se definen en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos como “aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso y que se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final” (LGPGIR, 2023). En función de sus rasgos y origen, se dividen en tres grupos principales: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP).

Por su parte, la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 1990) denomina a los residuos como “aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado ningún valor económico en el contexto en que son producidas”, es decir, aquello que su propietario desecha por no serle útil, incluyendo una posible cesión rentable del producto en términos de utilidad.

A partir de la taxonomía de residuos propuesta por Pongrácz y Pohjola (1997) los residuos sólidos se pueden clasificar y definir conforme a cuatro atributos, los cuales se describen en la tabla 4.

Tabla 4*Taxonomía de los residuos*

Atributo	Premisa	Características	Ejemplos
Propósito	Un residuo es un desperdicio, ya que no tiene un propósito, ya sea porque, nunca se le ha asignado uno, o porque, no se le ha asignado uno nuevo luego de cumplido el primero.	Objetos no deseados sin ningún propósito.	Los residuos de limpieza, subproductos no útiles, etc.
Estructura	Un residuo es aquel que no está cumpliendo con el propósito para el cual fue creado debido al estado físico del objeto en su totalidad o sus partes.	Productos de un solo uso o desechables.	Pañales desechables, baterías no recargables, etc.
Estado	Un residuo es aquel que no tiene la capacidad de un elemento para desempeñar su función de acuerdo a su ciclo de vida.	Objetos obsoletos, no funcionales.	Artículos domésticos desechados.
Desempeño	Un residuo es aquel que no tiene la capacidad para cumplir con una expectativa de funcionamiento.	Productos que los propietarios no desean poseer nunca más.	Ropa fuera de moda, sobras de comida, etc.

Nota. Adaptado de Pongrácz y Pohjola (1997).

Derivado de lo expuesto en la tabla 4 se puede decir que, un residuo es aquel que no cumple con el propósito, estructura, estado o desempeño que requiere el propietario, en este sentido, el concepto de propiedad puede tener una importancia particular para reconocer residuos, y se ha definido por Pongrácz y Pohjola (1997) como “un derecho y una responsabilidad de actuar sobre el objeto”.

En el mismo sentido, Jiménez (2017) expone que el término “desecho” surgió para referirse a los elementos que ya no eran útiles, como resultado de las actividades humanas extremadamente concentradas en un espacio determinado. Con una alta concentración de residuos (objetos inservibles e indeseables) y con la ausencia de un método para integrarlos en la vida cotidiana, los desechos se inscribieron como un problema de interés público.

Una vez definido el concepto de residuo, es importante conocer y diferenciar el concepto de residuo sólido urbano, para lo cual se cita la definición establecida en el artículo 5 fracción XXXIII de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), la cual como ya se mencionó, es el instrumento legal para esta materia:

Los residuos sólidos urbanos son aquellos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública 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 (LGPGIR, 2023).

4.2. La gestión integral de residuos sólidos

Para la presente investigación es necesario abordar el concepto de gestión de residuos sólidos el cual de acuerdo a la LGPGIR artículo 5 fracción X se define como:

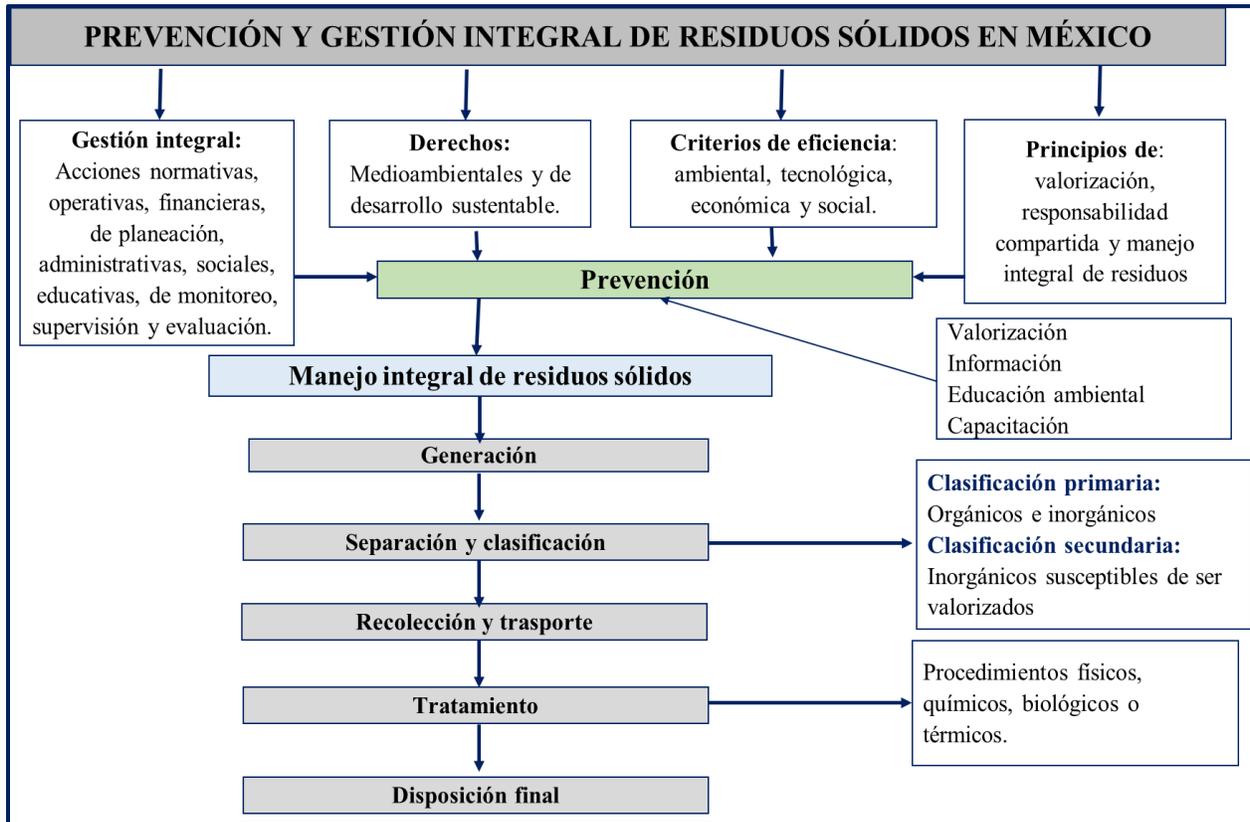
Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región (LGPGIR, 2023).

La definición anterior establece que un manejo integral involucra actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, tratamiento, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a

las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

Figura 4

Etapas y elementos de la prevención y gestión de residuos en México



Nota. Elaboración propia con base en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2023).

En la figura 4 se muestran los elementos más relevantes de la LGPGIR, en materia de residuos sólidos urbanos, de tal forma que se puede deducir y limitar las etapas que intervienen en el proceso de prevención y gestión integral de residuos sólidos en México en las siguientes:

1. *Prevención de la generación de residuos sólidos:* Esta etapa incluye una serie de actividades (valorización, información, capacitación etc.) para tratar de prevenir y reducir la cantidad de residuos sólidos que se generan.

2. *Generación de residuos*: La generación constituye la primera etapa del manejo de residuos sólidos y está directamente relacionada con las actividades humanas, el crecimiento poblacional, los cambios en los patrones de consumo, el aumento de la actividad industrial y comercial y las condiciones climáticas, entre otros factores (Ojeda y Quintero, 2008; Ochoa, 2009).

3. *Separación y clasificación de residuos sólidos*: La separación de residuos desde el origen consiste en la clasificación de los residuos en diferentes componentes, esta se puede llevar a cabo, en dos dimensiones, primero una separación primaria en orgánicos e inorgánicos, para posteriormente realizar una clasificación secundaria, en la cual los residuos inorgánicos son clasificados de acuerdo a sus características de valorización (papel, cartón, plástico, fierro, aluminio).

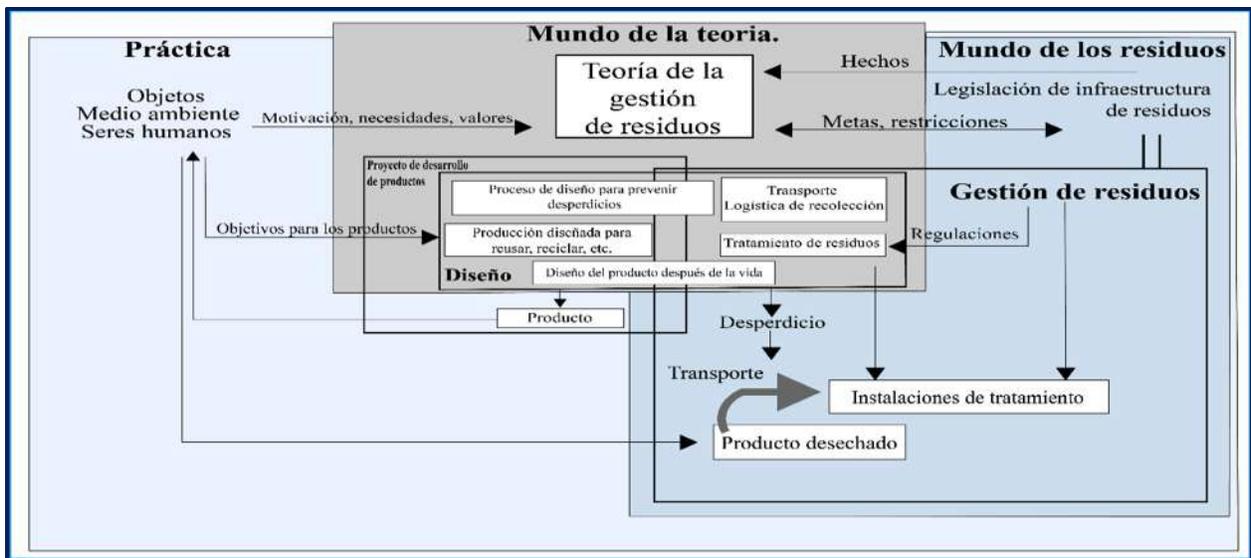
4. *Recolección y transporte de residuos sólidos*: La recolección de residuos sólidos se define como “el conjunto de actividades que incluye la recogida y transporte de los residuos sólidos desde los sitios destinados para su depósito o almacenamiento por parte de los generadores, hasta el lugar donde serán descargados” (Jaramillo, 1999).

5. *Tratamiento y disposición final de residuos sólidos*: Recolectados los residuos deben ser procesados (separados, triturados y reducidos) y tratados (compostaje, incineración, etc.) para finalmente ser colocados en los lugares destinados para su disposición final, en donde son colocados aquellos desechos que no reciben ningún otro uso, así como los residuales derivados de los diferentes tratamientos (Jaramillo, 1999; Tchobanoglous et al., 1982; Tchobanoglous y Kreith, 2002; LGPGIR, 2023).

Pongrácz (2002) define la gestión de residuos como “el control de actividades relacionadas con los residuos con el objetivo de proteger el medio ambiente, la salud humana y fomentar la conservación de recursos”. En este sentido el autor presenta en un diagrama (figura 5) el mundo de los residuos, en el cual hace énfasis desde lo empírico, lo complejo de reconocer la influencia que tienen los diferentes factores de diseño en la gestión de residuos.

Figura 5

La teoría de gestión de residuos Vs el mundo de los residuos



Nota. Adaptado de Pongrácz (2004).

La figura 5 pretende exponer que, en un modelo ideal, la gestión de residuos debe realizarse para cada producto individual, para evitar o aminorar residuos, mejorar el proceso del diseño de la logística de recogida, traslado y tratamiento de residuos. De igual forma, muestra que la infraestructura está restringida por limitaciones legislativas, pero se espera que haya una comunicación entre la legislación y la teoría que permita tener mejores resultados prácticos. En el modelo se presenta un área de gestión de residuos que es difícil de diseñar por la forma en que los humanos desechan cosas no deseadas; en este tenor, se pretende mostrar que se puede realizar un

modelo de gestión de residuos, pero no es seguro cómo las acciones de los individuos pueden incluirse en tal modelo, ya que el desperdicio es un concepto humano y depende de las necesidades y valores de los seres humanos.

Por su parte Love (2002) expone que una teoría de gestión integral de sistemas de residuos es un elemento importante que permite la aclaración de la definición de conceptos básicos y el mapeo de cuestiones clave.

Es necesario considerar que las etapas de la gestión integral de residuos pueden variar de acuerdo al lugar, los criterios y capacidades de los diferentes gobiernos, por lo anterior a continuación se exponen algunos de las etapas que han sido propuestas por diferentes autores y organizaciones:

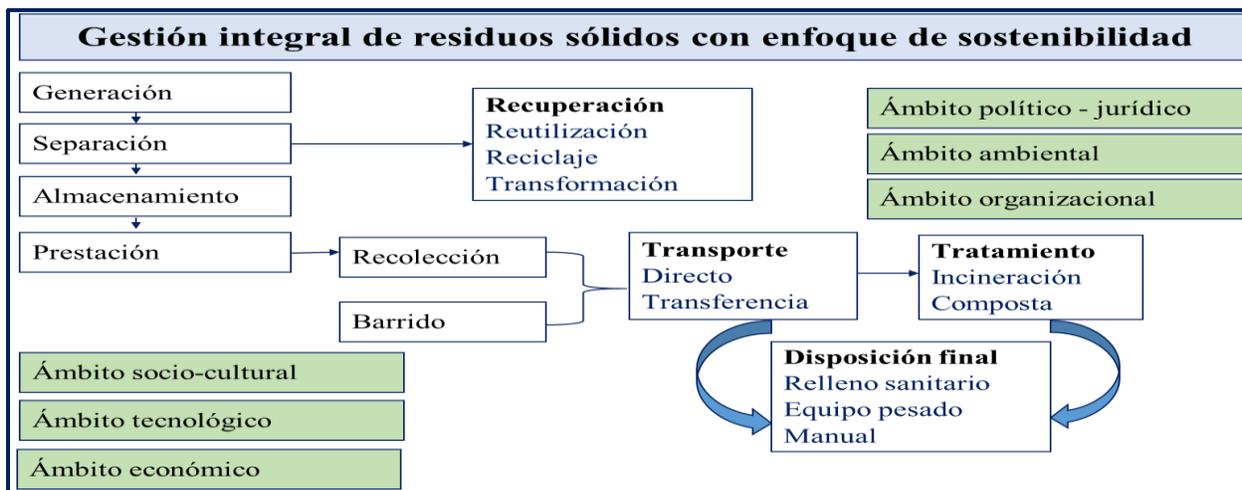
La gestión de los residuos sólidos tiene una gran incidencia en la protección del ambiente y en la salud pública, en este sentido, de acuerdo al programa de fortalecimiento de capacidades de Organizaciones Comunitarias de Servicios de Agua y Saneamiento (OCSAS) para América Latina, elaborado por CARE internacional (ONG internacional enfocada en encontrar soluciones locales para la pobreza y la desigualdad) y Avina (fideicomiso creado para impulsar el desarrollo sostenible), la gestión integral de residuos sólidos son aquellas actividades asociadas al control durante la generación, separación, almacenamiento, prestación, recolección pública, barrido, transporte, tratamiento y disposición final.

Las actividades anteriores deben de realizarse de forma que armonice con los principios de sostenibilidad, en por lo menos seis ámbitos: político, organizacional, socio - cultural, tecnológico, ambiental y económico, de tal forma que, den respuesta directa a las causas subyacentes que

generan la problemática y la insuficiente cobertura identificada en la gestión de residuos sólidos (CARE- Avina, 2012), esta explicación se puede observar de mejor forma en la figura 6.

Figura 6

Gestión de residuos sólidos con enfoque de sostenibilidad



Nota. Elaboración propia con base en el programa de fortalecimiento de capacidades de Organizaciones Comunitarias de Servicios de Agua y Saneamiento para América Latina (CARE-Avina, 2012).

Por su parte Tchobanoglous y Kreith (2002) definen la gestión integral de residuos como “la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión adecuados para lograr objetivos y metas específicos de gestión de residuos”, en este sentido presentan un manual de manejo de residuos sólidos urbanos que ha tomado gran relevancia respecto al tema, y en el cual se menciona que los elementos funcionales o etapas de la gestión de RSU se pueden resumir en seis pasos:

1. *Generación de residuos:* Esta etapa comprende las actividades en las cuales los materiales se identifican como productos sin valor y son confinados o colocados en los depósitos de residuos. Una parte importante en la generación de residuos es que debería de haber una etapa de identificación y clasificación, sin embargo, en la mayoría de las veces esto queda fuera de control.

2. *Manejo, separación, almacenaje y procesamiento (desde la fuente de generación)*: Esta etapa incluye las actividades asociadas con el manejo de residuos hasta que estos son colocados en contenedores para su recolección.

3. *Colecta de los residuos*: Consiste en reunir los residuos y transportar estos materiales, después de la recolección, al lugar donde el vehículo de recolección se vacía.

4. *Transferencia y transporte*: Esta etapa consta de dos pasos: la transferencia de desechos del vehículo de recolección más pequeño al transporte más grande y el transporte posterior de los desechos hasta un lugar de procesamiento o eliminación.

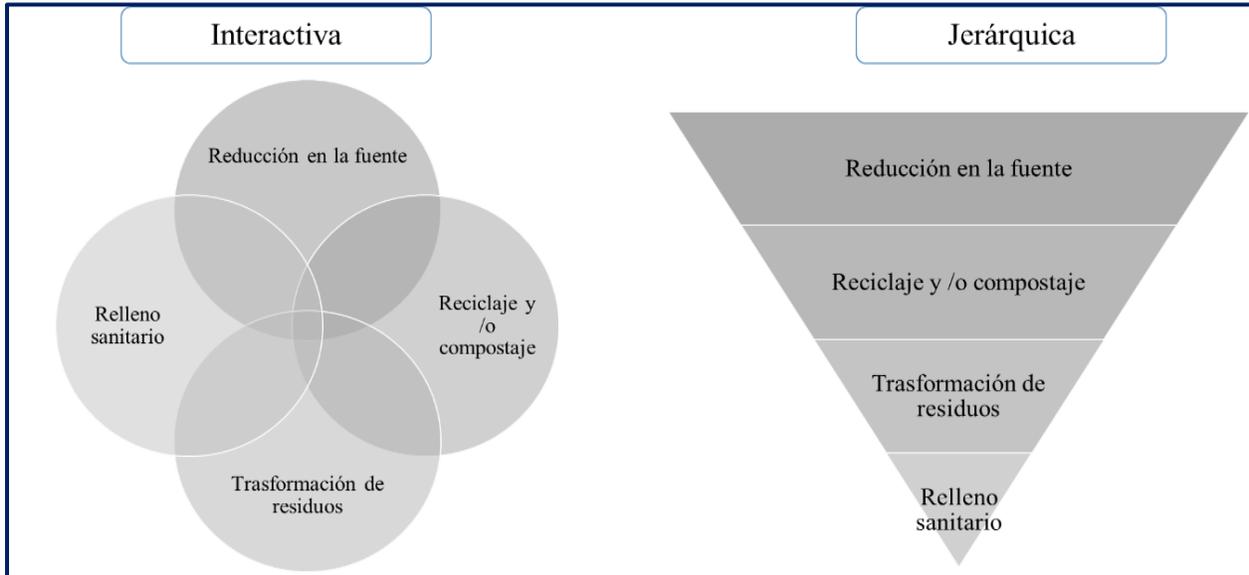
5. *Separación, procesamiento y transformación de los RSU*: En esta etapa se lleva a cabo la recuperación de aquellos residuos que puedan ser enviados a las recicladoras, que no fueron reparados en la fuente, además de la compactación, combustión, composteo.

6. *Disposición final*: Esta etapa varía en función de las etapas por las que hayan pasado los residuos anteriormente, pero en términos generales implica su ubicación en los rellenos sanitarios y en caso de cenizas de la combustión su posible aplicación en asfaltos, construcciones, entre otros.

Por otro lado, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en Inglés) ha identificado cuatro opciones básicas de manejo en la gestión integral de residuos sólidos: Reducción en la fuente, reciclaje y compostaje, combustión (conversión de residuos en energía) y vertederos o rellenos sanitarios; según lo propuesto por la EPA de EE. UU., estas estrategias muestran dos tipos de relaciones: (a) interactiva y (b) jerárquica; estas relaciones se muestran en la figura 7.

Figura 7

Relaciones interactivas y jerárquicas de las etapas de gestión de residuos



Nota. Adaptado de Tchobanoglous y Kreith (2002).

4.3. La teoría del desarrollo sostenible y la gestión de residuos sólidos urbanos

En México, al igual que en otras partes del mundo, la población está creciendo a tasas que los recursos ambientales disponibles no pueden sostener, lo que conlleva a que, un incremento en la población requiere aumentar la eficiencia en el uso de los recursos financieros, con la finalidad de poder abastecer servicios de vivienda, atención médica, seguridad alimentaria o suministro de energía, en este sentido, un manejo eficiente de los residuos, permitiría no solo minimizar los efectos negativos que un mal manejo genera al medio ambiente, sino además, permitiría que los presupuestos que se asignan a los Estados, no se gasten tratando de solucionar problemas de basura, sino que se utilicen para tratar de solucionar otras necesidades sociales básicas; derivado de lo anterior, resulta importante profundizar respecto al concepto de desarrollo sostenible y su relación con los residuos sólidos urbanos.

El desarrollo sostenible es el proceso de cambio en el que la explotación de los recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las instituciones, están acordes y aumentan el potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas (ONU, 1987). Este concepto surge y toma relevancia a partir de 1987, en el informe Brundtland y posteriormente en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro (1992), y logra ser reconocido a nivel mundial en diferentes ámbitos, en este sentido han sido varios los autores que han tratado de estudiar y profundizar sobre este concepto (Goodland, 1995; Sach, 1996; Vilches et al., 2009; Díaz y Escárcega, 2009; etc.)

Goodland (1995) define el concepto como "desarrollo, sin crecimiento más allá de la capacidad de carga ambiental" y expone que la transición hacia la sostenibilidad es urgente porque el deterioro de los sistemas de soporte vital y el medio ambiente, impone un límite de tiempo, y que no hay tiempo para soñar o crear otros espacios para vivir, por lo que se debe actuar para salvar los restos del único entorno viable que se tiene, además de invertir en la regeneración de lo que ya hemos dañado.

En este sentido propone una serie de condicionantes que deben cumplirse, para lograr un desarrollo sostenible:

- 1) Producir más con menos (conservación, eficiencia, mejoras tecnológicas y reciclaje).
- 2) Reducir la explosión demográfica.
- 3) Redistribuir a favor de los pobres el exceso de los sobre consumidores.

4) Avanzar durante la transición del crecimiento en el uso de los recursos y en la escala de la economía hacia el desarrollo cualitativo, para que la escala económica sea coherente con las capacidades regenerativas y asimilativas de los sistemas globales que sostienen la vida.

Por su parte, Díaz y Escárcega (2009) mencionan que el eje central del concepto de desarrollo sostenible es la satisfacción justa de las necesidades humanas en la tierra, pensando especialmente en la justicia entre las generaciones actuales y futuras, en este sentido el concepto hace necesario encontrar un equilibrio entre lo ambiental, lo ecológico, social, económico, financiero, político, institucional y cultural.

De acuerdo a las definiciones de varios autores e instituciones (Hardoy et al., 1992; Rees, 1992; Harris, 1992; Cárdenas, 1993; OECD, 1990; ONU, 2002; SEMARNAT, 2006.) la teoría del desarrollo sostenible se enfoca en garantizar las necesidades del presente, sin sacrificar las oportunidades de las próximas generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

En el Informe Brundtland, se expone que el concepto de desarrollo sostenible se rige bajo una serie de principios básicos y son:

Principio de sostenibilidad: hace referencia a el tipo de desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones actuales sin poner en peligro las posibilidades de desarrollo de las generaciones futuras.

Principio de equidad: expone que cada persona tiene derecho, aunque no la obligación, a hacer uso de la misma cantidad de espacio ambiental (energía, materias primas no renovables, terreno agrícola, bosques, capacidad de absorción de CO₂, etc.).

Principio de precaución: establece la conveniencia de tomar medidas antes de tener la seguridad de que se van a producir determinados efectos, debido a la gravedad y alta probabilidad de éstos.

Principio de responsabilidad diferenciada: afirma que las responsabilidades de una nación se determinarán en función de su responsabilidad en el problema y su nivel de desarrollo.

Principio de “quien contamina, paga”: establece que aquellos que causan daños o perjuicios al medio ambiente deben pagar por las medidas de reparación.

En este sentido, los planes de gestión integral de residuos sólidos, son una herramienta que contribuye en la construcción de las bases sostenibles para el manejo de los residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo, por lo que deben atender tres propuestas fundamentales de los principios del desarrollo sostenible: 1. Minimización del impacto ambiental negativo que causan los residuos. 2. Crecimiento de capital humano y económico de las comunidades. 3. Incremento de la calidad de vida de todos los ciudadanos y ciudadanas.

En México Macías et al., (2018) revelan graves deficiencias e importantes retos a alcanzar, en la GIRSU y el desarrollo sostenible, ya que la implementación de la política pública a nivel nacional de residuos sólidos urbanos no ha conseguido instrumentar realmente un modelo de sustentabilidad en el que se generen las condiciones adecuadas para el manejo los residuos sólidos urbanos.

El desarrollo sostenible tiene diferentes dimensiones: económica, social y ambiental, y solo será sostenible si se logra el equilibrio entre los distintos factores que influyen en la calidad de vida, por tanto, las estrategias que se tomen en las diferentes áreas pueden significar un cambio positivo

que permita acercarse hacia los objetivos de desarrollo, y es aquí donde radica la importancia de una eficiente gestión integral de residuos.

4.4. La teoría de los sistemas aplicada a la gestión integral de residuos

La vida en sociedad está organizada alrededor de sistemas complejos (instituciones, clases sociales, organizaciones, etc.), lo cual conduce al ser humano a una complejidad de relaciones en los diferentes sistemas, donde la fragmentación gradual de las autoridades, así como la negligencia en la distribución de los recursos con llevan a no poder tomar medidas que permitan obtener soluciones para la sobrevivencia del sistema global (Peón, 2006). En este tenor, la introducción y adopción del enfoque sistémico, en la gestión integral de residuos sólidos puede ayudar a los elementos que toman decisiones en una organización, a considerar los posibles efectos de las decisiones tomadas, una vez diseñadas, ya que los sistemas deben planearse y no esperar a que éstos sucedan como resultado del desarrollo del proceso.

Como ya se analizó anteriormente, la gestión de residuos sólidos urbanos, es un conjunto de actividades que deben de llevarse a cabo para alcanzar objetivos finales, en las cuales intervienen e interactúan diferentes elementos, los cuales pueden ser abordados desde un enfoque sistémico. La noción del enfoque sistémico se establece a partir de la teoría general de sistemas, la cual se desarrolló sobre todo a partir de la llamada “biología organísmica” desarrollada por Ludwig Von Bertalanffy (1978) quien define a los sistemas como “Un complejo de elementos interactuantes”.

En el marco de los residuos sólidos se hace necesario definir que es un sistema de gestión medioambiental, el cual de acuerdo con Greeno et al., (1985) “Es el método empleado para orientar a una organización a alcanzar y mantener un funcionamiento en conformidad con las metas

establecidas y respondiendo de forma eficaz a los cambios de presiones reglamentarias, sociales, financieras y competitivas, así como a los riesgos medioambientales”.

Los problemas asociados a la GIRS suelen ser complejos por la cantidad y naturaleza diversa de los residuos, el desarrollo de zonas urbanas dispersas, las limitaciones de fondos para los servicios públicos, los impactos de la tecnología y las limitaciones emergentes de energía y materias primas etc., por tanto, como lo expone García (2011) es necesario que al abordar el tema de los residuos como un conjunto de totalidades organizadas, se consideren que las propiedades del sistema, en un momento dado, no resultan de la simple adición de las propiedades de los componentes, sino que son propiedades estructurales del sistema en su conjunto y que la evolución del sistema responde a una dinámica que difiere de las dinámicas propias de sus componentes; por lo tanto, se debe de realizar el análisis de la estructura, comportamiento y evolución del problema, puesto que lo que puede ser aplicable para un subsistema, no puede aplicar para la totalidad y en la medida en que la división de cada uno de los subsistemas que forma el conjunto, se haga de la manera adecuada, los modelos que surjan de los diferentes análisis representarán de mejor manera la realidad, logrando con ello que las posibles soluciones al problema investigado, sean más eficientes, tanto en la distribución y aplicación de los recursos, como en alcanzar objetivos específicos.

Es por ello que, en la presente investigación se aborda y analiza el tema de los residuos como un sistema, de tal forma que con ello se pueda identificar cuál es la parte de este que tiene deficiencias o desvíos, para que estos puedan atenderse y corregirse mejorando así el funcionamiento del sistema.

4.5. La economía circular una teoría viable ante el problema de los residuos

El actual modelo de desarrollo no ha solucionado los grandes problemas sociales como la pobreza, la desigualdad, las injusticias, las guerras, etc., sino además ha agravado la falta de valores ambientales en la población, en este sentido, se hace necesario, abordar el tema de la economía circular como una estrategia a seguir ante el problema de un deficiente sistema de prevención y gestión, ya que cuando se analiza el problema de los residuos, se puede observar que el modelo de producción y consumo opera desde una perspectiva lineal la cual toma los recursos naturales los transforma, para consumo, y todo aquello que no se utiliza se convierte en desecho, esta perspectiva acompañada, del incremento poblacional y del consumo desmedido e irracional generan un incremento considerable de residuos, en este sentido, la teoría de la economía circular, puede ser una alternativa para tratar de minimizar los efectos que trae consigo una deficiente gestión de los residuos, es por lo anterior que, en este apartado se exponen los elementos relevantes del tema.

La economía circular desde la perspectiva de Ellen MacArthur Foundation (2015), es una nueva forma de diseñar, fabricar y usar cosas dentro de los límites planetarios y tiene como objetivo redefinir el crecimiento, centrándose en los beneficios positivos para toda la sociedad, el modelo circular se basa en tres principios:

Diseño los desechos y la contaminación: Este principio expone que, tanto los desechos como la contaminación son el resultado de las elecciones al momento de diseñar las cosas, por lo que no son accidentes, sino malas decisiones de diseño, por lo cual al momento de diseñar considerando valores añadidos y una segunda vida del objeto, se podrán reducir considerablemente.

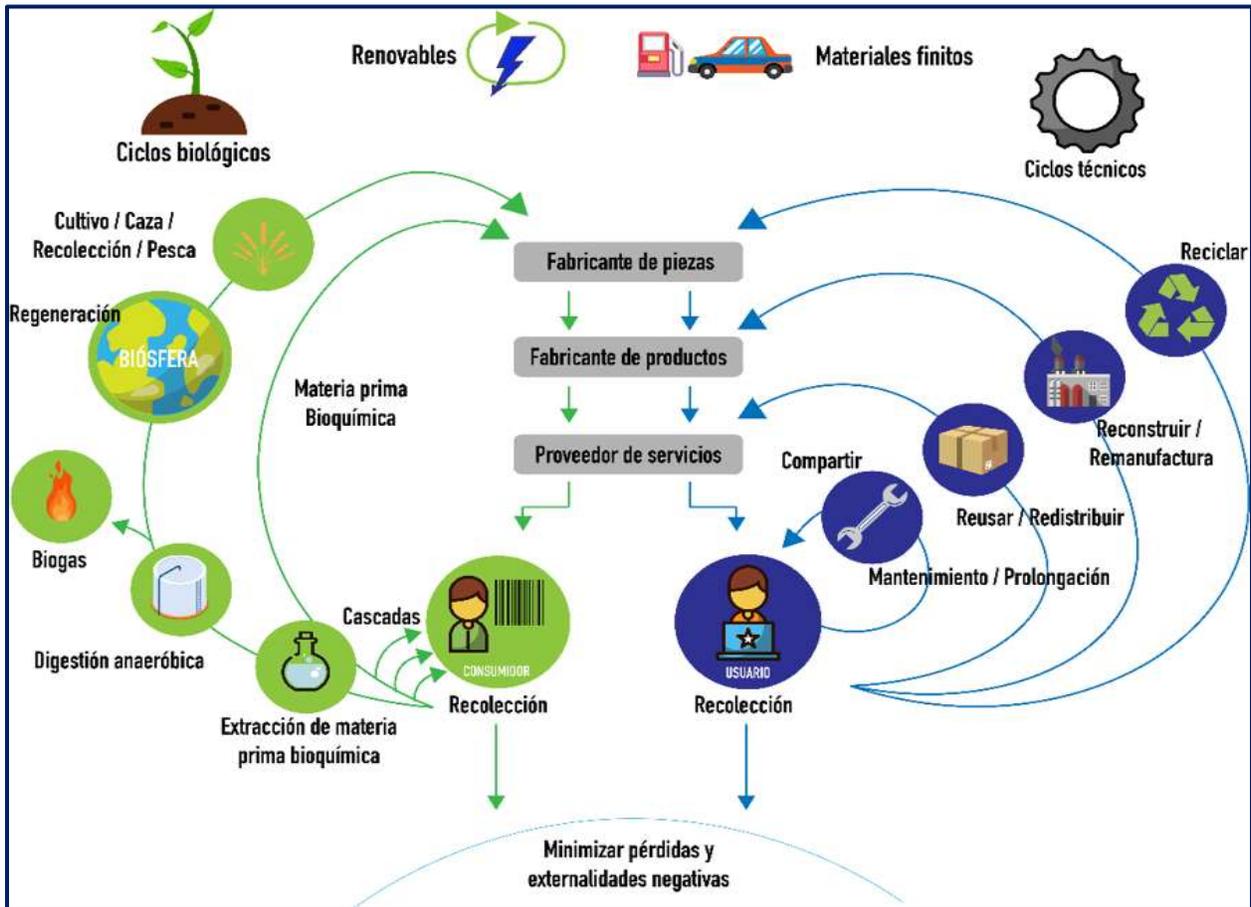
Mantenga los productos y materiales en uso: El principio hace referencia, la necesidad de evitar el desperdicio de recursos, lo que conduce al diseño de productos que se puedan reelaborarse, renovarse y reciclarse para mantener circulando en la economía los materiales y componentes extraídos.

Regenerar los sistemas naturales: Este principio hace referencia a proteger y mejorar activamente el medio ambiente.

Derivado de lo anterior Ellen MacArthur, propone un diagrama (figura 8) donde explica el modelo de economía circular el cual se basa en la eliminación de los residuos y la contaminación, la conservación de productos y materiales en uso y la restauración de los sistemas naturales, este nuevo modelo de economía cambia el paradigma de una economía lineal en la cual solo se toman los recursos de la tierra para fabricar productos, que se usan y cuando ya no se quieren, se tiran (Tomar-hacer-desperdiciar).

Figura 8

Diagrama de economía circular de Ellen MacArthur Foundation



Nota. La figura muestra el ciclo técnico y el ciclo biológico de los productos y materiales, en el primero estos se mantienen circulando a través de procesos como la reutilización, reparación, remanufactura y el reciclaje. En el ciclo biológico se devuelven los materiales biodegradables a la naturaleza para regenerarla. Tomado de Ellen MacArthur Foundation (2019).

En un mundo donde los recursos son limitados, es necesario realizar acciones que minimicen el colapso de la sostenibilidad económica, social y ambiental del planeta, por lo que la economía circular es una estrategia viable para gestionar y operar la forma de producción y consumo.

En cuanto al tema de la gestión de residuos, esta puede ser una opción para reducir la cantidad de residuos generados, toda vez que al tener como eje la reutilización y recirculación de materiales, componentes y residuos a lo largo de las cadenas productivas, los residuos que requieran de

tratamiento o de una disposición final, serán exclusivamente aquellos que no puedan incorporarse a nuevos procesos de producción, disminuyendo así los efectos negativos que estos traen al medio ambiente y a la salud, al mismo tiempo que los costos de recogida, traslado, tratamiento y disposición final serán reducidos, contribuyendo a mejorar la eficiencia de la gestión.

La economía circular es un conjunto de diferentes teorías y principios que, al combinarlos y analizarlos en conjunto, dan como resultado lo que se conoce como este nuevo paradigma, a continuación, se exponen las teorías que le dan origen:

Economía del rendimiento: Desarrollada por Stahel (1992) en la cual se describen las ventajas de los sistemas basados en la circularidad, su tesis se sustenta en que la economía presente no es sostenible si se tiene en cuenta el consumo de materiales per cápita. Propone desmaterializar la economía, lo que significa producir más con menos y utilizar menos recursos ambientales y energía en los procesos productivos y reducir los desechos a través de la reutilización y el reciclaje, esta teoría persigue fundamentalmente tres objetivos: 1) La extensión de la vida del producto, 2) Las actividades de reacondicionamiento y 3) La prevención de residuos.

Diseño regenerativo: Propuesta por Lyle (1994) quien postuló que “cualquier sistema, partiendo de la agricultura, se puede organizar de forma regenerativa, emulando el funcionamiento de los ecosistemas, donde los productos se crearon e interaccionan sin producir residuos”. Su propuesta principal era establecer un sistema cíclico que pudiera generar sistemas humanos que no fueran desechables y que pudieran ser reutilizados. Estos sistemas podrían ser capaces de restaurar, renovar, revitalizar o regenerar diversos sistemas mediante la integración de procesos naturales, acciones comunes y actividad humana.

Cradle to Cradle -De la cuna a la cuna: Esta teoría fue desarrollada por Braungart y Mc Donough (2002) y en ella se enfatiza la necesidad de cambiar nuestro sistema de producción a través del diseño, buscando que el producto esté diseñado desde el principio para que todos sus componentes puedan ser reutilizados en los procesos de producción posteriores, por lo que, a la hora de diseñarlo, se conciben todos los materiales de tal manera que sean útiles y utilizables en procesos posteriores.

Ecología industrial: Esta teoría fue propuesta por Frosch y Gallopoulos (1989) quienes defienden que la ecología industrial debería funcionar como un ecosistema natural, de modo que los desechos de una industria se convierten en recursos de otra, lo que reduce el uso de materias primas, la contaminación y el tratamiento de emisiones.

Biomímesis: Esta teoría es obra de la bióloga Benyus (2001) quien expone que, el ser humano aprende de la propia naturaleza para desarrollarse, y argumenta que no solo se trata de copiar a la naturaleza, sino de hacerlo como ella: sin generar residuos, de forma fácil y ahorrando energía, esta teoría se centra en tres principios fundamentales: la naturaleza como modelo, a la que hay que imitar y en la que hay que inspirarse; como medida del estándar ecológico para la sostenibilidad de nuestras creaciones, y como mentora, a la que hay que observar y de la que hay que aprender.

Economía Azul: Esta teoría fue ideada por el economista belga Gunter Pauli (1994) el cual expone que se pueden producir los bienes y servicios que los ciudadanos necesitan para ser felices y satisfacer sus necesidades, con responsabilidad compartida y respeto para las generaciones futuras, y para ello solo hay que imitar los ecosistemas naturales.

El capitalismo natural: Tiene su origen en los ambientalistas Lovins y Hawken (1999) en donde el argumento básico es que hay que pasar de la economía del consumo a la de los servicios y

reinvertir los beneficios obtenidos en garantizar la conservación de los recursos naturales, esta teoría propone cuatro principios para lograr un nuevo desarrollo minimizando el daño a los ecosistemas: 1) Aumentar drásticamente la productividad natural de los recursos, 2) Cambiar hacia modelos de producción biológicamente inspirados, 3) Avanzar hacia un modelo de negocio basado en soluciones y 4) Reinvertir en capital natural.

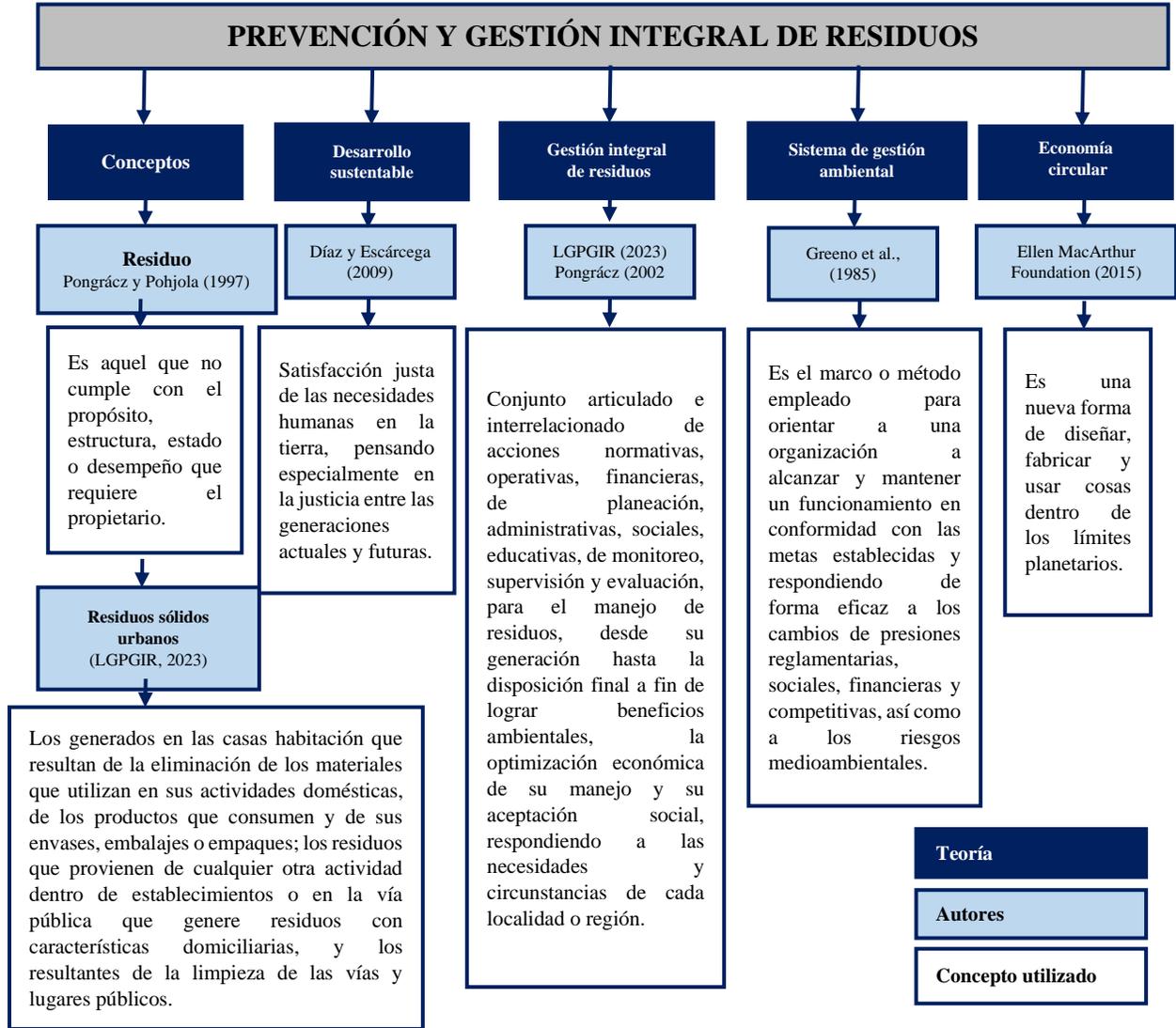
Como se pudo observar, las teorías y principios expuestos argumentan y sustentan la economía circular, pues en ellas se estipulan los principios y tesis central de la misma, la cual hace énfasis en las estrategias a seguir para minimizar el impacto de la actividad humana en el medio ambiente, toda vez que los recursos naturales no son ilimitados, por lo que se deben de utilizar con responsabilidad, garantizando el uso para futuras generaciones. En cuanto el tema de los residuos, cambiar la forma de producción y consumo a una economía circular puede ayudar a evitar o minimizar los residuos, contribuyendo a un desarrollo sustentable (Moreno, 2018).

4.6. Resumen teórico

Como se puede observar a lo largo del capítulo, el problema de un sistema de prevención y gestión de residuos sólidos deficiente, puede ser abordado de manera sistémica, pues en él intervienen una gran cantidad de elementos, que repercuten en otras áreas del entramado social, en este tenor, las teorías en las que se fundamenta la investigación se muestran en la figura 9, en donde se exponen los conceptos y términos claves, de cada una de las teorías analizadas, de tal forma que, en ellos se fundamenta teóricamente la presente investigación.

Figura 9

Resumen teórico



Nota. La figura muestra algunos de los conceptos y teorías que se utilizan a lo largo de la investigación, así como, las referencias que serán el sustento teórico de la misma. Elaboración propia con base en la literatura revisada.

CAPÍTULO V

FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS DE LA EFICIENCIA

En este capítulo se presentan los fundamentos conceptuales, metodológicos y referenciales de la eficiencia, en este sentido, se abordan conceptos como: análisis envolvente de datos, productividad, índice de Malmquist y análisis factorial, herramientas y metodologías que permiten tener una visión más integral del concepto de eficiencia utilizado en esta investigación. El capítulo se divide en cinco apartados; en el primer apartado se mencionan algunos de los conceptos de eficiencia, así como, sus métodos de estimación, en el segundo apartado se describe la metodología de análisis envolvente de datos y algunos de los modelos que se pueden desarrollar con ella; en el tercer apartado, se desarrolla el análisis factorial, como una alternativa estadística, para dar una mayor certeza a la selección de variables de los modelos DEA, en el cuarto apartado se expone el índice de productividad Malmquist, como herramienta para analizar la situación dinámica de la productividad y por último, en el quinto apartado, se describe la aplicación de los modelos DEA desarrollados en diversos sectores, y en específico los relacionados al tema de residuos sólidos.

5.1. Conceptualización y métodos de estimación de la eficiencia

Una de las primeras definiciones de eficiencia, es la propuesta por Koopmans (1951) quien afirmó que una combinación factible de inputs y outputs es técnicamente eficiente, si es tecnológicamente imposible aumentar algún output y/o reducir algún input sin reducir simultáneamente al menos otro output y/o aumentar al menos otro input. Más tarde Farrell (1957) menciona que ser eficiente es lograr producir el mayor producto posible a partir de un conjunto determinado de insumos; en

este tenor, Farrell realiza una clasificación de la eficiencia y establece tres tipos de eficiencia: técnica, asignativa y global.

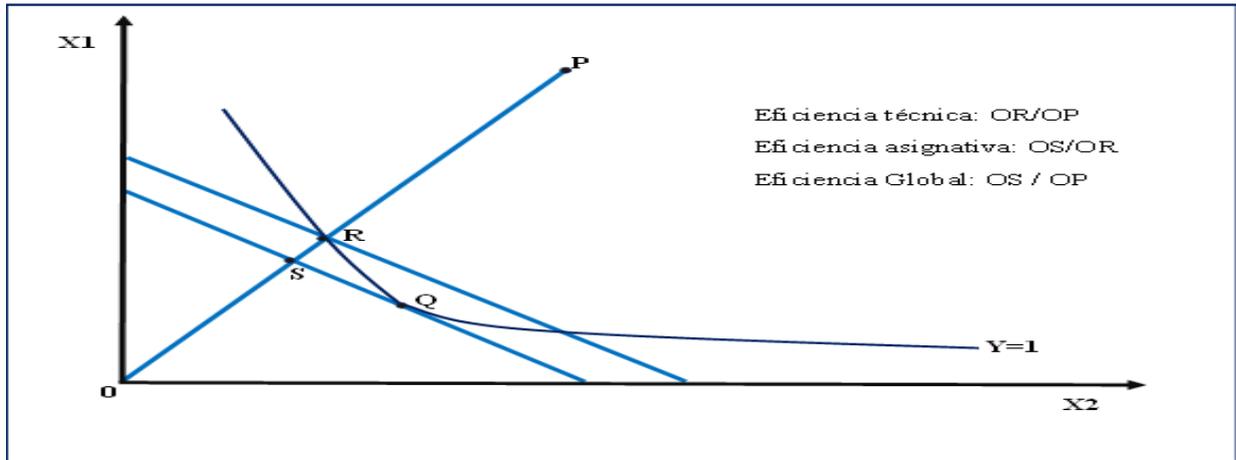
De acuerdo con Sanin y Zimet (2003), la eficiencia técnica mide la capacidad de producir la máxima cantidad de productos posibles con una cantidad de insumos dada (eficiencia centrada en el producto) o de producir con el mínimo posible de insumos, una cantidad de productos útiles (eficiencia centrada en el insumo).

La eficiencia asignativa es descrita por Farrell (1957) como la habilidad de una empresa en usar los inputs más apropiados para producir determinados bienes, dados los costos fijos relativos de las tecnologías de la producción, es decir, una unidad de análisis será eficiente si logra con éxito elegir un conjunto óptimo de insumos, es otros términos, el conjunto que minimiza el costo.

La eficiencia global (comúnmente conocida como eficiencia económica) es el producto de la eficiencia asignativa y eficiencia técnica, por lo tanto, para lograr ser eficientes económicamente, es necesario que se den tanto la eficiencia técnica como la asignativa (Navarro, 20005). En la gráfica 8 se muestra la eficiencia global dividida en eficiencia técnica y de asignación (precio) propuesta por Farrell, en donde la función de producción se encuentra en el supuesto de $Y = f(X_1, X_2)$ es linealmente homogénea, la isocuanta $Y = 1$ (unidad eficiente), muestra todas las combinaciones técnicamente eficientes. P representa a una unidad, que también produce en $Y = 1$, pero utilizando más insumos y por lo tanto es menos eficiente en sentido técnico.

Gráfica 8

Eficiencia técnica, asignativa y global de Farrell



Nota. Tomado de Farrell (1957).

La eficiencia técnica se puede expresar como la relación entre el uso de recursos óptimos y los recursos reales utilizados: eficiencia técnica = OR/OP . La eficiencia asignativa (precio) se puede expresar como la relación entre el costo mínimo y el costo real: eficiencia asignativa = OS/OR . La eficiencia asignativa, se puede identificar tomando en cuenta la línea isocosto (que representa el precio relativo de los factores) podemos identificar la eficiencia en cualquier punto de la línea $Y = 1$ tiene eficiencia técnica, pero sólo Q implica eficiencia técnica a un costo mínimo. Por tanto, la eficiencia global es el producto de la eficiencia técnica y de asignación: Eficiencia global = OS/OP . Farrell (1957) a través de su investigación propuso considerar como referencia de eficiente la mejor práctica observada de entre la muestra de unidades objeto de estudio, y calcular así los índices de eficiencia de cada una por comparación con las otras. A partir de esta propuesta surge la frontera eficiente, en donde se encuentra el supuesto de que no se puede ser más eficiente que las unidades situadas en esta; de esta forma se obtiene una medida de eficiencia que tiene un carácter relativo, es decir, depende de la muestra objeto de estudio (Delfín y Navarro, 2014).

El estudio de los problemas de eficiencia por parte de la economía, pueden ser analizados a partir de dos métodos, estos pueden ser de no frontera y los métodos de frontera (Navarro, 2005). A continuación, se exponen algunas de las alternativas que pueden ofrecer estos dos métodos.

Método de no fronteras

Los métodos de no-frontera pueden estar basados en números e índices, los cuales muestra, por medio de su variación, los cambios a través del tiempo o el espacio de una magnitud que no es en sí susceptible de medida directa o de observación directa en la práctica (Sumanth, 1990) o en aquellos que consisten en verificar la habilidad de las unidades productivas para equiparar la productividad de los factores a sus precios normalizados.

Método de fronteras y técnicas para su medición

Dentro de las metodologías de fronteras, existen dos ámbitos de trabajo establecidos, los cuales se clasifica dependiendo de la herramienta empleada a la hora de determinar la frontera. Las técnicas de análisis de eficiencia a través de la “función frontera” se consideran como las alternativas más adecuadas para medir la eficiencia de las entidades que conforman el sector público, ya que para su aplicación se utilizan indicadores de inputs y outputs, que pueden ser fácil de calcular para este tipo de entidades (Fernández y Flórez, 2000).

1. *Técnicas econométricas de estimación:* aquí se encuentran las fronteras estocásticas, las cuales a través de una estimación econométrica se emplea la información de la muestra para obtener los parámetros de la función específica previamente determinada (producción, costos, ingresos etc.) y

mediante la comparación con la frontera estimada, se calculan los índices de eficiencia de las unidades estudiadas. Solo por mencionar algunos se encuentra (Datos panel, corte transversal).

2. Técnicas de programación matemática: Con esta técnica se emplea la programación matemática para encontrar el conjunto de observaciones que delimitan la frontera, sin que ésta tenga que quedar reflejada necesariamente en una forma funcional específica es aquí donde se encuentra la metodología de análisis envolvente de datos.

5.2. Metodología de análisis envolvente de datos (DEA)

La metodología de análisis envolvente de datos es una herramienta de programación matemática no paramétrica que permite obtener estimaciones necesarias para lograr determinar la eficiencia de diferentes unidades productivas, fue desarrollada por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978 (Charnes et al., 1978).

Coll y Blasco (2006) establece que los modelos DEA pueden ser clasificados de acuerdo al tipo de medida de eficiencia que proporcionan: modelos radiales y no radiales; la orientación del modelo: input orientado, output orientado o input-output orientado, y la tipología de los rendimientos a escala que caracterizan la tecnología de producción, entendida esta como la forma en que los factores productivos son combinados para obtener un conjunto de productos.

Charnes, Cooper y Rhodes, exponen que la eficiencia puede ser caracterizada con relación a dos orientaciones:

Orientación input: Busca la comparación entre el nivel mínimo de inputs necesario, para un nivel dado de outputs, y es realmente empleado. Bajo este criterio una DMU no es eficiente si es posible disminuir cualquier input sin alterar sus outputs.

Orientación output: Busca la comparación entre el output máximo alcanzable, para un nivel dado de inputs, y el realmente alcanzado. Bajo este criterio, una DMU no puede ser eficiente si es posible incrementar cualquier output, sin incrementar ningún input o sin disminuir ningún otro output.

Orientación input-output: Este es una combinación de las dos orientaciones anteriores y busca la máxima reducción de inputs, al mismo tiempo que maximiza los outputs.

Derivado de lo anterior, una unidad de análisis puede ser considerada como eficiente si, y solo si, no es posible aumentar las cantidades de output manteniendo fijas las cantidades de inputs utilizadas, ni es posible reducir las cantidades de inputs empleadas, sin alterar las cantidades de outputs obtenidas (Charnes et al., 1978).

De acuerdo con Banker, Charnes y Cooper los modelos DEA pueden ser de diferentes tipos (Banker et al., 1984):

Rendimientos constantes a escala (CRS Constant Return to Scale): Los cuales exponen que los rendimientos son constantes a escala de forma tal, que un cambio en los niveles de inputs conlleva a un cambio proporcional en el nivel del output

Rendimientos Variables a escala: (VRS Variable Return to Scale): Los cuales exponen que los rendimientos pueden ser variables a escala de forma tal, que un cambio en los niveles de inputs conlleva a un cambio variable del output, en este sentido, si el output aumenta en una proporción

menor que el cambio proporcional del input, existen *rendimientos decrecientes de escala*, por otro lado, si el output aumenta más que el cambio proporcional del input existen *rendimientos crecientes de escala*.

La metodología DEA permite resaltar una serie de ventajas respecto de otras metodologías para medir la eficiencia Cooper et al., (2007) destacan las siguientes:

1. Caracteriza cada una de las unidades por una única puntuación de eficiencia (relativa).
2. Al proyectar cada unidad ineficiente sobre la envolvente eficiente resalta áreas de mejora para cada una de las unidades.
3. La no consideración por DEA de la aproximación alternativa e indirecta de la definición de modelos estadísticos y hacer en las expresiones basadas en el análisis de residuos y coeficientes de los parámetros.

Por otro lado, Navarro (2005) menciona que si bien, la metodología DEA utiliza la programación matemática para manejar un gran número de variables y relaciones, facilitando con ello los requisitos que se encuentran a menudo cuando se limita a la elección de sólo unas pocas variables, también expone que esta, puede presentar algunas debilidades tales como:

1. La flexibilidad en la elección de los pesos, ya que al establecer inadecuadamente podría calificar como eficiente a una DMU que no lo es.
2. No toma en consideración la exactitud y pertinencia de los *inputs* y *outputs* en la determinación del modelo.

3. Requiere para una mejor interpretación que el número de unidades de análisis se aproxime como mínimo al doble de la suma de los inputs y los outputs.

Por su parte Min y Jong Joo (2006) mencionan como una ventaja del DEA, que esta permite conocer las unidades con mejores prácticas en el uso de los recursos, al mismo tiempo que pueden ser usadas como referencia de mejora de las unidades menos eficientes.

Al utilizar la metodología de análisis envolvente de datos, más allá de la definición que se utilice, se buscará tomar como referencia la unidad de análisis más eficiente, por tanto, la formula básica que expresa la eficiencia de una DMU es la siguiente:

$$\text{Eficiencia}_k = \frac{\sum_{j=1}^n W_{jk} \text{ Output }_{jk}}{\sum_{i=1}^m V_{ik} \text{ Input }_{ik}} \quad K=1, \dots, N \quad (1)$$

Donde:

V_{ik} = Peso unitario del input i

W_{jk} = Peso unitario del output j

K= Unidad de toma de decisión (DMU)

m= Factores de input

n= Factores de output.

Una vez aplicada la formula anterior, la distancia de las DMU con respecto a su frontera de referencia, indica la medida de eficiencia productiva (Segovia et al., 2009). Como ya se mencionó con anterioridad existen diferentes modelos DEA que pueden ser aplicados, por lo que la elección entre uno u otro dependerá de lo que se desee analizar, en este sentido, a continuación, se exponen algunos de los modelos.

Modelo Charnes, Cooper y Rhodes

Utilizando de base el modelo de Farrell, Charnes, Cooper y Rhodes (1978), operacionalizaron las mediciones de eficiencia a través de la programación lineal, bajo rendimientos constantes a escala (*CRS Constant Return to Scale*); es decir, que un cambio en los niveles de los inputs da como resultado un cambio proporcional en los outputs, este tipo de modelo puede desarrollarse tanto con una orientación output o input (Thanassoulis, 2001).

La fórmula en su forma envolvente con orientación input es la siguiente:

$$\begin{aligned} \theta^* &= \min \theta \quad \lambda \theta \\ \text{St. } Y\lambda &\geq Y_i X\lambda \leq \theta X_i \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

En donde:

θ = La medida de eficiencia

X = La matriz de inputs

Y = La matriz de outputs

λ = El vector de pesos

X_i son los valores de inputs

Y_i son los valores de los outputs.

Modelo Banker, Charnes y Cooper

El modelo de Banker, Charnes y Cooper (1984), deja de lado la hipótesis de rendimientos constantes a escala, dando lugar a los modelos de rendimientos variables a escala (*VRS Variable Return to Scale*), los cuales plantean que existen algunas unidades (DMU) que no son capaces de conseguir el mismo desempeño de las unidades eficientes, pues estas son de tamaño diferente, es decir, que no siempre es posible obtener determinados niveles de eficiencia con una reducción proporcional de entradas o aumento de salidas (Cooper et al., 2007).

Este modelo propone la restricción: $N1'\lambda = 1$, al programa lineal original con rendimientos a escala constantes, por lo que el modelo de rendimientos variables a escala con orientación input se representa con la siguiente formula:

$$\begin{aligned} \theta^* &= \min \theta \lambda \theta \\ \text{St. } Y \lambda &\geq Y_i X \lambda \leq \theta X_i N1' \lambda = 1 \lambda, s^+, s^- \geq 0 \\ \text{Restricción: } N1' \lambda &= 1 \end{aligned} \tag{3}$$

Con la restricción impuesta la unidad evaluada será calificada como eficiente, según la definición de Pareto-Koopmans, sí y solo si, en la solución óptima $\theta^* = 1$ y las variables de holguras son todas nulas, es decir $s^{+*} = 0$ y $s^{-*} = 0$ (Zhu y Cook, 2007).

Extensión modelo DEA - Bad Outputs

La metodología DEA se ha ido ampliado con el paso del tiempo, y ha logrado alcanzar diferentes extensiones en sus modelos, dotando a esta técnica de una mayor aplicabilidad; una de las ampliaciones de los modelos DEA está orientada al tratamiento de bad outputs, es decir, aquellos productos no deseables, pero que son inherentes al proceso. La siguiente expresión matemática del modelo DEA muestra la presencia de bad outputs, con rendimientos variables a escala y orientación output, toda vez que esta orientación permite simultáneamente maximizar el good output y minimizar el bad output (Liu et al., 2006; Seiford y Zhu, 2002).

$$\begin{aligned} \text{Max}_{s.a.} &= \varphi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^I s_i^+ + \sum_{d=1}^D s_d^- + \sum_{z=1}^Z s_z^+ \right) \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} + s_i^+ &= x_{io} \quad i = 1, \dots, I \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{dj} + s_d^- &= (1 + \varphi) y_{do} \quad d = 1, \dots, D \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j d_{zj} + s_z^+ &= (1 + \varphi) b_{zo} \quad z = 1, \dots, Z \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j, s_d^-, s_i^+ &\geq 0, \varphi \text{ sin restricción de signo} \end{aligned} \tag{4}$$

En donde: $j(1 \dots N)$ = son cada una de las unidades de toma de decisión, las cuales puede utilizar i inputs ($i=1, \dots, I$) para producir d good outputs ($d=1, \dots, D$) y z bad outputs (z). Asignándole al vector x_{ij} la cantidad de input utilizado por la DMU_j , al vector y_{dj} el número de good output d producido por la DMU_j , y al vector d_{zj} el monto de bad output z producido por la DMU_j . Siendo ε una constante no-arquimediana, s la slack de las variables, y λ_j el vector de intensidad. La restricción $\sum_{j=1}^N \lambda_j = 1$ se incorpora para asumir que la tecnología muestra rendimientos variables a escala, el escalar ϕ representa el máximo incremento/decremento radial para d y z producidos, por la unidad evaluada, variando su rango entre 0 y 1; de forma que tomará valor unitario cuando la DMU sea eficiente y menor a la unidad cuando sea ineficiente (Sueyoshi y Goto, 2001; Wang et al., 2012).

5.3. Variaciones de la eficiencia a través del tiempo

Los gobiernos requieren herramientas con las que puedan medir la eficiencia, de tal forma que las decisiones que tomen al momento de gestionar sean las más apropiadas; en este sentido Orihuela (2018) argumenta que debe de existir una combinación de técnicas e indicadores que permitan el seguimiento, control y mejoramiento de la calidad del servicio que se proporciona y que adicionalmente estos puedan compararse a través del tiempo. En este tenor, la presente investigación analiza la situación dinámica de la eficiencia de los sistemas de prevención y gestión integral de residuos sólidos en las entidades federativas, en momentos diferentes de tiempo, lo anterior mediante la utilización del índice del Malmquist, el cual se describe en este punto.

De acuerdo con la OCDE (2015) la productividad es definida normalmente como una relación entre el volumen de producción y el volumen de insumos, es decir, mide la eficiencia con la que

se utilizan los insumos de producción, como la mano de obra y el capital, en una economía para generar un determinado nivel de producción, y es considerada como un elemento clave de crecimiento económico y competitividad.

La productividad, puede tener diversas definiciones, dependiendo del ámbito en el que se utilice el término, sin embargo, independientemente del tipo de sistema el concepto básico es siempre la relación entre la cantidad y calidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados para producirlos, en donde el tiempo desarrolla un papel importante, toda vez que es una medida universal y está fuera del control humano.

Al tratar de analizar y comparar la eficiencia obtenida por diversas unidades de análisis en diferentes periodos de tiempo se presentan algunas situaciones relevantes que se tienen que atender, una de ellas es que los resultados obtenidos para cada unidad dan origen a una frontera de posibilidades, la cual, si presenta un cambio en los datos utilizados, o el tiempo de medición puede tener diferentes variaciones o desplazamientos (Banker y Morey, 1994); por lo anterior se hace necesario contar con una herramienta que permita identificar cuáles son las causas de las variaciones de la eficiencia, o si es que, el desplazamiento se debe solo al transcurso del tiempo.

En este tenor, el índice de productividad de Malmquist fue introducido por el economista sueco del mismo nombre en el año de 1953, el cual a partir de entonces ha sido utilizado y desarrollado por diferentes investigadores (Caves et al., 1982; Färe et al., 1985;1992; 1994; Thrall, 1996); este índice muestra las variaciones de la productividad total de los factores (PTF) de una unidad de toma de decisiones (DMU), es decir las variaciones en la eficiencia y en la frontera tecnológica entre dos periodos de tiempo, en un contexto de múltiples entradas y salidas (Cooper et al., 2007).

Entre algunas de las ventajas de utilizar del índice de productividad de Malmquist se encuentran las siguientes: no es necesario disponer de los precios, de igual forma, no requiere realizar supuestos acerca de la maximización de beneficios o la minimización de los costos, por tanto, es útil cuando no se conocen los objetivos de los productores.

El IPM evalúa el cambio de la productividad de una DMU entre dos periodos de tiempo y es un ejemplo de análisis comparativo, este puede ser definido en dos términos *Catch up* y *Frontier-shift*. El término *Catch up* se refiere al grado en el que una DMU mejora o empeora su eficiencia, mientras que el término *Frontier-shift* refleja el cambio en las fronteras eficientes entre dos periodos de tiempo (Cooper et al., 2007).

El efecto *catch-up* (cambios sobre el tiempo en la eficiencia técnica) se representa mediante la fórmula 5.

$$Catch\ up = \frac{\text{Eficiencia de } (x_0, y_0)^2 \text{ con respecto a la frontera del periodo 2}}{\text{Eficiencia de } (x_0, y_0)^1 \text{ con respecto a la frontera del periodo 1}} \quad (5)$$

Si el resultado obtenido $Catch\ up > 1$ significa progreso en la eficiencia relativa del periodo 2 respecto del periodo 1, si $Catch\ up = 1$ la eficiencia permanece sin alteración entre los periodos de tiempo y si $Catch\ up < 1$ significa que la (DMU) tuvo un retroceso en el nivel de eficiencia en el periodo 2 con respecto al periodo 1.

Para poder determinar adecuadamente los cambios en la productividad entre periodos, es necesario considerar el efecto *Frontier-shift* (innovación), el cual para $(x_0, y_0)^1$ es medido por la siguiente formula:

$$\Phi_1 = AC/ AE = (AC/AP) / (AE/AP) \quad (6)$$

El efecto *Frontier shift* en $(x_0, y_0)^2$ es expresado por:

$$\Phi_2 = (BF/BQ) / (BD/BQ) \quad (7)$$

Utilizando Φ_1 y Φ_2 se puede determinar el efecto *Frontier shift* por su media geométrica:

$$\text{Frontier shift} = \Phi = \sqrt{\Phi_1 \Phi_2} \quad (8)$$

$$\text{Donde: } \Phi_1 \Phi_2 = (AC/AE) (BF/BD) \quad (9)$$

El índice de productividad de Malmquist, es medido como el producto del efecto *Catch up* y efecto *Frontier shift*:

$$\text{IPM} = (\text{Catch up}) * (\text{Frontier shift}) \quad (10)$$

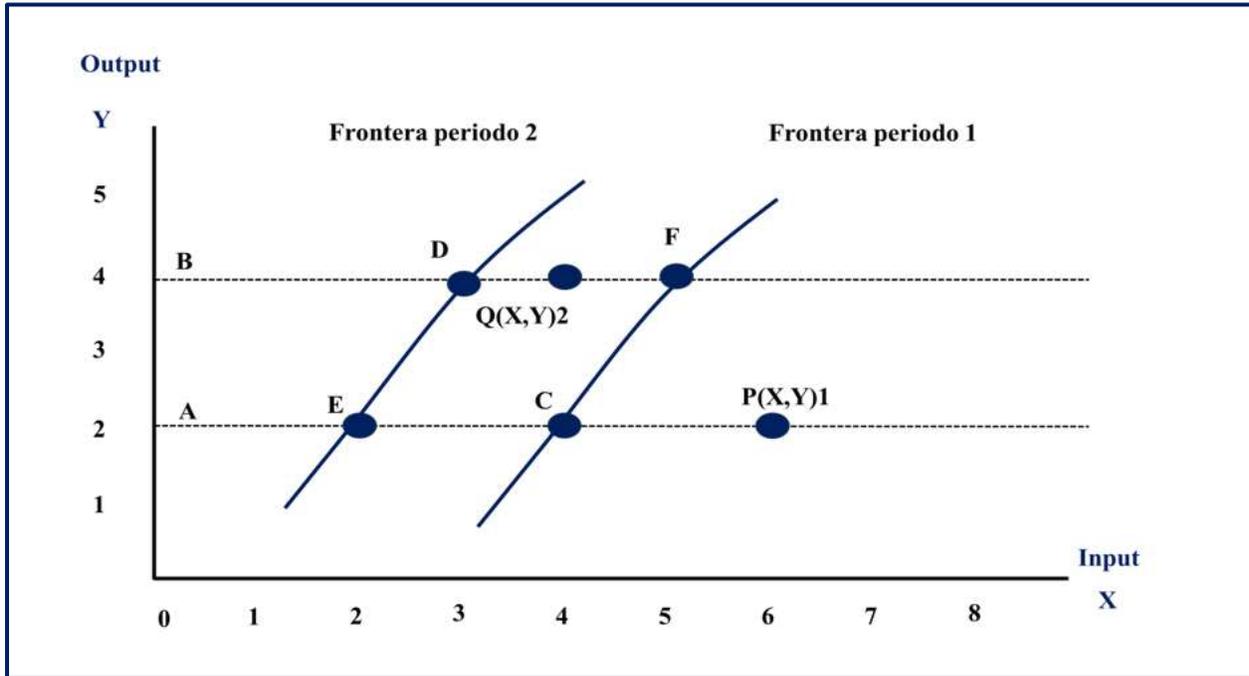
De tal forma que combinando el cambio relativo de eficiencia y el cambio relativo de la frontera la fórmula para medir el efecto total queda de la siguiente manera

$$\text{IPM} = (AP/BQ) \sqrt{(BF/AC) (BD/AE)} \quad (10\text{a})$$

Donde el primer término representa el cambio relativo de la eficiencia y el segundo representa el cambio relativo en la frontera utilizada para realizar la comparación; lo anterior se puede observar en la gráfica 9.

Gráfica 9

Índice de Malmquist-Efecto Catch up y Frontier shift



Nota. La gráfica muestra las variaciones en la eficiencia y cambio tecnológico de una entidad, en dos periodos de tiempo. Tomado de Cooper et al., (2007).

5.4. Análisis factorial

Una de las desventajas de la utilización de los modelos DEA, es la sensibilidad de los resultados a causa de la selección de variables; en este tenor las técnicas de Análisis Factorial de Correspondencias (AFC) y Análisis de Componentes Principales (ACP), son herramientas estadísticas que permiten reducir y establecer relaciones de asociación entre las diferentes variables, por lo anterior, en este apartado se describen algunos de los aspectos que involucra esta técnica.

El análisis factorial de correspondencias es una técnica de análisis estadístico multivariable que analiza las relaciones de interdependencia entre variables. El AFC permite descubrir afinidades

entre dos conjuntos de variables, presentados en forma de tabla de contingencia, tanto de frecuencias como de valores medios (Miquel et al., 1997); algunos de los aspectos más importantes a tener en cuenta cuando se aplica un método multivariante son: 1) la dependencia o no entre las variables, 2) las escalas de medición utilizadas para cada una de las ellas, 3) el objetivo que se persigue en el estudio.

El análisis factorial de correspondencias presenta una ventaja sobre otros métodos, ya que no impone parámetros iniciales, por lo que no es necesario clasificar al inicio la información, teniéndose como resultado que la conformación factorial sea dada por la propia información. Con esto, se obtiene el máximo de confiabilidad de la información procesada, así como de las conclusiones que de esta se desprenden. (Navarro y Delfín, 2020).

El análisis factorial permite la reducción de datos, y facilita explicar una estructura subyacente que no puede ser observada en primera instancia dentro de un conjunto de variables observables al encontrar un número reducido de factores subyacentes comunes (K factores) que linealmente reconstruyen las variables originales (Guillermo y Martínez, 2010)

$$x_{if} = \lambda_{1f}f_{i1} + \lambda_{2f}f_{i2} + \dots + \lambda_{kf}f_{ik} + u_{ij} \quad (11)$$

Donde:

x_{if} = Es el valor de la *i*-ésima observación de la *j*-ésima variable.

λ_{kj} = Es el conjunto de coeficientes lineales llamados cargas factoriales.

f_{ik} = Es la *i*-ésima observación del *k*-ésimo factor común con media 0 y varianza 1.

u_{ij} = Es un término de error aleatorio conocido como el factor único o factor específico asociado a la *j*-ésima variable. Explica la variabilidad en x_j (incluyendo la varianza ocasionada por errores asociados a la poca fiabilidad en la recolección de datos) que no es compartida con otras variables de la matriz de variables observadas.

Adicionalmente los factores únicos o específicos tienen media cero y no están correlacionados: $E(u_{ij}) = 0$; $Cov(u_{is}, u_{it}) = 0$, $\forall s \neq t$; por lo que se pueden considerar como los factores comunes y específicos independientes:

$$Cov(f_{ik}, u_{ij}) = 0, \forall k = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, p \quad (12)$$

El primer paso en el análisis factorial es determinar si los datos tienen las características que se requieren para el modelo, esto se logra con el estadístico KMO y Bartlett, el cual evalúa todos los datos disponibles en conjunto. La adecuación de la medida de muestreo de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) es una estadística que indica la proporción de varianza en sus variables que puede ser causada por factores subyacentes. Los valores altos (cerca de 1.0) generalmente indican que un análisis factorial es funcional con sus datos, si el valor es menor a 0.50 los resultados indican que el análisis factorial no es pertinente.

En el mismo tenor, la tabla de comunalidades es una herramienta que permite identificar la dispersión de las variables, mostrando así, que tan representativas son. Cuando en la tabla de comunalidades el nivel de extracción es menor a 0.5 significa que la variable a estudiar no se está explicando bien dentro del modelo, por tanto, entre más cercana a 1 esté la variable, mejor representada estará (Hair et al., 1999).

Otra prueba de confiabilidad de los datos, es el porcentaje de la varianza explicada acumulada (PVEA) $\geq 60\%$ la cual se expresa en la ecuación 14 (Timm, 2002; De la Garza et al., 2013; Espejo e Hidalgo, 2011).

$$PVE_i = \frac{\lambda_i}{V_T} \times 100 \quad (13)$$

En donde:

PVE_i =El porcentaje de la variación explicada individual del factor i ésimo

λ_i =El eigenvalor de la observación i ésima

VT = Es la variación total (o número de variables).

Una vez realizadas las pruebas de confiabilidad correspondientes los resultados que se obtienen son aquellos que se encuentran en la matriz de componentes y la matriz de componentes rotados, en las que quedan claramente definidas las variables en un espacio (Pérez, 2006; Kendall, 1990). La matriz indica la dirección en el espacio donde se encuentran las variables, los signos positivo o negativo muestran el espacio de la dimensión donde se posicionan las variables, así como, sus niveles de correlación (Zamora y Navarro 2015).

5.5. Aplicación práctica de los modelos DEA

La metodología de análisis envolvente de datos, ha sido utilizada por diversos autores para medir la eficiencia en diferentes áreas, en el sector energético, Agrell et al., (2005), Hjalmarsson y Veiderpass (1992), Forsund y Hjalmarsson (2004), Cherchye y Post (2001), Navarro y Torres (2003), Abbott (2006), Azadeh et al., (2009), Yadav et al., (2011), Pombo y Taborda. (1994); en cuanto al sistema educativo se pueden encontrar autores como, Tomkins y Green (1988), Halkos et al., (2010), McMillan y Datta (1998), Thanassoulis et al., (2009), Navarro et al., (2016), Navarro y Delfín (2017), Wolszczak y Parteka (2011), Janjua y Kamal (2014), Rodríguez (2012); en la industria marítima, Jiménez y Gutiérrez (2009), Díaz et al., (2008), Hidalgo y Núñez (2012), Zheng y Chuanzhong (2015), Kutin et al., (2017), Navarro y Delfín (2020); en el sector salud, Peñaloza (2003), Pinzón (2003), en el tema bancario, Torres et al., (2010), Fiorentino et al. (2006), Schaffnit et al., (1997), Richard et al., (1999), Wheelock, y Wilson (2007).

Como se puede observar, existe un marco de referencia muy amplio en cuanto a la aplicación de la metodología DEA, por lo tanto, el tema de los residuos no puede ser la excepción, en este sentido, a continuación, se mencionan algunos de las aplicaciones que otros investigadores han realizado al respecto.

Uno de los estudios más recientes en tema de residuos es el de Salazar (2021) quien analiza en 1626 municipios de México la eficiencia del sistema de residuos sólidos, con la finalidad de conocer si las empresas privadas son más eficientes en la recolección de residuos que gobiernos municipales, para ello aplicó un análisis envolvente de datos de dos etapas, en la primera, se calcularon puntajes de eficiencia y en la segunda etapa estos puntajes se retrocedieron frente a un conjunto de covariables ambientales que se pensaba que afectaban la eficiencia. Para la aplicación del modelo DEA utilizó como inputs el número de vehículos utilizados para la recogida de residuos, así como el número de trabajadores ocupados por cada municipio, y como outputs, la recolección total de residuos y la cobertura del servicio. En cuanto a los resultados se muestra que las empresas privadas de recolección de residuos son más eficientes que los gobiernos municipales.

Quispe (2020) utilizando la técnica de análisis envolvente de datos determinó los niveles de eficiencia en las municipalidades distritales de la región de Puno Perú, mediante un modelo de orientación input de rendimientos constantes a escala, utilizando como inputs el gasto e instrumentos de gestión de residuos, así como la población atendida, y como outputs, la frecuencia y grado de cobertura rural y urbana, encontrando que el promedio de eficiencia en la región fue de 85.03%, manteniendo el mismo nivel de output, por lo que concluye que se debe de ser más eficiente al gestionar el sistema para poder disminuir la generación de residuos y los efectos negativos que esto trae al medio ambiente (Quispe, 2020).

La metodología DEA también fue utilizada por Yan et al., (2018) para analizar la eficiencia del sistema de residuos sólidos en algunas ciudades de China con el propósito de encontrar rutas de implementación de políticas que mejoren la eficiencia del mismo. Para este estudio se utilizaron los inputs de vehículos y equipos de saneamiento municipal, inversión de activos fijos en instalaciones públicas de saneamiento y como outputs, la cantidad de RSU recolectados, así como, la tasa de tratamiento de RSU, adicional a los indicadores mencionados se incluyeron algunos indicadores ambientales como la autorización de patentes, el total de ventas minoristas de bienes de consumo social y el índice de calidad de aire urbano. Los resultados mostraron que de manera general la eficiencia de las ciudades es baja, por lo que requiere la implementación de políticas que mejoren la eficiencia del sistema, de tal forma que, se pueda alcanzar un desarrollo sostenible.

Por otro lado, Mohamed et al., (2017) realizaron un estudio utilizando DEA con orientación de entrada y salida para determinar la eficiencia del sistema de residuos sólidos en la ciudad de Jengka Pahang en Malasia, ellos consideraron como inputs la longitud de recogida/mts, las horas de recolección /semana, el número de camiones de basura, por otro lado, los outputs fueron, la frecuencia de recolección y el total de residuos sólidos recolectados (kilogramos). Dentro de sus principales conclusiones mencionan que aproximadamente el 13.04% de las unidades analizadas alcanzan una eficiencia total, mientras que el porcentaje restante, aun cuando son eficientes en algunos aspectos, existen otros en los que tienen mejorar, por otro lado, los resultados obtenidos son similares para los dos modelos utilizados, sin embargo, mencionan que es importante realizar la comparación debido a que la mejora de la eficiencia debe tomar medidas diferentes dependiendo del modelo utilizado, por último consideran que es necesario desarrollar este tipo de mediciones incorporando un mayor número de indicadores.

Orihuela (2018) evaluó la eficiencia del servicio público de residuos a nivel distrital y provincial en Perú utilizando la metodología del análisis envolvente de datos, para ello empleó como entradas el número de trabajadores, la cantidad de camiones recolectores u otras máquinas y como salida, los residuos sólidos municipales recolectados. Los resultados del análisis muestran que la recolección de residuos es alta, sin embargo, expone que el problema radica en que el 80% de estos residuos termina en botaderos mal gestionados, de igual forma, menciona que en promedio las municipalidades provinciales tienen índices más elevados que las distritales. Posteriormente, una vez aplicado el modelo Tobit el autor argumenta que el contar con planes de manejo de RSM, así como con planes de desarrollo urbano y rural afecta de manera positiva la eficiencia de los sistemas (Orihuela, 2018).

Autores como Cavallin et al., (2015) diseñaron un modelo con el cual analizaron la eficiencia de la gestión de residuos sólidos urbanos desde un contexto de escasez de recursos presupuestarios y técnicos ante un aumento creciente de la producción de residuos con la finalidad de mejorar la calidad del servicio que proporcionan los organismos públicos, para ello hicieron uso de la metodología DEA aplicada a cuatro modelos con diferentes indicadores de entrada y utilizando la cantidad de residuos sólidos recolectados como salida.

En el año 2016 Struk y Matulová utilizaron el análisis envolvente de datos para evaluar la eficiencia de gestión de residuos sólidos 400 municipios Checos durante el período 2010-2012, ellos consideraron el gasto municipal que se utiliza para asegurar el servicio de residuos como input; la población y las viviendas atendidas dentro de los municipios así como el área construida con servicio como outputs, como resultado exponen que, al aumentar el reciclaje de residuos domésticos puede disminuir los costos en la gestión y traer efectos ambientales positivos

indiscutibles, de igual forma, mencionan que implementar un esquema de incentivos por recolección de materiales reciclables, puede funcionar para mejorar el comportamiento de las personas respecto a la producción de RSU; por otro lado, comentan que en los lugares con una mayor proporción de viviendas multifamiliares la eficiencia es más alta ya que la densidad poblacional es más densa, lo que se traduce en menos puntos de recogida con contenedores de residuos más grandes, lo que suele ser menos costoso (Struk y Matulová, 2016).

Ali et al., (2015) realizaron un estudio en varios estados de Estados Unidos para determinar el grado de eficiencia que existe al momento de gestionar los residuos peligrosos, para ello utilizaron un modelo DEA, acompañado de una técnica complementaria que les permitió medir el desempeño por similitud, ellos desarrollaron el modelo con la población y el número de instalaciones para residuos como inputs y como outputs los residuos generados, gestionados y enviados a sitios de disposición final.

En el año 2010 Chen Chung, evaluó de una forma más integral la eficiencia de la gestión de RSU, y divide el proceso en las etapas de generación, clasificación y recogida de RSU, adicionalmente calcula la eficiencia relativa en proxy del desempeño en cada etapa para cada unidad de toma de decisiones (DMU) utilizando DEA, posteriormente, el factor de ponderación en cada etapa que afecta la eficiencia integrada de la gestión de residuos es medido a través del apoyo de Analytic Hierarchy Process (AHP), de tal forma que con ello puede comparar el desempeño de la gestión de RSU entre regiones urbanas y rurales.

Para la etapa de generación se utilizó como input los residuos sólidos generados y como outputs la población atendida, la seguridad social y el ingreso disponible por hogar, para la etapa de clasificación los inputs fueron RSU generados, mano de obra, y el índice de vejez, como outputs,

los recursos reciclables y los desperdicios de alimentos recolectados, en la etapa de recolección las entradas fueron la mano de obra, el equipamiento y el presupuesto de recolección, las salidas empleadas fueron la recolección de RSU, el tamaño del área de servicio y la población atendida. Los resultados de la investigación mostraron que la eficiencia de generación de RSU es 84,99% y 74,32% en las urbanas, mientras que el promedio los RSU per cápita generados en las regiones rurales es de 0,901 kg / día y en las regiones urbanas de 0,915 kg / día, por otro lado, de manera general se concluyó que las etapas de generación y clasificación de residuos se relaciona con los comportamientos ambientales del hogar, mientras que la recolección de RSU depende de la gestión organizacional de las autoridades locales (Chen, 2010).

Por su parte Gaiola y Bravo (2002), evalúan la eficiencia en los sistemas de reconocimiento, separación y tratamiento de residuos sólidos urbanos para las municipalidades de Portugal en el año 2000, haciendo uso de la metodología DEA con un modelo de orientación input, diferenciando de aquellas municipalidades con mayor y menor densidad; para la medición utilizaron como inputs los siguientes: gastos corrientes del servicio, gastos del personal, y el número de trabajadores, para los outputs seleccionaron la recolección total de RSU, la cantidad de RSU selectivos y el número de beneficiarios del servicio. En este estudio, los autores concluyeron que, en los municipios con baja densidad poblacional, los costos de recolección y empleados son más altos. Respecto a la cantidad de basura recolectada, mencionan que el funcionamiento del sistema en ambos tipos de municipalidades puede mejorar si aumenta la recolección de residuos selectivos y se reducen los costos, adicionalmente, proponen que se deben de establecer mecanismos que permitan la obtención de datos fiables y oportunos, para poder realizar evaluaciones más adecuadas en los sistemas (Gaiola y Bravo, 2002).

Entre los pioneros de la utilización de la metodología DEA aplicada a los sistemas de residuos se encuentran Worthington y Dollery (2001) quienes analizaron la eficiencia técnica y de escala de la gestión de residuos domésticos en 103 gobiernos locales de Nueva Gales del Sur utilizando inputs como: hogares beneficiados, tasa de ocupación, densidad poblacional, costos de recogida, y cobro de recogida, en cuanto los outputs consideraron: el total de residuos recolectados, los residuos reciclables y la tasa de reciclaje; el resultado de la investigación mostró de manera general, que los servicios de gestión y reciclaje de residuos en la mayor parte de los municipios presentan eficiencia técnica, la cual puede mejorar si se implementan reglas de mejores prácticas.

Otros autores que han realizado investigaciones sobre la eficiencia en algunas de las etapas de la prestación de servicio de residuos son Álvarez et al., (2005) quienes utilizan el análisis envolvente de datos en 39 municipios de Galicia, con la finalidad de que los resultados obtenidos sirvan de marco referencial para una mejor toma de decisiones en el sistema, ellos en su modelo utilizan inputs como: número contenedores, km recorridos por vehículos, y número de operarios y outputs como: residuos recolectados y población cubierta.

Como se ha podido observar hasta el momento, la metodología DEA ha sido ampliamente utilizada en el tema de eficiencia de los sistemas de residuos, si bien, el enfoque, o los modelos son variables, esta metodología ha sido aplicada por diversos investigadores en diferentes lugares del mundo, Taiwan (Chen, 2010; Chen et al., 2012), España (Lozano et al., 2004; Bosch, et al., 2001; Bosch, et al., 1998; Vilardell, 1988; Sánchez, 2008), Malasia (Mohamed et al., 2017), Gran Bretaña (Cubbin et al., 1987), Portugal (Simoes et al., 2010; Gaiola y Bravo, 2002), EE.UU. (Ali et al., 2015; Moore et al., 2002), Perú (Quispe, 2020), China (Yang et al., 2018), Australia (Worthington y Dollery, 2001) etc.

En la tabla 5 se puede observar una síntesis de los estudios revisados, los cuales utilizan la metodología DEA con el objetivo de obtener y comparar la eficiencia en algún elemento del sistema de residuos, en donde de manera general los investigadores concuerdan con que esta metodología representa varias ventajas al momento de calcular la eficiencia de los sistemas públicos.

Tabla 5

Modelos aplicados a los residuos utilizando la metodología DEA

Modelo	Lugar	Objetivo	Variables utilizadas			Metodología empleada
			Inputs	Outputs	Otras	
Salazar (2021)	1.626 municipios de México	Determinar la eficiencia del sistema de residuos sólidos y analizar si las empresas privadas son más eficientes en la recolección de residuos que los gobiernos municipales	Número de vehículos utilizados para la recogida de residuos. Número de trabajadores ocupados por cada municipio.	de	Recolección total de residuos sólidos. Cobertura del servicio	Análisis envolvente de datos en dos etapas con un análisis Bootstrap
Mohamed et al., (2017)	Malasia - Jengka, Pahang	Determinar la eficiencia del sistema de residuos sólidos. en la ciudad de Jengka Pahang	Longitud de recogida/mts. Horas de recolección /semana Número de camiones de basura.	de	Frecuencia de recolección. Recolección total de residuos sólidos (kilogramo)	Análisis envolvente de datos con orientación de entrada y salida.
Quispe (2020)	Municipios distritales de la región de Puno - Perú.	Determinar los niveles de eficiencia en la gestión de residuos sólidos en las municipalidades distritales de la región de Puno. Determinar las características de los insumos (inputs) y los productos (outputs) utilizados y obtenidos en la gestión de RS en los distritos.	Gasto en gestión de residuos Población Instrumentos de gestión.	de	Frecuencia de recolección. Cobertura rural. Cobertura urbana.	Análisis de envolvente de datos Orientación Input con rendimientos constantes a escala

Modelo	Lugar	Objetivo	Variables utilizadas			Metodología empleada
			Inputs	Outputs	Otras	
Yang et al., (2018)	China	Analizar la eficiencia del sistema de residuos sólidos y encontrar rutas de implementación de políticas que mejoren su eficiencia.	Número de vehículos y equipos designados para saneamiento municipal Inversión en activos fijos en instalaciones públicas de saneamiento ambiental municipal.	Cantidad de RSU recolectados y transportados. Tasa de tratamiento de RSU.	Ambiental Autorización de patente. Total de ventas de bienes de consumo social Índice de calidad del aire urbano	Modelo de análisis envolvente de datos incluyendo influencia de los factores ambientales y los errores aleatorios
Chen, Chung-Chiang. (2010)	23 ciudades / condados de Taiwán	Evaluar de manera integral la eficiencia de la gestión de RSU en tres etapas: generación, clasificación y recogida de RSU. Calcular la eficiencia relativa en proxy del desempeño en cada etapa para cada unidad de toma de decisiones (DMU) utilizando DEA y el factor de ponderación en cada etapa que afecta la eficiencia integrada de la gestión de residuos medido a través del apoyo de AHP. Comparar el desempeño de la gestión de RSU entre regiones urbanas y rurales.	<i>Generación:</i> RSU generados <i>Clasificación</i> RSU generados Mano de obra para la recogida. Índice de vejez <i>Recolección</i> Mano de obra. Equipamiento y presupuesto para la recolección de RSU	<i>Generación:</i> Población Seguridad social Ingresos por disposición del hogar <i>Clasificación</i> Recursos reciclables recolectados Desperdicios de alimentos recolectados <i>Recolección</i> Recolección de RSU generados. Tamaño del área de servicio. Población atendida.	Modelo básico DEA de CCR y proceso analítico jerárquico (AHP)	

Modelo	Lugar	Objetivo	Variables utilizadas			Metodología empleada
			Inputs	Outputs	Otras	
Michal Struk, y Markéta Matulová (2016)	400 municipios checos durante el período 2010-2012.	Evaluar la eficiencia del servicio público de residuos municipales mediante la metodología DEA, así como, identificar los factores que pueden influir en la eficiencia.	Gasto municipal que se utiliza para asegurar el servicio de residuos.	Población atendida. Viviendas atendidas dentro del municipio Área construida con servicio (área urbanizada)		Modelo de análisis envolvente de datos (DEA), con rendimientos variables a escala y orientación Input
Cavallin et al., (2016)	22 distritos que conforman la sexta sección electoral de la Provincia de Buenos Aires	Diseñar modelos que permitan analizar y evaluar la eficiencia de la gestión de residuos sólidos urbanos desde un contexto de escasez de recursos presupuestarios y técnicos, y de aumento creciente de la producción de residuos.	Capacidad vehicular. Mano de obra directa. Frecuencia. Población	RSU Recolectados		Modelo de análisis envolvente de datos (DEA) orientación output
			Capacidad vehicular. Mano de obra directa. Población.	RSU recolectados, Frecuencia (-1)		Modelo DEA orientación output
			Capacidad vehicular. Mano de obra directa. Frecuencia	RSU Recolectados		Modelo DEA orientación input
			Capacidad vehicular. Mano de obra. Frecuencia. Población. Población Alcanzada. Tendencia.	RSU recolectados.		Modelo DEA orientación output
			Población de cada Estado. Número de instalaciones en cada Estado.	Residuos generados. Residuos recibidos y gestionados. Residuos enviados fuera del sitio. Residuos recibidos para transferencia y almacenamiento.		DEA-TOPSIS Modelo DEA y técnica para el desempeño de órdenes por similitud.

Modelo	Lugar	Objetivo	Variables utilizadas			Metodología empleada
			Inputs	Outputs	Otras	
Orihuela (2015)	Provincias y distritos en todo Perú por conglomerados	Evaluar la eficiencia del servicio público de residuos mediante la metodología DEA.	Número de trabajadores. Cantidad de camiones recolectores y otras máquinas	de Cantidad de residuos sólidos municipales recogidos.		Análisis envolvente de datos con rendimientos a escala constante y a escala variable.
Worthington y Dollery, (2001)	103 municipios de Nueva Gales del Sur (Australia)	Determinar y analizar la eficiencia técnica y de escala de la función de gestión de residuos domésticos en 103 gobiernos locales de Nueva Gales del Sur	<i>No discrecionales</i> Propiedades que reciben servicio de gestión de residuos domésticos Tasa de ocupación Densidad de población Distribución de la población Índice de costo de disposición Gastos de recogida <i>Discrecionales</i> Cobro expedido	Basura total recolectada. Total de reciclables recolectados Tasa de reciclaje implícita		Modelo de análisis envolvente de datos
Álvarez et al., (2005)	39 municipios de Galicia	Conocer y comparar los niveles de eficiencia en la prestación del servicio y establecer un marco de referencia para orientar decisiones hacia una mejora de su gestión.	Número de contenedores Número de kilómetros recorridos por los vehículos a motor Número de Operarios	Número de toneladas recolectadas Población cubierta		Modelo de análisis envolvente de datos, con rendimientos variables a escala.
Chen et al., (2012)	Taiwan	Comparar la eficiencia relativa en las instalaciones de incineración de RSU bajo los tres modos de operación, incluyendo propiedad del gobierno operada por el gobierno, propiedad del gobierno operada por el sector privado y propiedad privada operada por el sector privado.	Mano de obra Costos operativos Capacidad de incineración instalada (Ton / día)	Residuos incinerados Electricidad generada		Análisis envolvente de datos.

Modelo	Lugar	Objetivo	Variables utilizadas			Metodología empleada	
			Inputs	Outputs	Otras		
Bosch et al., (2001)	73 municipios de Cataluña (España)	Evaluar la eficiencia técnica y la rentabilidad de los servicios de recogida de residuos y medir la influencia de variables no controlables en la facilidad de prestación del servicio.	<p><i>Etapa 1</i></p> Capacidad del contenedor en litros. Capacidad de la flota de vehículos en litros Número de horas trabajadas por conductores y cargadores por año	<p><i>Etapa 2</i></p> Costo total anual del servicio de recolección de basura.	Número de toneladas recolectadas de desechos de material orgánico por año Frecuencia de recogida semanal de residuos	de Variables Exógenas (no controlables) Distancia en km. al sitio de disposición. Población estacional.	Modelo de análisis envolvente de datos (DEA) orientado a la entrada con retornos variables a escala.
Cubbin et al., (1987)	Gran Bretaña	Analizar la eficiencia del servicio de recogida de basuras en Gran Bretaña 305 unidades.	Número de trabajadores manuales (tiempo completo) Número de vehículos	Número de puntos de recogida distintos Frecuencias de recogida. Métodos de recogida. Número de toneladas de papel. Número de vehículos abandonados recogidos.	de Variables exógenas (no controlables) Densidad de puntos de recogida Porcentaje de residuos familiares en contra con los industriales	Modelo de análisis envolvente de datos (DEA) con rendimientos a escala constantes	
Vilardell (1988)	España	Evaluar la eficiencia de 47 municipios de Cataluña, con datos referidos a los años 1981 y 1986, y a una muestra de 25 ciudades de más de 100.000 habitantes de todo el territorio español, con datos del año 1986.	Coste del servicio, en términos de dotaciones presupuestarias. Personal empleado en el servicio, incluyendo tanto a los trabajadores directos, como a los administrativos y responsables municipales del área	Beneficiarios del servicio. Producción, en toneladas anuales de residuos		Modelo de análisis envolvente de datos (DEA) con rendimientos a escala constantes	

Modelo	Lugar	Objetivo	Variables utilizadas			Metodología empleada
			Inputs	Outputs	Otras	
Moore et al., (2002)	Estados Unidos con datos de 1993-1998.	Analizar la eficiencia de prestación de servicios en 44 ciudades de estados unidos, (el estudio se realiza para seis diferentes tipos de servicios, pero aquí solo se describe el modelo para los utilizados para los residuos)	Número de personal equivalente a tiempo completo Presupuesto de residuos sólidos (\$)	Número de ciudadanos atendidos.		Modelo de análisis envolvente de datos (DEA) con rendimientos constantes y variables a escala.
Lozano et al., (2004)	España	Analizar la eficiencia de 62 Municipios de comunidad autónoma española de Asturias en cuanto a la cantidad de vidrio reciclado.	Número de envases de vidrio asignado Población; Número de bares y restaurantes	Kg de vidrio reciclado.		Modelo DEA con orientación output y rendimientos variables a escala
Gaiola y Bravo (2002)	Portugal	Evaluar la eficiencia en los sistemas de reconocimiento, separación y tratamiento de RSU.	Gastos corrientes del servicio Gastos del personal Número de trabajadores	Recolección total de RSU. RSU selectivos. Número de beneficiarios del servicio		Modelo DEA con orientación input.

Nota. La tabla muestra una síntesis de los autores que utilizan la metodología DEA para medir la eficiencia de alguna de las etapas relacionadas a la prevención y gestión de residuos. Elaboración propia con base en la literatura revisada.

En la tabla 5 se puede observar que los outputs utilizados en cada modelo varían dependiendo de los objetivos y alcances que cada investigador propone, sin embargo, la salida que estuvo presente en todos los modelos fue la cantidad de residuos sólidos recolectados. En cuanto a los inputs, de manera más constante se observaron indicadores como: personal, vehículos y contenedores; por otro lado, son pocos los autores que evalúan la eficiencia en las diferentes fases del sistema, de los estudios analizados solo Chen et al., (2010) lo clasifica en generación, clasificación y recolección. En lo referente a variables ambientales, Yang et al., (2018) proponen la autorización de patente, el total de ventas minoristas de bienes de consumo social y el índice de calidad del aire urbano, de

igual forma, algunos autores consideran como variables exógenas, la densidad de la población, y la estacionalidad de la misma, argumentando que esta puede ser un indicador que marque la diferencia en la eficiencia, para los lugares urbanos o rurales, o aquellos destinos turísticos en donde la población aumente en periodos vacacionales.

A manera de resumen se puede decir que la eficiencia en los sistemas de prevención y gestión de residuos, pueden ser medida a través de un modelo DEA ya que la naturaleza propia del sistema está relacionada con múltiples insumos y productos. Por otro lado, la revisión bibliográfica, muestra que el análisis de la eficiencia en el sistema de gestión de residuos en México es escasa, sin embargo, esto no significa que no existan estudios que evalúen la eficiencia en el sistema, sino que estos utilizan otro tipo de herramientas metodológicas, lo que representa un área de oportunidad para esta investigación.

CAPÍTULO VI

EL SISTEMA DE PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO: UN ANÁLISIS DEA

En el presente capítulo se muestra el desarrollo de las diferentes etapas a realizar para medir la eficiencia del sistema de prevención y gestión integral de residuos, el cual consta de una serie de pasos desde la selección de unidades a analizar y disponibilidad de datos, hasta el cálculo de las variaciones de productividad en el tiempo, el capítulo se divide en cinco apartados, en el primer apartado se realiza la selección de las unidades de análisis y se presenta la verificación de la disponibilidad de los datos, en los siguientes tres apartados se desarrollan cada uno de los modelos seleccionados, y en el quinto apartado se hace una síntesis de los resultados obtenidos en conjunto.

6.1. Selección de las unidades de análisis y disponibilidad de datos

Una etapa importante cuando se realiza un análisis de eficiencia aplicando modelos DEA, es la determinación de las unidades de análisis y la selección de las variables de entrada y de salida a utilizar, en este sentido, el objetivo de esta investigación es analizar los sistemas de prevención y gestión integral de las 32 entidades federativas de México (DMU'S).

Una entidad federativa o Estado, “es una entidad territorialmente delimitada que, en conjunto con otras entidades que conforman una nación, puede participar en las actividades gubernamentales nacionales y actuar unilateralmente, con un alto grado de autonomía, en las esferas autorizadas en la Constitución” (Berlín, 1997). En México, cada uno de los 32 Estados que forman parte del

Estado federal se denominan entidad federativa, por lo que, las unidades de análisis utilizadas serán las que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6

Unidades de análisis (DMU'S)

No	Entidad Federativa	No	Entidad Federativa
1	Aguascalientes	17	Morelos
2	Baja California	18	Nayarit
3	Baja California Sur	18	Nuevo León
4	Campeche	20	Oaxaca
5	Coahuila de Zaragoza	21	Puebla
6	Colima	22	Querétaro
7	Chiapas	23	Quintana Roo
8	Chihuahua	24	San Luis Potosí
9	Ciudad de México	25	Sinaloa
10	Durango	26	Sonora
11	Guanajuato	27	Tabasco
12	Guerrero	28	Tamaulipas
13	Hidalgo	29	Tlaxcala
14	Jalisco	30	Veracruz
15	México	31	Yucatán
16	Michoacán de Ocampo	32	Zacatecas

Nota. La tabla muestra las 32 entidades federativas de México, las cuales serán consideradas como unidades de toma de decisión a lo largo del desarrollo metodológico en cada una de los modelos propuestos. Elaboración propia.

Una vez definidas las unidades de análisis, se realiza una revisión de literatura sobre estudios que utilizaron la metodología DEA aplicada al tema de residuos, lo anterior con el objetivo de sustentar teóricamente la selección de variables; los resultados de la revisión se muestran en la tabla siete, la cual contiene en la primera columna el indicador y en la segunda columna los autores que han utilizado la variable con la metodología DEA.

Tabla 7*Relación de variables utilizadas en el sistema de gestión y recolección de residuos*

Variable	Autores
Residuos sólidos selectivos	Yang et al., (2018), Chen y Chung-Chiang (2010), Ali M et al., (2015), Worthington y Dollery (2001), Bosch et al., (2001), Cubbin et al., (1987), Bosch et al., (1998), Sánchez (2008), Lozano et al., (2004), Gaiola y Bravo (2002).
Recolección de residuos sólidos	Salazar (2021), Mohamed et al., (2017), Quispe (2020), Yang et al., (2018), Chen y Chung-Chiang (2010), Cavallin et al., (2016), Ali M et al., (2015), Orihuela (2015), Worthington y Dollery (2001), Álvarez et al., (2005), Chen y Chen (2012), Vilardell (1988), Gaiola y Bravo (2002).
Programas	Quispe (2020).
Centros de acopio	Ali M et al., (2015), Cubbin et al., (1987), Sánchez (2008).
Estaciones de transferencia	Ali M et al., (2015), Cubbin et al., (1987).
Plantas de tratamiento	Yang et al., (2018), Sánchez (2008).
Vehículos para recolección de RSU	Salazar (2021), Mohamed et al., (2017), Chen y Chung-Chiang (2010), Cavallin et al. (2016), Orihuela (2015), Álvarez et al., (2005), Cubbin et al., (1987), Bosch et al., (1998), Sánchez (2008).
Prestadores del servicio de recolección de residuos sólidos	Salazar (2021), Chen y Chung-Chiang (2010), Cavallin et al., (2016), Orihuela (2015), Álvarez et al., (2005), Chen y Chen (2012), Bosch, et al., (2001), Cubbin et al., (1987), Bosch et al., (1998), Sánchez (2008), Moore et al., (2002), Gaiola y Bravo (2002).
Sitios de disposición final	Ali M et al., (2015).

Nota. La tabla muestra una relación de variables que intervienen en la prevención y gestión de residuos, así como, los autores que las han utilizado en alguno de sus modelos DEA. Elaboración propia con base en la literatura revisada.

Una vez que se pudo identificar cuáles han sido las variables más referenciadas por otros autores, se realiza una verificación de la existencia y disponibilidad de los datos, en la tabla 8 se muestra en color gris la existencia de información por periodo y en color azul la falta de información, la tabla siguiente, se realiza una vez analizada la información disponible del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD), la cual como se puede observar, es emitida

de forma bienal por el INEGI; la información se revisa para todos los censos mencionados existentes, es decir, para seis periodos.

Tabla 8

Disponibilidad de los datos CNGMD 2011-2021

	Proceso	Variable	Indicador	Disponibilidad de datos					
				2011	2013	2015	2017	2019	2021
Outputs	Generación	RSU	Kilogramos diarios recolectados						
		Residuos sólidos no selectivos	Kilogramos diarios recolectados de residuos no selectivos						
		Residuos sólidos selectivos	Kilogramos diarios recolectados de residuos selectivos						
Inputs	Prevención	Programas	% de municipios con programas (prevención, educación, reciclaje etc.).						
		Centros de acopio	Números de centros de acopio en la entidad.						
	Separación y selección	Estaciones de transferencia	Número de estaciones de transferencia por entidad						
		Plantas de tratamiento	Número de plantas de tratamiento por entidad						
		Vehículos para recolección de RSU	Números de vehículos						
	Recolección y transporte	Prestadores del servicio de recolección de residuos	Número de personas empleadas de servicio						
		Disposición final	Sitios de disposición final	Número de sitios de disposición final por entidad					

Nota. La tabla muestra en azul la falta de datos para el indicador propuesto. Elaboración propia.

Como se puede observar no existe consistencia en la información presentada en cada censo, lo anterior dificulta un análisis completo del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos, derivado de lo anterior, se hace necesario realizar diferentes modelos de tal forma que, se

puedan obtener mediciones, con los datos disponibles, mismas que permitan conocer y analizar la eficiencia del sistema en su conjunto.

6.2. Eficiencia en la recolección y transporte de RSU en las entidades federativas de México 2017, 2019 y 2021.

El análisis DEA es una técnica basada en programación lineal, que permite determinar la eficiencia relativa de un conjunto de unidades de toma de decisiones, las cuales consumen múltiples entradas para producir múltiples salidas. Para determinar la eficiencia en la recolección y transporte de RSU en las entidades federativas de México 2017, 2019 y 2021 se propone desarrollar un modelo DEA de eficiencia técnica con rendimientos variables a escala de orientación input (modelo 1), posteriormente con la finalidad de conocer los cambios en la productividad de los tres años, se desarrolla el índice de productividad de Malmquist.

Una vez comprobada la disponibilidad de los datos y seleccionado el modelo, con el objetivo de tener mayor certeza de que las entradas y salidas elegidas son adecuadas, se realiza un proceso de selección de variables mediante un análisis factorial, el cual complementa los fundamentos teóricos realizados, toda vez que, se considera que los inputs y outputs seleccionados al desarrollar un modelo DEA tienen un impacto directo en la puntuación de eficiencia.

6.2.1. Análisis factorial modelo 1

El análisis factorial es una técnica de análisis estadístico multivariable que analiza las relaciones de interdependencia entre variables, este permite descubrir afinidades entre dos conjuntos de variables (Miquel et al., 1997).

Paso 1: Idoneidad de los datos

El primer paso en el análisis factorial es determinar si los datos tienen las características que se requieren, para ello se analiza el estadístico KMO y Bartlett, el cual evalúa todos los datos disponibles en conjunto.

Tabla 9

Prueba de KMO Y Bartlett modelo 1

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		.772
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	434.215
	Gl	3
	Sig.	.000

Nota. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

La adecuación de la medida de muestreo de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) es una estadística que indica la proporción de varianza en sus variables que puede ser causada por factores subyacentes. Los valores altos (cerca de 1.0) generalmente indican que un análisis factorial puede ser funcional con sus datos. Si el valor es inferior a 0.50 los resultados indican que el análisis factorial no es adecuado. El valor obtenido en esta prueba fue de 0.772, por lo cual se puede afirmar que pasa la prueba de idoneidad.

La prueba de esfericidad de Bartlett, presenta como hipótesis nula, que la matriz de correlación es una matriz de identidad, lo que indicaría que sus variables no están relacionadas y, por lo tanto, no son adecuadas para la detección de estructuras. Los valores menores de 0.05 (nivel de significación) indican que un análisis factorial puede ser utilizado. Para los datos utilizados en este trabajo el valor Sig. Es de 0.000, lo que indica que las variables son adecuadas para desarrollar el modelo.

Paso 2: Tabla de comunalidades

La tabla de comunalidades indica la proporción en la que se explica una variable por el resto de las variables seleccionadas, permite identificar la dispersión de las variables, mostrando así, que tan representativas son (Kendall, 1990). Cuando en la tabla de comunalidades el nivel de extracción es menor a 0.5 significa que la variable a estudiar no se está explicando bien dentro del modelo, por tanto, entre más cercana a 1 esté la variable, mejor representada estará.

Tabla 10

Comunalidades modelo 1

	Inicial	Extracción
RSU	1.000	.955
Vehículos	1.000	.972
Empleados	1.000	.953

Nota. Se utilizó el método de extracción de componentes principales. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

La tabla 10 presenta las comunalidades de las variables, las cuales en el valor inicial son iguales a uno, cobrando sentido en la columna de extracción, donde se muestra que la representación es significativa para todas las variables, ya que estas tienen valores superiores al .95.

Paso 3: Explicación de la varianza

Tabla 11

Varianza total explicada modelo 1

Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de varianza	% acumulado
1	2.880	95.992	95.992
2	.078	2.608	98.600
3	.042	1.400	100.000

Nota. La tabla muestra que con un componente se explica el 95.99 por ciento de la varianza total. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

Paso 4: Cálculo de una matriz que exprese la dependencia entre las variables

Después de realizar las pruebas de confiabilidad correspondientes se presenta la matriz de componentes, la cual agrupa los indicadores en el componente que mejor lo define, por lo tanto, mientras mayor sea el valor absoluto de la carga, más contribuye el factor sobre la variable (Pérez, 2006; Kendall, 1990). Para este caso los indicadores se agrupan en un componente (tabla 12).

Tabla 12

Matriz de componente^a modelo 1

	Componente 1
Vehículos	.986
RSU	.977
Empleados	.976

Método de extracción: análisis de componentes principales. ^a 1 componentes extraídos.

Nota. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

Paso 5: Correlación de Pearson

Tabla 13

Matriz de correlaciones^a modelo 1

		RSU	Vehículos	Empleados
Correlación	RSU	1.000	.950	.922
	Vehículos	.950	1.000	.947
	Empleados	.922	.947	1.000

Determinante = .009

Nota. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

En la tabla 13 se muestra la relación de los inputs con los outputs, de tal forma que permite determinar después de las técnicas aplicadas, la mejor la selección de las variables con las que se puede trabajar.

6.2.2. Inputs y outputs seleccionados modelo 1

De acuerdo con Kline (1994) la fase de interpretación juega un papel preponderante en la teoría existente sobre el tema, en este sentido, la decisión de aplicar el modelo de eficiencia solo con dos inputs y un output, es que estos inputs, se ubican en la etapa de recolección. En este sentido, en la tabla 14 se muestran los inputs y outputs a utilizar para determinar la eficiencia en la recolección de residuos sólidos urbanos.

Tabla 14

Inputs y outputs a utilizar en el modelo 1

	Variable	Definición	Indicador
Output	Residuos sólidos	Son aquéllos que se producen en las casas habitación como consecuencia de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas.	Kilogramos diarios recolectados de residuos sólidos.
	Vehículos para recolección	Unidad acondicionada para efectuar el transporte de residuos.	Números de vehículos en operación
Input	Prestadores del servicio	Personal que presta su servicio y hace posible la recolección de residuos.	Número de personas empleadas en el servicio de recolección

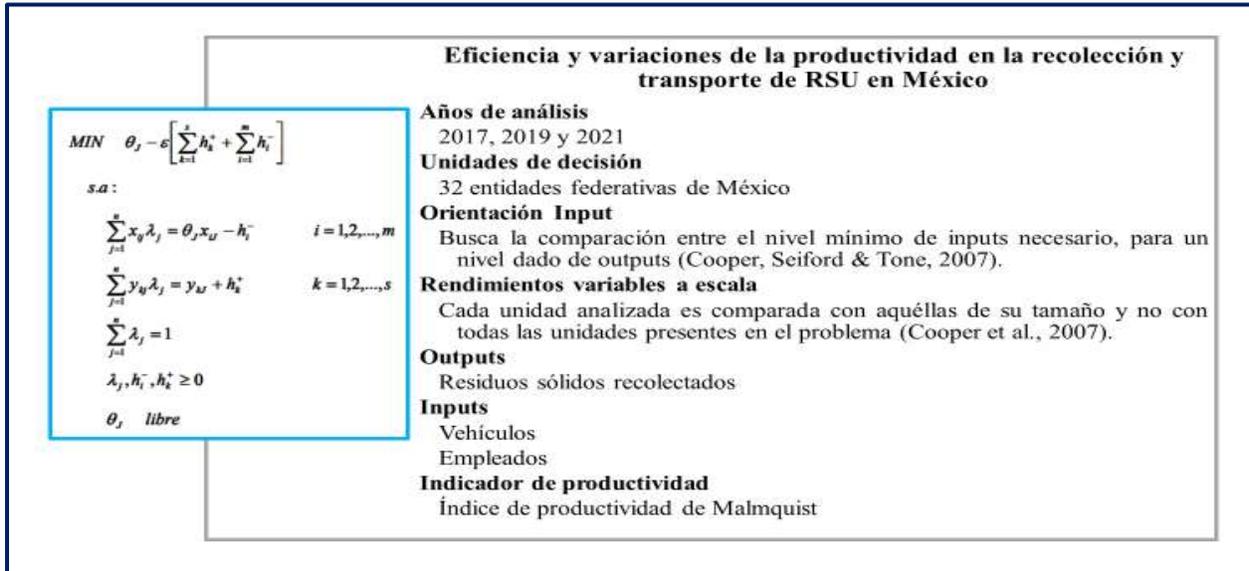
Nota. La tabla muestra los inputs y outputs utilizados en el modelo uno, una vez revidada la literatura y realizado el análisis factorial. Elaboración propia.

6.2.3. Desarrollo del modelo DEA 1

Una vez desarrollado el análisis factorial se logró identificar los inputs y outputs más adecuados para desarrollar el modelo, el cual será un modelo DEA de eficiencia técnica con rendimientos variables a escala –VRS– de orientación Input. El propósito del modelo es realizar un análisis de los inputs y outputs seleccionados para cada unidad de decisión, de tal forma que se logre encontrar la DMU´s que utiliza de mejor forma sus recursos (vehículos y empleados), en la recolección de residuos sólidos urbanos, en este sentido, el modelo a desarrollarse es el de la figura 10.

Figura 10

Modelo DEA 1



Nota. Elaboración propia con base en la literatura revisada.

Resultados de la eficiencia en la recolección y transporte de RSU (modelo 1)

En cuanto los resultados que se muestran en la tabla 15, es necesario tener en cuenta que la eficiencia se encuentra en una escala 0 a 1, de tal forma que, se aplican los siguientes dos criterios: $\theta = 1$: La entidad federativa observada es eficiente, toda vez que esta logra minimizar sus inputs con base en la cantidad de outputs dados y $\theta < 1$: La entidad federativa observada es ineficiente, en la diferencia escalar de 1, considerando que en condiciones similares existen entidades más eficientes.

Los resultados de la tabla 15 muestran que, en el año 2017, ocho de las 32 entidades son eficientes, es decir solo el 25% de las entidades utilizan de una manera adecuada sus inputs, lo cual se ve reflejado en la cantidad de residuos sólidos que recolectan, de igual forma, se puede observar que el porcentaje de eficiencia fue decreciendo de un 21.87% en el 2019, hasta llegar al 18.75% en el 2021.

Tabla 15

Eficiencia de las entidades federativas de México en la recolección de residuos sólidos 2017, 2019 y 2021

No	Entidad federativa	Puntuación 2017	Puntuación 2019	Puntuación 2021	Promedio
1	Aguascalientes	1.0000	0.6982	0.8514	0.8499
2	Baja California	0.5922	0.4860	0.7283	0.6022
3	Baja California Sur	0.7903	1.0000	0.7786	0.8563
4	Campeche	0.8270	1.0000	1.0000	0.9423
5	Coahuila	0.5997	0.5594	1.0000	0.7197
6	Colima	1.0000	0.8249	0.6409	0.8219
7	Chiapas	1.0000	1.0000	0.7181	0.9060
8	Chihuahua	0.4935	0.4932	0.6323	0.5397
9	Ciudad de México	0.8182	1.0000	0.9038	0.9073
10	Durango	0.5924	0.6242	0.5687	0.5951
11	Guanajuato	0.8708	0.6185	0.6809	0.7234
12	Guerrero	0.5073	0.4699	0.5779	0.5184
13	Hidalgo	0.3767	0.3315	0.3784	0.3622
14	Jalisco	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
15	México	0.9808	0.9047	1.0000	0.9618
16	Michoacán	0.5857	0.3084	0.3346	0.4096
17	Morelos	0.6830	0.7873	0.7902	0.7535
18	Nayarit	0.9917	0.9960	0.8912	0.9596
18	Nuevo León	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20	Oaxaca	0.2461	0.2030	0.2161	0.2218
21	Puebla	0.6790	0.5360	0.6602	0.6251
22	Querétaro	0.6035	0.6997	0.5275	0.6102
23	Quintana Roo	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
24	San Luis Potosí	0.2742	0.2872	0.3004	0.2873
25	Sinaloa	0.9596	0.7455	0.8376	0.8476
26	Sonora	0.4179	0.4513	0.5498	0.4730
27	Tabasco	0.4201	0.4106	0.4053	0.4120
28	Tamaulipas	0.6211	0.5492	0.5893	0.5866
29	Tlaxcala	1.0000	0.8946	0.9167	0.9371
30	Veracruz	1.0000	0.6411	0.6578	0.7663
31	Yucatán	0.3093	0.3472	0.4038	0.3534
32	Zacatecas	0.3771	0.4622	0.4292	0.4228

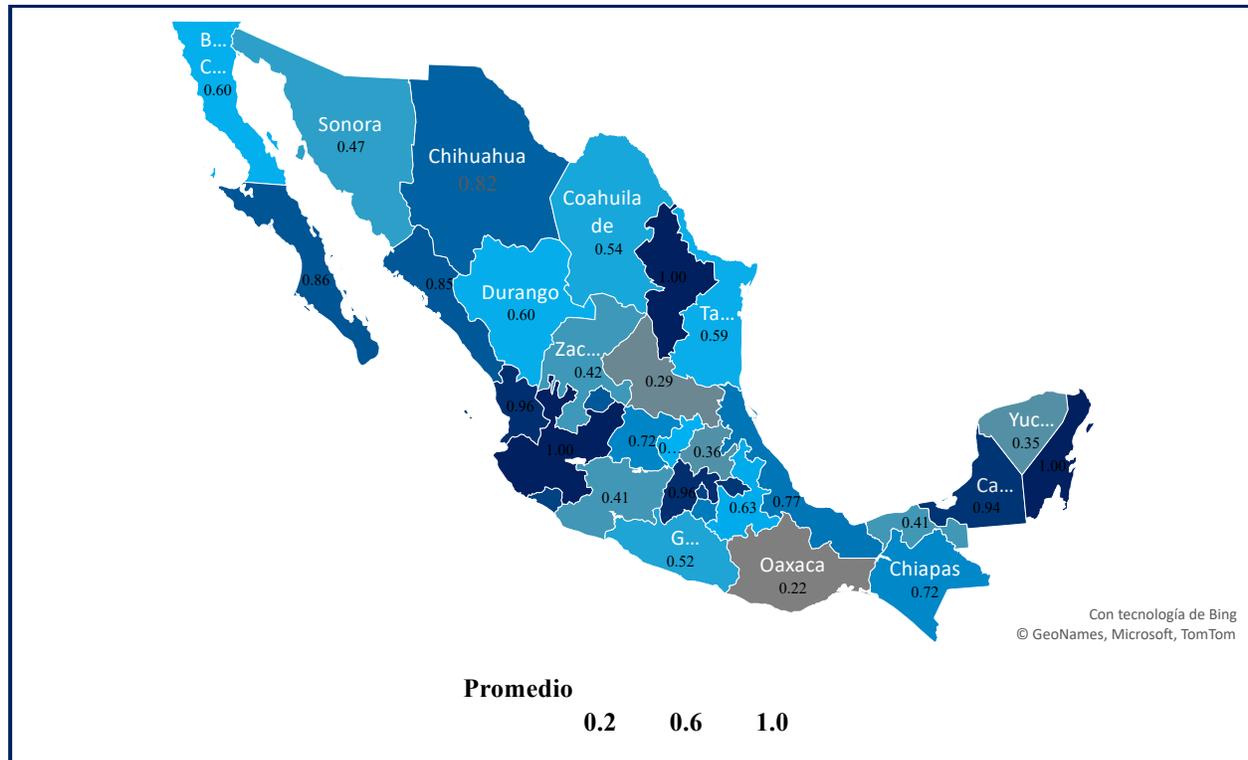
Nota. Elaboración propia con base en datos del INEGI, utilizando el software deaR.

En la columna seis de la tabla, se encuentra el promedio de eficiencia de los tres periodos para cada entidad federativa, y se observa que solo los Estados de Jalisco, Nuevo León y Quintana Roo mantuvieron el mismo nivel de eficiencia en los tres periodos, alcanzando así el mejor promedio

de eficiencia en los tres años, por otro lado, los Estados con menor puntuación fueron Oaxaca, San Luis y Yucatán, esta situación se puede observar en la gráfica 10, en donde se muestran los Estados, con su nivel promedio de eficiencia, los cuales inician en el valor mínimo de 0.22 con el Estado de Oaxaca en un color gris, subiendo de tonalidad hasta llegar a un color azul oscuro para las entidades eficientes de Jalisco, Nuevo León y Quintana Roo con una puntuación de 1.

Gráfica 10

Eficiencia promedio de las entidades federativas de México en la recolección de residuos sólidos 2017, 2019 y 2021



Nota. Elaboración propia.

6.2.4. Índice de productividad de Malmquist modelo 1

Como ya se mencionó anteriormente el índice de productividad de Malmquist, muestra la Productividad Total de los Factores (PTF), en este sentido, en la tabla 16 se puede observar que, en los años 2017, 2019 y 2021, las tres entidades que presentaron una mayor productividad son:

Ciudad de México con un IPM de 1.3264, Campeche con 1.2134, seguidas por Yucatán con 1.0973, por otro lado, los Estados con menor productividad en el periodo fueron Chihuahua, Aguascalientes y Michoacán, con IPM de, 0.8009, 0.8032 y 0.8045 respectivamente.

Tabla 16

Índice de productividad de Malmquist 2017-2021

Entidad federativa	Cambio de eficiencia	Cambio tecnológico	Índice de productividad Malmquist	Tipo de cambio
Aguascalientes	0.8640	0.9297	0.8032	Disminución
Baja California	1.0461	0.9783	1.0235	Aumento
Baja California Sur	1.0104	0.9344	0.9441	Disminución
Campeche	1.3051	0.9297	1.2134	Aumento
Coahuila	0.8773	0.9297	0.8157	Disminución
Colima	0.7886	1.0156	0.8009	Disminución
Chiapas	1.4267	0.9297	1.3264	Aumento
Chihuahua	1.0998	0.9297	1.0225	Aumento
Ciudad de México	1.0661	0.8965	0.9558	Disminución
Durango	1.0531	0.9297	0.9791	Disminución
Guanajuato	0.8736	0.9914	0.8661	Disminución
Guerrero	1.0834	0.9297	1.0072	Aumento
Hidalgo	1.0319	0.9573	0.9878	Disminución
Jalisco	1.0132	0.9788	0.9918	Disminución
México	1.1271	0.9508	1.0716	Aumento
Michoacán	0.8653	0.9297	0.8045	Disminución
Morelos	1.0987	0.9775	1.0739	Aumento
Nayarit	0.9488	0.9297	0.8821	Disminución
Nuevo León	0.9981	0.9904	0.9885	Disminución
Oaxaca	0.9754	0.9503	0.9270	Disminución
Puebla	0.9776	0.9833	0.9613	Disminución
Querétaro	0.9476	0.9297	0.8810	Disminución
Quintana Roo	1.0000	0.9541	0.9541	Disminución
San Luis Potosí	1.0905	0.9766	1.0649	Aumento
Sinaloa	0.9793	0.9297	0.9105	Disminución
Sonora	1.1444	0.9302	1.0645	Aumento
Tabasco	0.9805	0.9297	0.9116	Disminución
Tamaulipas	1.0138	0.9316	0.9445	Disminución
Tlaxcala	1.0122	0.9785	0.9904	Disminución
Veracruz	0.9681	0.9297	0.9000	Disminución
Yucatán	1.1802	0.9297	1.0973	Aumento
Zacatecas	1.1411	0.9297	1.0609	Aumento

Nota. La tabla muestra las variaciones de eficiencia técnica y cambio tecnológico, determinantes del índice de productividad de Malmquist.

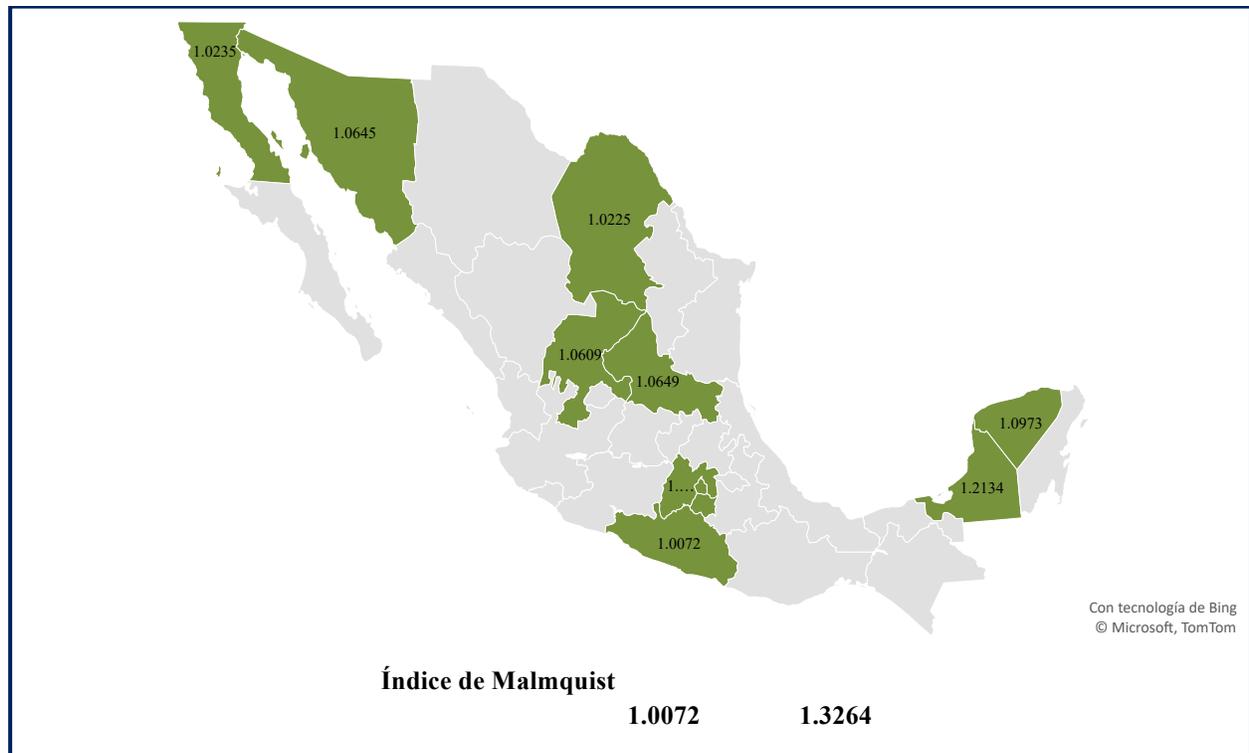
Elaboración propia, utilizando el software deaR.

En la tabla 16 se puede observar que solo 11 de las 32 entidades tuvieron una mejora, es decir, solo el 34.38%, de igual forma, el promedio del IPM de las entidades que presentaron un aumento en su productividad es de, 1.0933, lo cual indica que el aumento en la productividad de las entidades en los años analizados es muy bajo. También se puede observar que las once entidades que mejoraron presentaron un cambio favorable en su eficiencia, al mismo tiempo que presentaron un cambio tecnológico negativo.

En la gráfica 11 se muestran de color verde las entidades federativas que tuvieron una mejora en la productividad de recolección de residuos sólidos en el periodo 2017 - 2021; donde se observa que el IPM inicia en 1.0072 y alcanza una puntuación de 1.3264.

Gráfica 11

Entidades federativas que aumentaron su productividad en la recolección de residuos sólidos 2017 - 2021

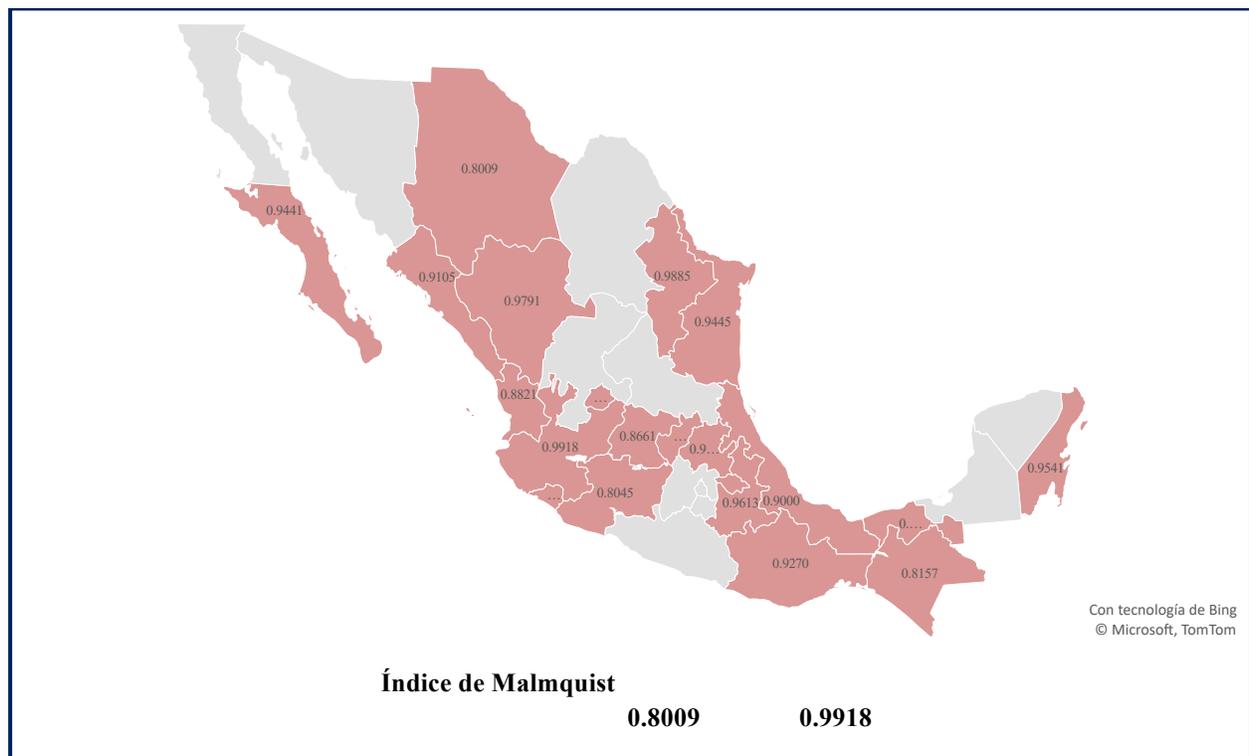


Nota. Elaboración propia con base en los cálculos realizados.

En la gráfica 12 se muestran de color rojo las entidades federativas que tuvieron una disminución en la productividad de recolección de residuos sólidos en el periodo 2017 - 2021; como se puede observar el 65.62% de las entidades obtuvieron un IPM entre 0.8009 y 0.9918, lo cual indica que, en el periodo analizado, la mayoría de las entidades no lograron mejorar su productividad.

Gráfica 12

Entidades federativas que disminuyeron su productividad en la recolección de residuos sólidos 2017- 2021



Nota. Elaboración propia con base en los cálculos realizados

6.3. Eficiencia en la selección, separación y recolección de residuos sólidos en México 2011-2021

Al analizar la información disponible (tabla 8), se decide elaborar un modelo que permita incluir la mayor cantidad de periodos de tiempo, con la finalidad de conocer cuáles han sido las

variaciones de eficiencia en un periodo de tiempo más largo, en este sentido, se opta por determinar la eficiencia en la etapa de selección y separación con el input de centros de acopio, y en la etapa de recolección, con el indicador de vehículos que se utilizan en el servicio, en el mismo tenor, se utiliza la variable de residuos sólidos recolectados, como output ya que son estas tres variables las que cuentan con disponibilidad para los seis periodos. Para determinar la eficiencia, se propone desarrollar un modelo DEA de eficiencia técnica con rendimientos variables a escala –VRS– de orientación input (modelo 2).

6.3.1. Análisis factorial modelo 2

Como punto de partida se realiza un análisis factorial de las variables en su conjunto, de tal forma que, adicional a la revisión empírica, el análisis pueda dar una mayor certeza de la selección de entradas y salidas a utilizar en el modelo.

Paso 1: Idoneidad de los datos modelo 2

El primer paso en el análisis factorial es determinar si los datos tienen las características que se requieren, para ello se analiza el estadístico KMO y Bartlett, el cual evalúa todos los datos disponibles en conjunto.

Tabla 17

Prueba de KMO y Bartlett modelo 2

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		.602
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	477.378
	Gl	3
	Sig.	.000

Nota. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

En la tabla 17 se muestra que el valor obtenido es de .602 por lo cual, al ser un valor $< .05$ se puede afirmar que pasa la prueba de Kaier-Meyer-Olkin. La prueba de esfericidad de Bartlett, presenta como hipótesis nula, que la matriz de correlación es una matriz de identidad, lo que indicaría que sus variables no están relacionadas y, por lo tanto, no son adecuadas para la detección de estructuras. Para los datos utilizados en este trabajo el valor Sig. es de 0.000, lo que indica que las variables si son adecuadas.

Paso 2: Tabla de comunalidades modelo 2

La tabla 18 presenta las comunalidades de las variables, las cuales en el valor inicial son iguales a uno, cobrando sentido en la columna de extracción, donde se muestra que la representación es significativa para la variable de vehículos, mientras que, para la variable centros de acopio se obtuvo un valor de .497, un poco por debajo de lo recomendado, sin embargo, se decide continuar realizando las siguientes pruebas y ver cómo se comporta en análisis completo.

Tabla 18

Comunalidades modelo 2

	Inicial	Extracción
RSU	1.000	.895
Centros de acopio	1.000	.497
Vehículos	1.000	.912

Nota. Método de extracción: análisis de componentes principales. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

Paso 3: Explicación de la varianza modelo 2

La tabla 19 muestra que con un componente se explica el 76.801 por ciento de la varianza total.

Tabla 19*Varianza total explicada modelo 2*

Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de varianza	% acumulado
1	2.304	76.801	76.801
2	.642	21.392	98.193
3	.054	1.807	100.000

Nota. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

Paso 4: Cálculo de una matriz que exprese la dependencia entre las variables

Después de realizar las pruebas de confiabilidad correspondientes se presenta la matriz de componentes, la cual agrupa los indicadores en el componente que mejor lo define, por lo tanto, mientras mayor sea el valor absoluto de la carga, más contribuye el factor sobre la variable, en la tabla 20 se observa que el valor obtenido de los centros de acopio es de .705, mejorando su puntuación anterior.

Tabla 20*Matriz de componente^a modelo 2*

	Componente
	1
Vehículos	.955
RSU	.946
Centros de acopio	.705

Nota. Método de extracción: análisis de componentes principales. a. 1 componente extraído. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

6.3.2. Inputs y outputs seleccionados modelo 2

Derivado del análisis factorial y de la revisión bibliográfica, se decide dejar los indicadores previamente propuestos, por lo tanto, los inputs y outputs a utilizar serán los descritos en la tabla 21.

Tabla 21*Inputs y outputs a utilizar en el modelo 2*

	Variable	Definición	Indicador
Output	Residuos sólidos	Son aquéllos que se producen en las casas habitación como consecuencia de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas.	Kilogramos diarios recolectados de residuos sólidos.
	Vehículos para recolección	Unidad acondicionada para efectuar el transporte de residuos.	Números de vehículos en operación
Inputs		Instalación autorizada para la prestación de servicios a terceros en donde se reciben, reúnen, trasvasan y acumulan temporalmente residuos para después ser enviados a instalaciones autorizadas para su tratamiento, reciclaje, reutilización, co-procesamiento o disposición final.	Números de centros de acopio en la entidad.
	Centros de acopio		

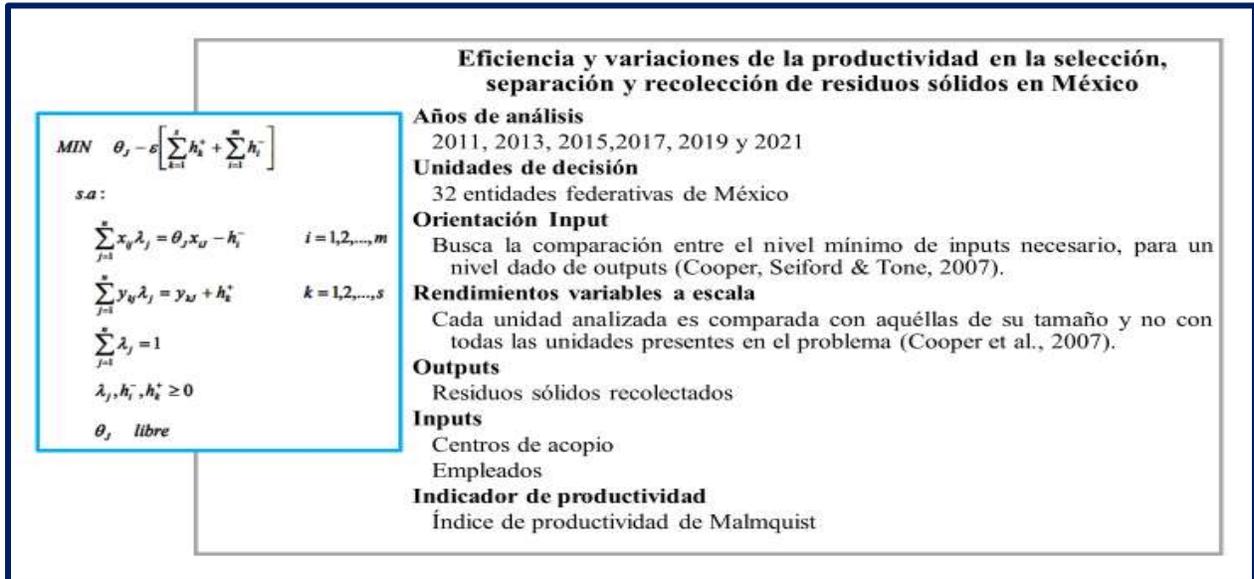
Nota. La tabla muestra los inputs y outputs utilizados en el modelo dos, una vez revidada la literatura y realizado el análisis factorial. Elaboración propia.

6.3.3. Desarrollo del modelo de DEA 2

Una vez desarrollado el análisis factorial se logró identificar los inputs y outputs más adecuados para desarrollar el modelo, el cual será un modelo DEA de eficiencia técnica con rendimientos variables a escala –VRS– de orientación Input. El propósito del modelo es realizar un análisis de los inputs y outputs seleccionados para cada unidad de decisión, de tal forma que se logre encontrar la DMU’S que utiliza de mejor forma sus recursos, en este sentido, el modelo a desarrollar es el que se muestra en la figura 11.

Figura 11

Modelo DEA 2



Nota. Elaboración propia con base en la documentación revisada.

Resultados de la eficiencia en la selección, separación y recolección de RSU (modelo 2)

En la tabla 22 se muestran los resultados de eficiencia obtenidos, una vez desarrollado el modelo de eficiencia propuesto, en donde se indica que existieron variaciones en la cantidad de unidades eficientes en cada periodo de tiempo, siendo el 2011 el periodo más bajo con solo cinco entidades que obtuvieron puntuación de 1, y el 2017 con el número mayor, doblando la cantidad del 2011; la entidad que logró mantener la eficiencia perfecta en los seis periodos fue, Nuevo León, a esta le siguen Campeche, Ciudad de México, Nayarit y Sinaloa, las cuales obtuvieron un valor de eficiencia de 1 en cuatro periodos.

En la columna ocho de la tabla 22 se encuentra el promedio de eficiencia de los seis periodos para cada entidad federativa, en donde se puede analizar que los Estados de Oaxaca, Hidalgo, Yucatán, Zacatecas, Morelos y San Luis Potosí están por debajo del 50% de eficiencia, esta información se puede observar geográficamente en el siguiente mapa, en donde se muestran los Estados, con su

nivel promedio de eficiencia, los cuales inician en el valor mínimo de 0.2183 con el Estado de Oaxaca en un color gris, subiendo de tonalidad hasta llegar a un color azul oscuro para Nuevo León con una puntuación de eficiencia de 1

Tabla 22

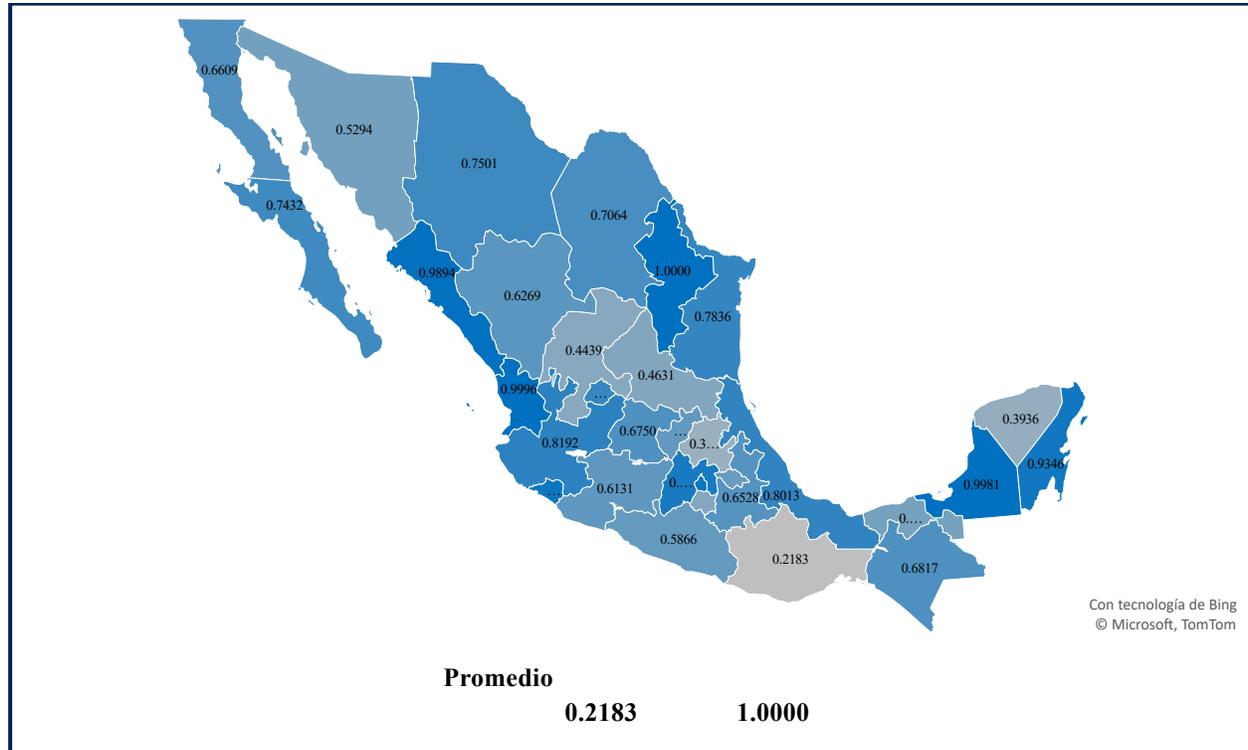
Eficiencia de las entidades federativas de México en la selección, separación y recolección de residuos sólidos 2011-2021

Entidad Federativa	Score 2011	Score 2013	Score 2015	Score 2017	Score 2019	Score 2021	Promedio
Aguascalientes	0.7309	0.5711	0.9414	1.0000	0.6982	0.7423	0.7807
Baja California	0.8121	0.7845	0.6674	0.5108	0.5473	0.6430	0.6609
Baja California Sur	0.7763	0.8277	0.6483	0.8056	0.8070	0.5942	0.7432
Campeche	1.0000	1.0000	0.9888	1.0000	1.0000	1.0000	0.9981
Coahuila	0.9012	0.7288	0.6645	0.4945	0.6938	0.7558	0.7064
Colima	0.9391	0.8946	1.0000	1.0000	0.8219	1.0000	0.9426
Chiapas	0.5289	0.6306	0.6602	0.6135	0.6570	1.0000	0.6817
Chihuahua	0.7900	1.0000	0.5735	0.5774	0.7764	0.7831	0.7501
Ciudad de México	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7181	0.9530
Durango	0.6292	0.5715	0.6003	0.6272	0.6643	0.6691	0.6269
Guanajuato	0.7191	0.6692	0.6053	0.6345	0.6185	0.8033	0.6750
Guerrero	0.3172	0.8067	0.5992	0.5307	0.5808	0.6849	0.5866
Hidalgo	0.4284	0.3676	0.3195	0.3219	0.3316	0.4506	0.3699
Jalisco	0.7480	0.8461	0.6660	0.9073	0.9651	0.7827	0.8192
México	0.4855	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9152	0.9001
Michoacán	0.3715	0.6006	0.6354	0.6335	1.0000	0.4375	0.6131
Morelos	0.4668	0.5095	0.3970	0.4311	0.4693	0.4848	0.4598
Nayarit	1.0000	0.9974	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9996
Nuevo León	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Oaxaca	0.2806	0.2199	0.1537	0.1972	0.2151	0.2431	0.2183
Puebla	0.4215	0.6761	0.7715	0.6799	0.5604	0.8073	0.6528
Querétaro	0.4668	0.5175	0.4022	0.5988	0.9298	0.6524	0.5946
Quintana Roo	0.7709	1.0000	0.8368	1.0000	1.0000	1.0000	0.9346
San Luis Potosí	0.6290	0.7164	0.7892	0.1412	0.2498	0.2528	0.4631
Sinaloa	1.0000	0.9364	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9894
Sonora	0.5553	0.5721	0.4980	0.4709	0.4731	0.6069	0.5294
Tabasco	0.6528	0.6425	0.4012	0.4210	0.4814	0.4918	0.5151
Tamaulipas	0.9434	1.0000	0.7342	0.6285	0.6896	0.7061	0.7836
Tlaxcala	0.4477	0.5404	0.5941	0.6856	0.5991	0.5805	0.5746
Veracruz	0.8149	0.7902	0.8549	1.0000	0.6857	0.6624	0.8013
Yucatán	0.3855	0.3392	0.3836	0.3339	0.4273	0.4922	0.3936
Zacatecas	0.4352	0.4860	0.3730	0.4386	0.4575	0.4728	0.4439

Nota. Elaboración propia con base en datos del INEGI, utilizando el software deaR.

Gráfica 13

Eficiencia de las entidades federativas de México en la selección, separación y recolección de residuos sólidos 2011-2021



Nota. Elaboración propia.

6.3.4. Índice de productividad de Malmquist modelo 2

En la tabla 23 se muestra el índice de productividad de Malmquist, para el periodo 2011-2021, el cual indica que las tres entidades más sobresalientes son, Guerrero, Puebla y México, por otro lado, los Estados con menor productividad en el periodo fueron San Luis Potosí, Baja California Norte y Baja California Sur. De igual forma, se puede observar que, el cambio tecnológico promedio de los seis periodos fue de 1.0398, y el cambio en la eficiencia técnica global, fue de 0.9853, lo que da un índice de Malmquist promedio para los seis periodos de 1.0245, de tal forma que, de manera global no hubo un cambio significativo en la productividad en los periodos

analizados, también se observa que todas las entidades presentaron un aumento en el cambio tecnológico.

Tabla 23

Índice de productividad de Malmquist 2011-2021

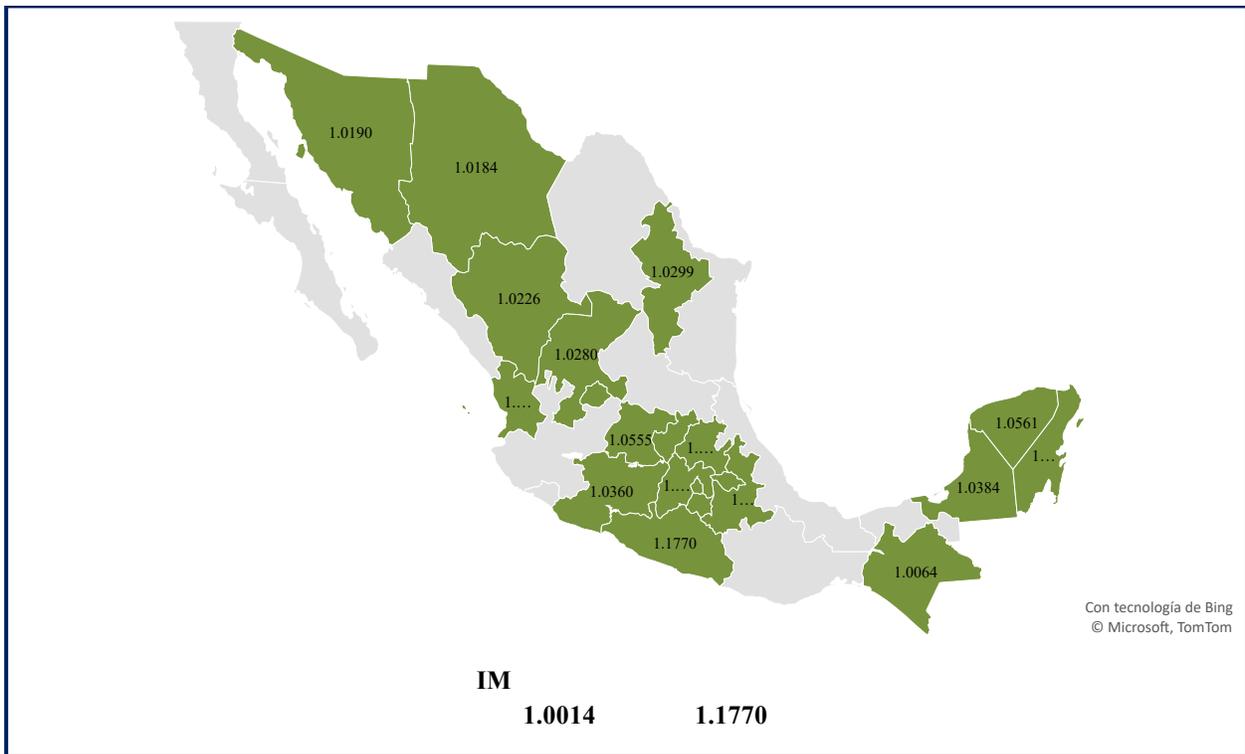
Entidad federativa	Cambio en la Eficiencia	Cambio Tecnológico	Índice de productividad de Malmquist	Tipo de cambio
Aguascalientes	1.0030	1.0428	1.0459	Aumento
Baja California	0.9246	1.0338	0.9558	Disminución
Baja California Sur	0.9606	1.0100	0.9702	Disminución
Campeche	1.0044	1.0338	1.0384	Aumento
Coahuila	0.9669	1.0409	1.0064	Aumento
Colima	0.9742	1.0454	1.0184	Aumento
Chiapas	1.0008	1.0445	1.0453	Aumento
Chihuahua	0.9325	1.0536	0.9825	Disminución
Ciudad de México	0.9447	1.0577	0.9991	Disminución
Durango	0.9894	1.0336	1.0226	Aumento
Guanajuato	1.0098	1.0453	1.0555	Aumento
Guerrero	1.1406	1.0319	1.1770	Aumento
Hidalgo	0.9879	1.0558	1.0431	Aumento
Jalisco	0.9623	1.0343	0.9953	Disminución
México	1.0432	1.0425	1.0875	Aumento
Michoacán	0.9782	1.0591	1.0360	Aumento
Morelos	0.9823	1.0458	1.0273	Aumento
Nayarit	0.9880	1.0135	1.0014	Aumento
Nuevo León	0.9969	1.0331	1.0299	Aumento
Oaxaca	0.9418	1.0423	0.9817	Disminución
Puebla	1.0748	1.0506	1.1291	Aumento
Querétaro	1.0378	1.0356	1.0748	Aumento
Quintana Roo	1.0540	1.0250	1.0804	Aumento
San Luis Potosí	0.8152	1.0629	0.8664	Disminución
Sinaloa	0.9657	1.0331	0.9977	Disminución
Sonora	1.0073	1.0116	1.0190	Aumento
Tabasco	0.9198	1.0600	0.9750	Disminución
Tamaulipas	0.9260	1.0501	0.9724	Disminución
Tlaxcala	1.0338	1.0331	1.0680	Aumento
Veracruz	0.9472	1.0449	0.9898	Disminución
Yucatán	1.0216	1.0337	1.0561	Aumento
Zacatecas	0.9948	1.0334	1.0280	Aumento

Nota. Elaboración propia con base en los cálculos realizados.

En la gráfica 14 se muestran de color verde las entidades federativas que tuvieron un aumento en la productividad en los procesos de selección, separación y recolección de residuos sólidos en el periodo 2011-2021; en donde se puede observar que la mayoría de las entidades lograron mejorar.

Gráfica 14

Entidades federativas que aumentaron su productividad en la selección, separación y recolección de residuos sólidos 2011- 2021



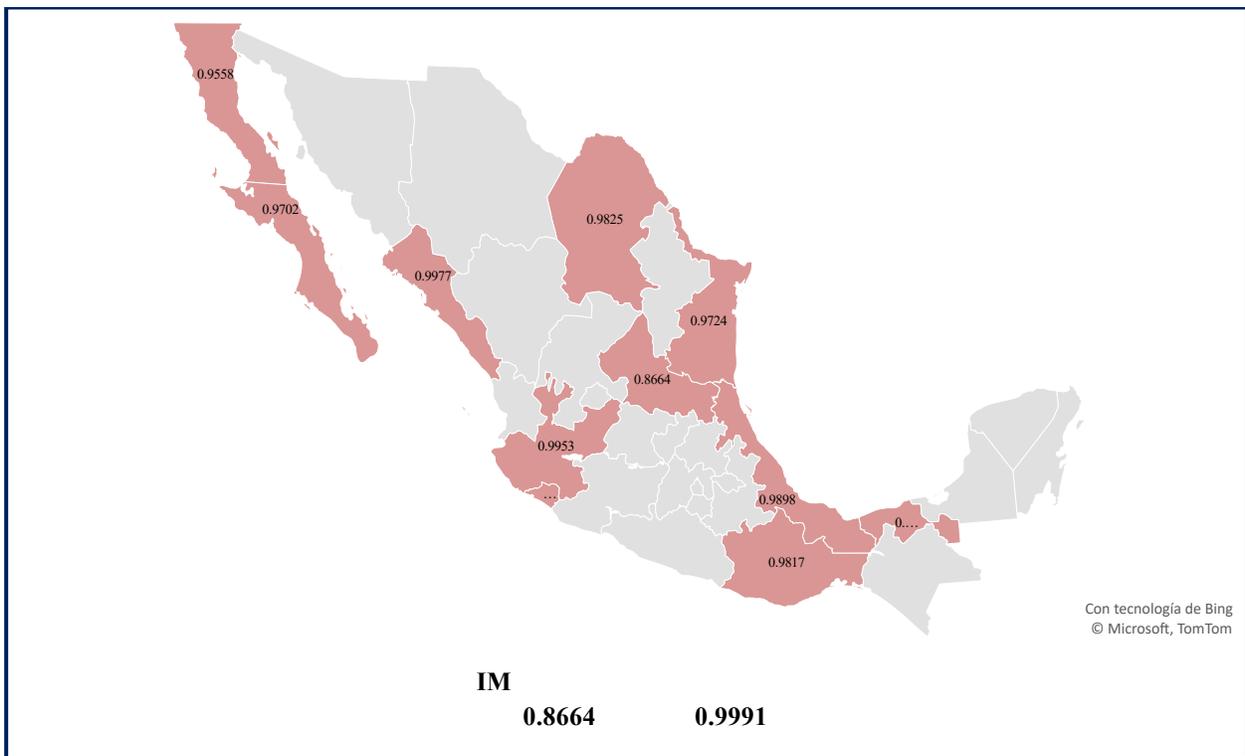
Nota. Elaboración propia.

En la gráfica 15 se muestran de color rojo las entidades federativas de San Luis Potosí, Baja California, Baja California Sur, Tamaulipas, Tabasco, Oaxaca, Coahuila de Zaragoza, Veracruz, Jalisco, Sinaloa y Colima las cuales disminuyeron su productividad en los procesos de selección, separación y recolección de residuos sólidos en el periodo 2011-2021; estas entidades representan el 34.38% de las unidades evaluadas. Al analizar los resultados obtenidos se puede ver que, el 100% de las entidades presentó un aumento en el cambio tecnológico, lo cual confirma la teoría

que en el largo plazo los progresos tecnológicos, así como, las innovaciones, permiten mejorar la producción utilizando los mismos insumos; en este sentido, al realizar el análisis por un periodo de tiempo más largo, el cambio tecnológico fue favorecedor al momento de obtener la productividad total.

Gráfica 15

Entidades federativas que disminuyeron su productividad en los procesos de selección, separación y recolección de residuos sólidos en el periodo 2011-2021



Nota. Elaboración propia.

6.4. Eficiencia en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos y no selectivos en México, 2017 y 2019.

Con la finalidad de conocer cuál es la eficiencia del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos en México en la mayoría de sus procesos, teniendo en cuenta la disponibilidad de

datos para cada periodo (tabla 8), se procede a elaborar un modelo que incluya la mayor cantidad de variables posibles, por lo tanto, se utilizan los datos de los años 2017 y 2019, toda vez que, además de tener una separación entre residuos sólidos selectivos y no selectivos, también son los periodos con mayor cantidad de datos disponibles.

Para determinar la eficiencia del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos en las entidades federativas de México 2017 y 2019 se propone desarrollar un modelo DEA de eficiencia técnica con rendimientos variables a escala –VRS– de orientación output; en donde se incluye como bad output los residuos no selectivos, toda vez que, el objetivo de una buena gestión es minimizar la producción de basura.

6.4.1. Análisis factorial modelo 3

En el mismo tenor que en la determinación de la eficiencia anterior, se realiza un análisis factorial de las variables en su conjunto, de tal forma que, adicional a la revisión empírica de la utilización de las variables, el análisis pueda dar una mayor certeza de la selección de entradas y salidas a utilizar en el modelo.

Paso 1: Correlación de Pearson modelo 3

Como punto de partida para el análisis factorial del modelo tres se realiza la correlación de Pearson, la cual muestra la relación de los inputs con los outputs, de tal forma que permite determinar si existe una relación entre ellos y de que tipo es.

Tabla 24*Matriz de correlaciones^a modelo 3*

	RSU	NS	S	Pro	Acop	Trans	Trat	Vehí	Emple	DF	
Correlación	Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	1.000	.751	.706	.374	.525	.709	.608	.950	.934	.029
	RSU no selectivos	.751	1.000	.062	-.067	.028	.633	.797	.683	.620	.186
	RSU selectivos	.706	.062	1.000	.637	.763	.392	.064	.704	.747	-.155
	Programas	.374	-.067	.637	1.000	.482	.224	-.013	.357	.372	-.334
	Centros de acopio	.525	.028	.763	.482	1.000	.268	-.012	.600	.583	-.128
	Estación de transferencia	.709	.633	.392	.224	.268	1.000	.594	.748	.689	.282
	Plantas de tratamiento	.608	.797	.064	-.013	-.012	.594	1.000	.603	.556	.186
	Vehículos	.950	.683	.704	.357	.600	.748	.603	1.000	.964	.103
	Empleados	.934	.620	.747	.372	.583	.689	.556	.964	1.000	.077
	Sitios de disposición final	.029	.186	-.155	-.334	-.128	.282	.186	.103	.077	1.000

a. Determinante = 3.478E-11

Nota. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

Se puede observar que para la variable RSU, los inputs de programas y sitios de disposición final no tienen una correlación significativa, para el output de residuos sólidos no selectivos, los inputs de programas, centros de acopio y sitios de disposición final tienen una correlación débil, y para el output de residuos sólidos selectivos las variables con menor correlación son, plantas de transferencia y tratamiento, así como los sitios de disposición final.

Paso 2: Idoneidad de los datos modelo 3

El siguiente paso es determinar si los outputs a considerar tienen las características que se requieren, para ello se analiza el estadístico KMO y Bartlett, el cual se muestra en la tabla 25.

Tabla 25*Prueba de KMO Y Bartlett modelo 3*

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		.709
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	317.032
	Gl	15
	Sig.	.000

Nota. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

El valor obtenido en esta prueba fue de 0.709, por lo cual se puede afirmar que pasa la prueba de Kaier-Meyer-Olkin (KMO). La prueba de esfericidad de Bartlett, presenta como hipótesis nula, que la matriz de correlación es una matriz de identidad, lo que indicaría que sus variables no están relacionadas y, por lo tanto, no son adecuadas para la detección de estructuras, para los datos utilizados en este trabajo el valor Sig. es de 0.000, lo que indica que las variables si son adecuadas.

Paso 3: Tabla de comunalidades modelo 3

La tabla 26 muestra las comunalidades de las variables, es decir, indica la proporción en la que se explica una variable por el resto de las variables seleccionadas, las cuales en el valor inicial son iguales a uno, cobrando sentido en la columna de extracción, donde se muestra que la representación es significativa para todas las variables, ya que estas tienen valores superiores al .5.

Tabla 26

Comunalidades modelo 3

	Inicial	Extracción
Programas	1.000	.651
Centros de acopio	1.000	.786
Estaciones de transferencia	1.000	.746
Plantas de tratamiento	1.000	.821
Vehículos	1.000	.949
Empleados	1.000	.902

Nota. Método de extracción: análisis de componentes principales. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

Paso 4: Explicación de la varianza modelo 3

La tabla 27 muestra que con dos componentes se explica el 80.911 por ciento de la varianza total.

Tabla 27*Varianza total explicada modelo 3*

Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de varianza	% acumulado
1	3.510	58.502	58.502
2	1.345	22.409	80.911
3	.572	9.528	90.439
4	.350	5.832	96.271
5	.196	3.266	99.536
6	.028	.464	100.000

Nota. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

Paso 5: Cálculo de una matriz que exprese la dependencia entre las variables modelo 3

Después de realizar las pruebas de confiabilidad correspondientes se presenta la matriz de componentes, la cual agrupa los indicadores en el componente que mejor lo define, por lo tanto, mientras mayor sea el valor absoluto de la carga, más contribuye el factor sobre la variable (Pérez 2006; Kendall, 1990). Para este caso los indicadores se agrupan en dos componentes (tabla 28).

Tabla 28*Matriz de componente^a modelo 3*

	Componente	
	1	2
Vehículos	.973	-.041
Empleados	.950	-.004
Estaciones de transferencia	.808	-.305
Programas	.468	.657
Plantas de tratamiento	.630	-.651
Centros de acopio	.626	.627

Nota. Método de extracción: análisis de componentes principales. a. 2 componentes extraídos. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

En la tabla 29 se muestra la matriz de componentes rotados, la cual muestra una mejor agrupación de las variables, en cada componente, tal es el caso de los programas y centros de acopio.

Tabla 29*Matriz de componente rotado^a modelo 3*

	Componente	
	1	2
Plantas de tratamiento	.882	-.209
Estaciones de transferencia	.845	.179
Vehículos	.841	.490
Empleados	.802	.509
Centros de acopio	.189	.866
Programas	.040	.806

Nota. Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser. a. La rotación ha convergido en 3 iteraciones. Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

6.4.2. Inputs y outputs seleccionados modelo 3

Realizado el análisis factorial y la correlación de Pearson, se reducen los datos a aquellas variables que se encuentran con una correlación significativa, y un nivel de extracción $< .5$, de tal forma que, la estructura de los datos que se emplean para aplicar el modelo de eficiencia son los que se muestran en la tabla 30, quedando un total de seis inputs y dos outputs.

Tabla 30*Inputs y outputs a utilizar modelo 3*

	Variable	Definición	Indicador
Outputs	Residuos sólidos urbanos (Bad output)	Son aquéllos que se producen en las casas habitación como consecuencia de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas.	Kilogramos diarios recolectados de residuos sólidos.
	Residuos sólidos selectivos	Residuo que fue separado, seleccionado o recogido en diferentes contenedores, con la finalidad de ser reciclados o reutilizados.	Kilogramos diarios recolectados de residuos selectivos.
	Programas	Serie ordenada de actividades y operaciones necesarias para alcanzar los objetivos de la LGPGIR.	Número de programas (prevención, educación, reciclaje etc.).
Inputs	Centros de acopio	Instalación autorizada para la prestación de servicios a terceros en donde se reciben, reúnen, trasvasan y acumulan temporalmente residuos para después ser enviados a instalaciones autorizadas para su tratamiento, reciclaje, reutilización, co-procesamiento o disposición final.	Números de centros de acopio en la entidad.

	Variable	Definición	Indicador
Inputs	Estaciones de transferencia	Conjunto de equipos e instalaciones donde se lleva a cabo el trasbordo de residuos, de vehículos recolectores o de carga en gran tonelaje, para transportarlos hasta los sitios de destino final.	Número de estaciones de transferencia por entidad
	Plantas de tratamiento	Lugar donde se llevan a cabo las operaciones que tienen por objetivo modificar las características físicas, químicas o biológicas de un residuo, con la finalidad de reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contienen los residuos, recuperar materias o sustancias valorizables y facilitar el uso como fuente de energía o adecuar el residuo para su posterior tratamiento final.	Número de plantas de tratamiento en la entidad
	Vehículos para recolección de RSU	Unidad acondicionada para efectuar el transporte de residuos.	Número de vehículos en operación.
	Prestadores del servicio	Personal que presta su servicio y hace posible la recolección de residuos.	Número de personas empleadas en el servicio de recolección

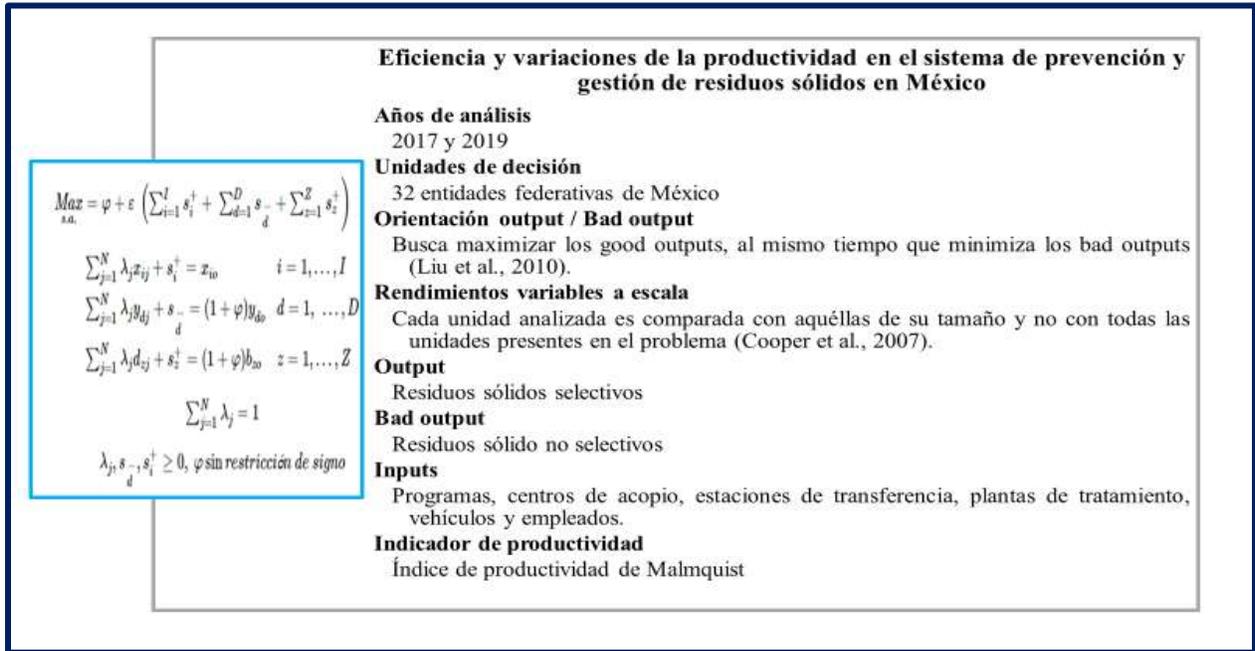
Nota. La tabla muestra los inputs y outputs utilizados en el modelo tres, una vez revidada la literatura y realizado el análisis factorial. Elaboración propia.

6.4.3. Desarrollo del modelo DEA 3

Una vez desarrollado el análisis factorial se logró identificar los inputs y outputs más adecuados para desarrollar el modelo, el cual será un modelo DEA de eficiencia técnica con rendimientos variables a escala –VRS– de orientación output, incluyendo como bad output, los residuos sólidos selectivos. El propósito del modelo es realizar un análisis de los inputs y outputs seleccionados para cada unidad de decisión, de tal forma que se logre encontrar la DMU’s que utiliza de mejor forma sus recursos; y que a su vez maximiza los outputs deseables, y minimiza los outputs indeseables, en este sentido, el modelo a desarrollar es el que se describe en la figura 12.

Figura 12

Modelo DEA 3



Nota. Elaboración propia con base en la documentación revisada.

Los resultados de la aplicación del modelo se muestran en la tabla 31, en la cual se muestra que existieron variaciones en la cantidad de unidades eficientes en cada periodo de tiempo, el promedio de eficiencia en el año 2017 fue de 0.7594 y de 0.7914 para el año 2019, de igual forma, los resultados muestran que nueve entidades lograron mantener el mejor nivel de eficiencia en los dos periodos.

En la columna cuatro de la tabla 31 se encuentra el promedio de eficiencia de los dos periodos analizados para cada entidad federativa, esta información se puede observar en la gráfica 16, la cual muestra los Estados con su nivel promedio de eficiencia, iniciando en color gris el valor mínimo de 0.5325 con el Estado de Jalisco y subiendo de tonalidad hasta llegar a un color azul oscuro para los Estados de Aguascalientes, Baja California Sur, Campeche, Ciudad de México,

Colima, Morelos, Nayarit, Querétaro, Yucatán y Tlaxcala, los cuales logran un promedio de eficiencia de 1.

Tabla 31

Eficiencia en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos y no selectivos en las entidades federativas de México, 2017 y 2019

Entidad federativa	Score 2017	Score 2019	Promedio
Aguascalientes	1.0000	1.0000	1.0000
Baja California	0.5918	0.5661	0.5790
Baja California Sur	1.0000	1.0000	1.0000
Campeche	1.0000	1.0000	1.0000
Coahuila	0.6143	1.0000	0.8072
Colima	0.6131	0.6833	0.6482
Chiapas	1.0000	1.0000	1.0000
Chihuahua	0.6321	0.6110	0.6216
Ciudad de México	1.0000	1.0000	1.0000
Durango	1.0000	0.8324	0.9162
Guanajuato	0.5696	1.0000	0.7848
Guerrero	1.0000	0.6480	0.8240
Hidalgo	0.8689	0.6389	0.7539
Jalisco	0.5359	0.5291	0.5325
México	0.5236	1.0000	0.7618
Michoacán	0.5638	1.0000	0.7819
Morelos	1.0000	1.0000	1.0000
Nayarit	1.0000	1.0000	1.0000
Nuevo León	0.5623	0.5522	0.5573
Oaxaca	0.7138	0.6841	0.6989
Puebla	1.0000	0.5778	0.7889
Querétaro	1.0000	1.0000	1.0000
Quintana Roo	0.5915	0.5739	0.5827
San Luis Potosí	0.6946	0.6663	0.6804
Sinaloa	0.6040	0.5889	0.5965
Sonora	0.6388	1.0000	0.8194
Tabasco	0.6443	0.6648	0.6546
Tamaulipas	0.6078	0.5932	0.6005
Tlaxcala	1.0000	1.0000	1.0000
Veracruz	0.5461	0.7093	0.6277
Yucatán	1.0000	1.0000	1.0000
Zacatecas	1.0000	0.9489	0.9745

Nota. Elaboración propia con base en datos del INEGI, utilizando el software Maxdea.

Gráfica 16

Eficiencia en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos y no selectivos en las entidades federativas de México, 2017 y 2019



Nota. Elaboración propia.

6.4.4. Índice de productividad Malmquist modelo 3

El Índice de Malmquist permite conocer la productividad total de los factores, en dos o más periodos de tiempo en este sentido, en la tabla 32 se puede observar que, el cambio tecnológico promedio de los dos años fue de 0.93073, y el cambio en la eficiencia, fue de 1.0421, lo que da un índice de Malmquist promedio para los dos años de 0.9694.

El resultado indica que, la productividad disminuyó en 0.0306 en dos años, si se analizan los resultados obtenidos en cada una de las entidades se encuentra que, algunas de ellas aumentaron en más de una unidad su productividad, lo anterior se puede observar en la tabla 32.

Tabla 32*Índice de productividad de Malmquist 2017 y 2019*

Entidad Federativa	Cambio de eficiencia	Cambio Tecnológico	Índice de Malmquist	Tipo de cambio
Aguascalientes	1.0000	1.0000	1.0000	Sin cambio
Baja California	0.9565	1.0207	0.9764	Disminución
Baja California Sur	1.0000	1.0000	1.0000	Sin cambio
Campeche	1.0000	1.0000	1.0000	Sin cambio
Coahuila	1.6278	1.4041	2.2856	Aumento
Colima	1.1145	0.6328	0.7052	Disminución
Chiapas	1.0000	1.0000	1.0000	Sin cambio
Chihuahua	0.9666	1.0319	0.9974	Disminución
Ciudad de México	1.0000	1.0000	1.0000	Sin cambio
Durango	0.8324	0.9984	0.8311	Disminución
Guanajuato	1.7557	5.3805	9.4465	Disminución
Guerrero	0.6480	0.1795	0.1163	Disminución
Hidalgo	0.7353	0.5678	0.4175	Disminución
Jalisco	0.9873	0.9698	0.9575	Disminución
México	1.9097	1.3729	2.6219	Aumento
Michoacán	1.7737	1.0704	1.8986	Aumento
Morelos	1.0000	1.2312	1.2312	Aumento
Nayarit	1.0000	1.2293	1.2293	Aumento
Nuevo León	0.9820	1.0140	0.9958	Disminución
Oaxaca	0.9584	0.8969	0.8596	Disminución
Puebla	0.5778	0.3859	0.2230	Disminución
Querétaro	1.0000	0.6107	0.6107	Disminución
Quintana Roo	0.9702	1.0078	0.9778	Disminución
San Luis Potosí	0.9592	1.0458	1.0032	Aumento
Sinaloa	0.9750	1.0044	0.9793	Disminución
Sonora	1.5653	1.4205	2.2236	Aumento
Tabasco	1.0319	1.0430	1.0763	Aumento
Tamaulipas	0.9760	1.0107	0.9865	Disminución
Tlaxcala	1.0000	1.0000	1.0000	Sin cambio
Veracruz	1.2988	0.8986	1.1672	Aumento
Yucatán	1.0000	0.3002	0.3002	Disminución
Zacatecas	0.9489	0.9926	0.9419	Disminución

Nota. Elaboración propia con base en los cálculos realizados.

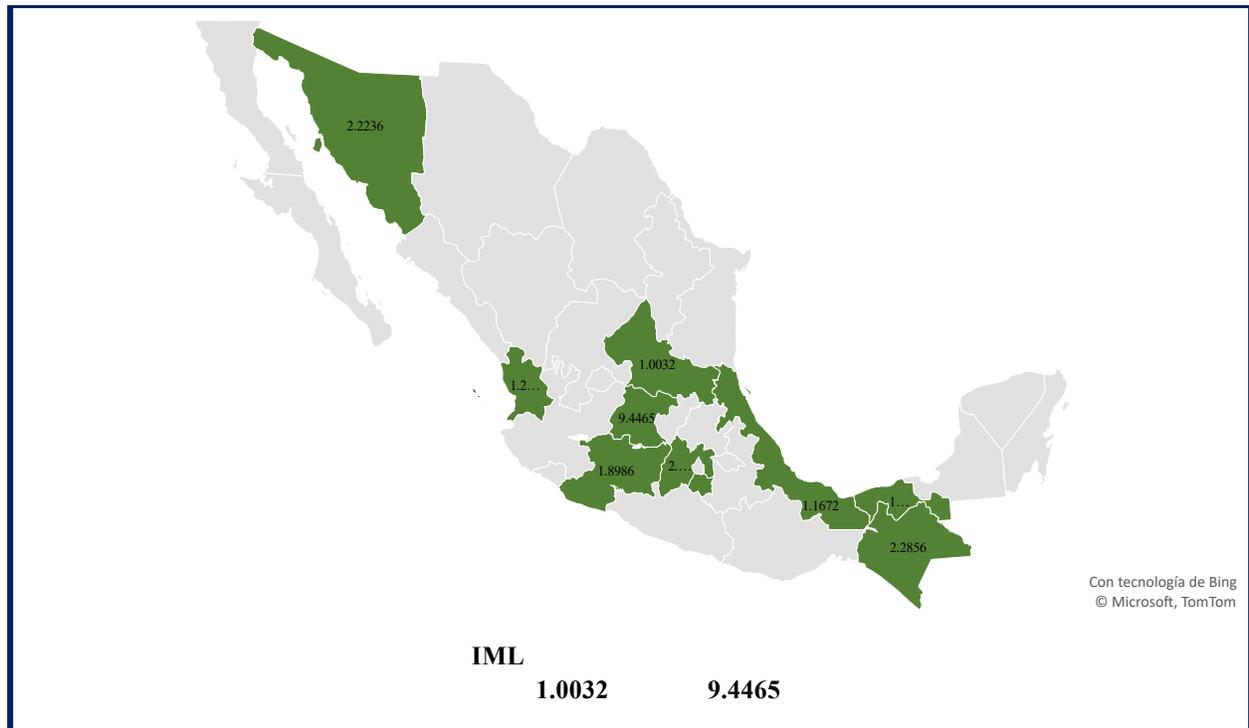
En la gráfica 17 se muestran de color verde las 10 entidades federativas que tuvieron una mejora en la productividad en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos, los resultados muestran como valor máximo de productividad, 9.4465 valor que pertenece al Estado de Guanajuato, al analizar los datos se muestra que esta entidad tuvo un aumento considerable en la

recolección de residuos sólidos selectivos del periodo uno al dos, lo cual lo posiciona en el primer lugar de productividad, lo anterior se replica para los Estados de Sonora, Chiapas y México, los cuales lograron duplicar su productividad.

El Estado de Michoacán, obtuvo un IML de 1.8986, y este es un dato interesante, ya que aun cuando su recolección selectiva de residuos disminuyó de un periodo a otro, también tuvo una reducción en mayor proporción en la recolección de residuos sólidos no selectivos, y al ser estos considerados un bad output, su productividad tuvo un cambio positivo, ya que, en ambos indicadores tuvo una reducción importante, confirmando con ello que, la mejor basura es la que no se genera.

Gráfica 17

Entidades federativas que aumentaron su productividad en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos y no selectivos en los años 2017 y 2019



Nota. Elaboración propia.

La gráfica 18 muestra de color amarillo las entidades federativas que mantuvieron la productividad constante en los dos años analizados, y estas fueron Aguascalientes, Baja California Sur, Campeche, Ciudad de México, Colima y Tlaxcala, las cuales representan un 18.75% de las entidades analizadas.

Gráfica 18

Entidades federativas que mantuvieron su productividad en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos y no selectivos en los años 2017 y 2019

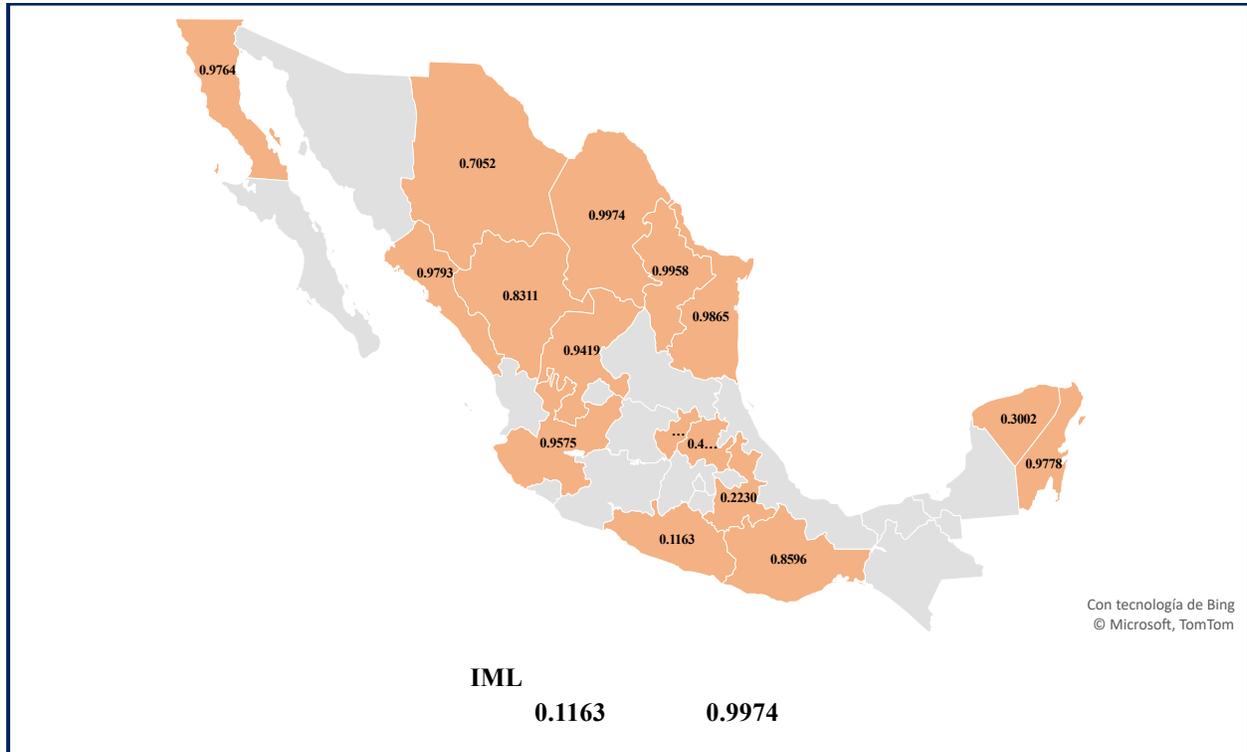


Nota. Elaboración propia.

La gráfica 19 muestra de color rojo las entidades federativas que presentaron una disminución en la productividad siendo los Estados de, Guerrero y Puebla los que obtuvieron la peor puntuación con un IPM de 0.1163 y 0.2230 respectivamente, como se puede observar el 50 % de las entidades sufrieron una disminución en su productividad durante los años analizados.

Gráfica 19

Entidades federativas que disminuyeron su productividad en la prevención y gestión integral de residuos sólidos selectivos y no selectivos en los años 2017 y 2019



Nota. Elaboración propia.

6.5. Análisis de los resultados de los modelos DEA realizados

Una vez desarrollados los modelos propuestos, se presenta en análisis general de los resultados obtenidos, y se puede concluir diciendo que independientemente del modelo que se trate, la mayoría de las entidades federativas son ineficientes al utilizar sus recursos disponibles para la recolección de residuos sólidos. En el modelo 1 solo el 9.38% de las entidades fueron eficientes, en el modelo 2 únicamente el 3.13%, mientras que en el modelo 3, el 31.25% de las entidades fueron eficientes, lo anterior comprueba que la mayoría de las entidades federativas no optimizan sus recursos al momento de recolectar los residuos sólidos, esta información se puede apreciar en la tabla 33.

Tabla 33

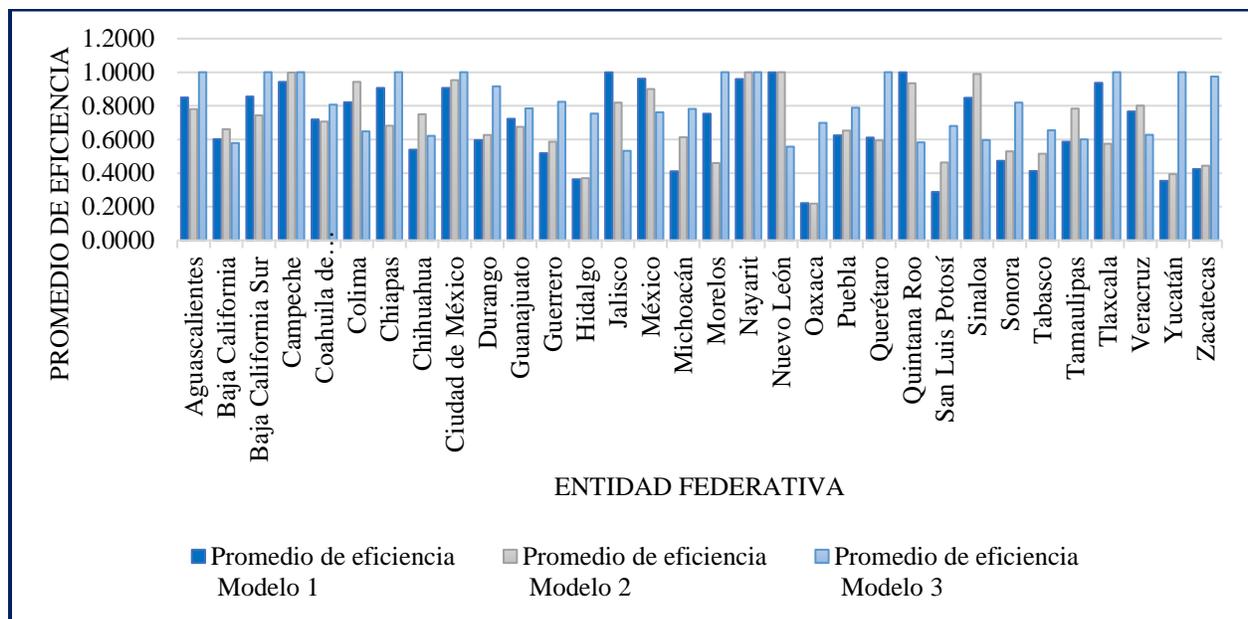
Porcentajes de eficiencia promedio obtenidos en los tres modelos DEA

Modelo DEA	Porcentaje de DMU'S con resultados de eficiencia $\theta = 1$	Porcentaje de DMU'S con resultados de eficiencia $\theta < 1$
1	9.38%	90.62%
2	3.13%	96.87%
3	31.25%	68.75%

Nota. Elaboración propia con base en el análisis de los resultados obtenidos

Gráfica 20

Eficiencia promedio obtenida en los tres modelos por entidad federativa



Nota. Elaboración propia con base en los resultados obtenidos.

En la gráfica 20 se muestran los promedios obtenidos en los tres modelos por entidad federativa y en esta se puede observar que las entidades de Nayarit, Campeche y Ciudad de México, son las que lograron los mejores promedios de eficiencia en los tres modelos, caso contrario a Oaxaca, San Luis Potosí e Hidalgo, los cuales obtuvieron la eficiencia promedio más baja de los tres modelos, sin embargo, se puede observar que estos últimos, si mejoraron su promedio en el modelo tres, es

decir, cuando se realiza una separación de residuos y se realiza el modelo con una cantidad mayor de inputs.

En cuanto al índice de productividad en la tabla 34 se muestran los porcentajes y tipos de variaciones en cada uno de los factores para cada modelo, en donde se puede apreciar que en el modelo uno la mayoría tuvo una disminución de la productividad, en el modelo dos si hubo un cambio favorable, y esto se debe a la mejoría que tuvieron el 100% de las entidades en el factor de cambio tecnológico, toda vez que este modelo hace un análisis de seis periodos, por tanto, se puede deducir que en periodos más largos existe la posibilidad de mejorar la tecnología o innovar en procesos que permitan mejorar la productividad del sistema. En el modelo tres, la mitad de las entidades disminuyeron su productividad, mientras que el 18.75% la mantuvo constante, y el 31.25% logró mejorar.

Tabla 34

Porcentajes y tipo de variación en los factores de productividad total de los 3 modelos DEA

Modelo DEA	Cambio eficiencia			Cambio tecnológico			Productividad		
	$\theta = <1$	$\theta = 1$	$\theta = >1$	Porcentajes de DMU'S con valores					
	$\theta = <1$	$\theta = 1$	$\theta = >1$	$\theta = <1$	$\theta = 1$	$\theta = >1$	$\theta = <1$	$\theta = 1$	$\theta = >1$
1	40.62 %	3.13%	56.25%	96.87%	0%	3.13%	65.62%	0%	34.38%
2	18.75%	0%	81.25%	0%	0%	100%	34.37%	0%	65.63%
3	68.75%	0%	31.25%	34.37%	18.75%	46.88%	50%	18.75%	31.25%

Nota. Elaboración propia con base en los resultados obtenidos.

Como se pudo observar a lo largo del capítulo, la disponibilidad de los datos, que se tiene en materia de residuos sólidos urbanos, es insuficiente para poder realizar una comparación más profunda y precisa de la eficiencia y de su evolución en el tiempo, sin embargo, al utilizar diferentes herramientas metodológicas se pueden elaborar diferentes modelos que permitan analizar cómo se utilizan los recursos disponibles.

CAPÍTULO VII

PROPUESTA DE POLÍTICA PÚBLICA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL SISTEMA DE PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LAS ENTIDADES FEDERATIVAS DE MÉXICO

La falta de motivación humana por prevenir, disminuir, o reutilizar su residuos, así como la apatía por el cuidado del entorno, las amenazas ambientales globales y el consumo irracional han generado la necesidad de buscar estrategias que permitan mejorar la calidad de vida y conservar el planeta; en este sentido, derivado de la determinación y del análisis realizado se proponen a continuación diversas propuestas que permitan mejorar la eficiencia en la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos en las entidades federativas de México, como una alternativa para reducir los efectos negativos causados por una mala gestión de los mismos.

Para el desarrollo de la propuesta de política pública se utiliza la Metodología de Marco Lógico (MML), ya que esta herramienta facilita el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos, y cuyo énfasis está centrado en la orientación por objetivos, la orientación hacia grupos beneficiarios y el facilitar la participación y la comunicación entre las partes interesadas (Ortegón et al., 2005).

La metodología contempla dos etapas, que se desarrollan paso a paso en las fases de identificación y de diseño del ciclo de vida del proyecto, las cuales se explican y desarrollan a continuación.

7.1. Identificación del problema y alternativas de solución

El proceso de planificación nace con la percepción de una situación problemática y la motivación para solucionarla, esta fase incorpora cuatro elementos analíticos importantes que ayudan a guiar este proceso, los cuales son abordados en los siguientes puntos.

7.1.1. Análisis de involucrados

El análisis de involucrados permite maximizar los beneficios sociales e institucionales del proyecto y reducir los impactos negativos al analizar sus intereses y expectativas. Además, permite aprovechar y potenciar el apoyo de aquellos con intereses similares o complementarios al proyecto, así como disminuir la oposición de aquellos con intereses opuestos al proyecto y conseguir el apoyo de aquellos que no están de acuerdo (Ortegón et al., 2005). Para que el manejo integral de residuos sea viable y eficiente desde una perspectiva económica, social, tecnológica y ambiental, es necesario que los involucrados (personas físicas y morales), así como las autoridades de los tres órdenes de gobierno, se involucren de manera activa, responsable y eficiente.

Es importante mencionar que la Ley General de Salud (2024), establece que la preservación, conservación, mejoramiento y restauración de la salud requiere actitudes solidarias y responsables de la población; mientras que la LGPGIR (2023), establece que la responsabilidad compartida de productor, consumidor y gobierno, es indispensable para evitar daños a la salud humana y al medio ambiente por una mala gestión de los residuos.

En el problema específico de la ineficiencia en la prevención y gestión de residuos sólidos urbanos en las entidades federativas de México, existen distintos actores que participan de diversas maneras, en la figura 13 se puede observar algunos de los involucrados.

Figura 13

Actores involucrados en la prevención y gestión integral de RSU en México



Nota. Elaboración propia con base en la información revisada.

En la gestión de residuos participa un gran número de actores con diferentes intereses, pero cada uno de ellos tienen un papel importante en la configuración y funcionalidad del sistema de prevención y gestión de RSU, y en la medida que se tenga una mejor comprensión de quiénes son los actores sociales involucrados y qué responsabilidades tienen dentro de la estructura, se logrará avanzar hacia un sistema eficiente y funcional; en este sentido de acuerdo con lo observado en la figura anterior, algunos de los actores involucrados son los siguientes:

Organismos internacionales:

Uno de los principales organismos a nivel internacional es la ONU, la cual a través de diversos instancias y programas (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Foro Político de Alto Nivel sobre el Desarrollo Sostenible (FPAN), la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible), establece la agenda ambiental a nivel global, y es un actor defensor del medio ambiente, de igual forma, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio

Climático (IPCC), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), Greenpeace, entre otros, son todos ellos, organismos que buscan dar atención y mitigar los problemas globales del medio ambiente, así como, impulsar las soluciones necesarias para tener un medio ambiente sostenible.

Dependencias gubernamentales (federal, estatal y municipal)

En México organismos como la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), son los principales encargados de implementar estrategias que permitan conservar el medio ambiente y utilizar sustentablemente los recursos naturales.

Por otro lado, la secretaria de salud, es la instancia responsable de prevenir enfermedades y promover la salud de la población, en este sentido, está dentro de sus funciones establecer políticas de Estado para garantizar el derecho de la población a la salud, y como ya se ha mencionado con anterioridad una mala gestión de los residuos conduce a la proliferación de vectores que ponen en riesgo la salud, en este tenor, la secretaria de salud es otro actor importante en el tema en cuestión.

De igual forma una institución fundamental en el problema es, la Secretaria de Educación Pública (SEP), la cual será la responsable de la implementación del programa de capacitación propuesto ya que como se cita en el Programa Sectorial de Educación 2020-2024 “el magisterio es la simiente de la transformación educativa y social”(DOF, 2020), además que dentro de sus principios se encuentra el brindar una educación de excelencia para aprendizajes significativos, que contribuyan a que todas y todos vivamos en un entorno de bienestar.

Actores de alto impacto en la asignación de recursos: Secretaria de Hacienda y Crédito Público (SHCP), Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Congresos locales, Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), la banca de desarrollo, la banca comercial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Corporación Financiera Internacional (IFC), donadores, y particulares interesados en apoyar el desarrollo de proyectos sustentables, que beneficien a la sociedad y al medio ambiente.

Personas físicas y morales: Presidentes municipales, Gobernadores, residentes de la ciudad, líderes de organizaciones protectoras del medio ambiente, empresarios, inversionistas, comerciantes, trabajadores formales e informales del manejo y recolección de residuos, industrias manufactureras, dueños de rellenos sanitarios y aquellos comercios dedicados al acopio y venta de materiales reciclables, entre otros.

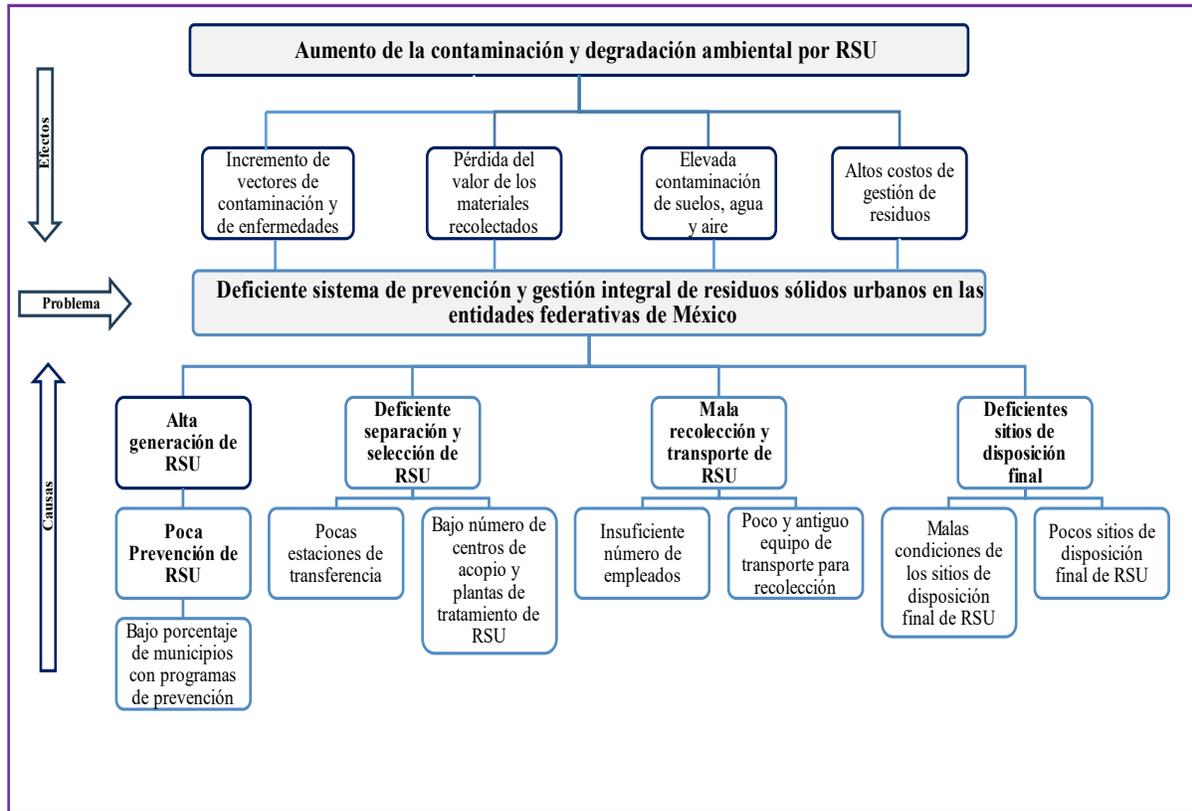
Como se puede observar en los puntos anteriores, son varios los actores que intervienen en el problema identificado, es por ello que mediante un análisis de involucrados además de conocer quiénes son, se puede conocer cuál es el rol que juega cada uno de ellos, para tratar de utilizar estrategias de negociación que conlleven a la realización más adecuada del proyecto.

7.1.2. Análisis del Problema

Al preparar un proyecto, es importante identificar el problema que se desea abordar, así como sus causas y efectos. El proceso incluye varios pasos para identificar el problema central, así como sus causas y efectos, dando prioridad a los problemas más importantes. Con estos datos, en la figura 14 se crea un árbol de problemas (Ortegón et al., 2005).

Figura 14

Árbol de problemas



Nota. El árbol de problemas da una imagen completa de la situación negativa existente. Elaboración propia con base en la MML.

Como se puede observar en la figura anterior se muestra de manera separada cada una de las etapas analizadas en el modelo tres, el cual se toma de base para la elaboración de la política ya que es el que cuenta con un mayor número de indicadores, así como, con la información de la recolección separada más reciente. En el árbol de problemas se puede apreciar que la alta generación de RSU, la deficiente separación y selección, la mala recolección de transporte y los deficientes sitios de disposición causados por la falta de programas de prevención y la falta de recursos e infraestructura, provocan la deficiencia del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos, y esta deficiencia conduce a la pérdida de valor de los materiales recuperados, a un incremento de vectores de contaminación ambiental y de salud así como, un aumento de los

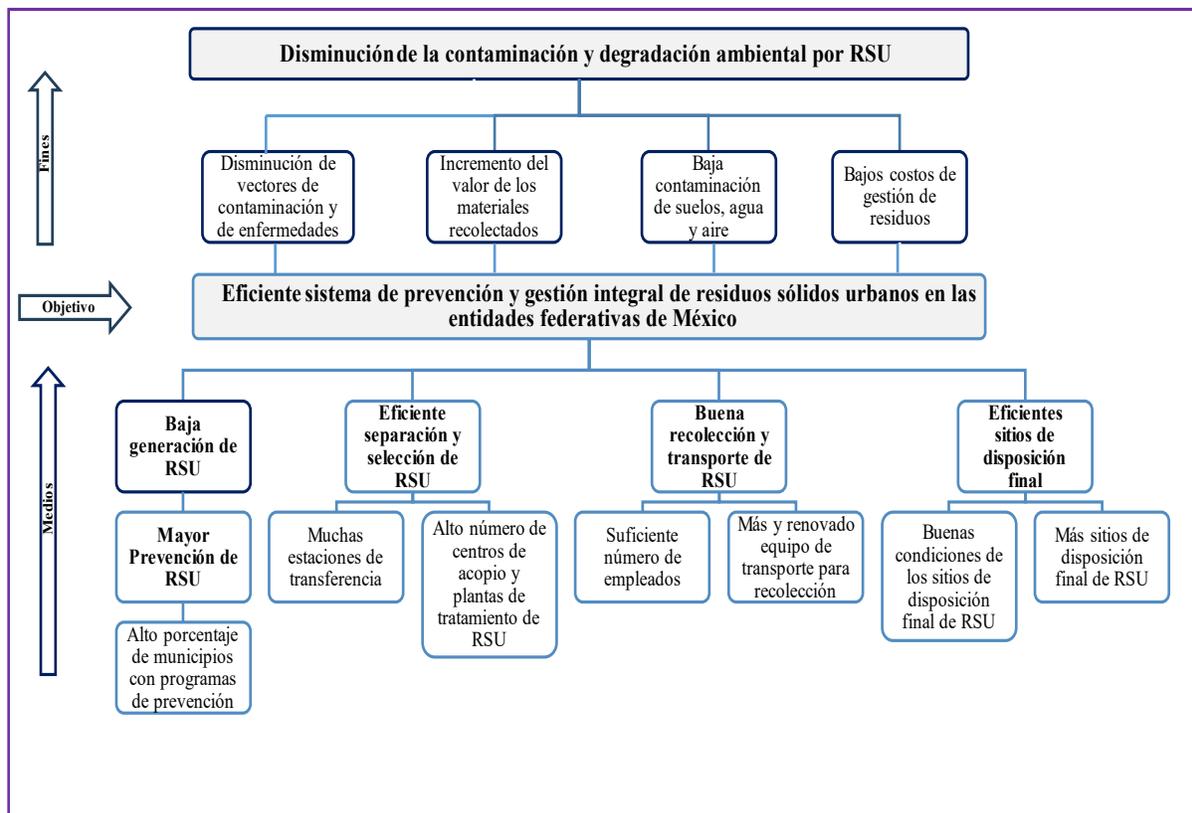
residuos dispuestos en los sitios de disposición final, lo que ocasiona un aumento de la contaminación y degradación ambiental por RSU.

7.1.3. Análisis de objetivos

El análisis de los objetivos permite describir la situación futura a la que se desea llegar una vez que se han resuelto los problemas, esto permite examinar las relaciones de medios y fines que se han establecido para garantizar la validez e integridad del esquema de análisis (Ortegón et al., 2005), este procedimiento se puede observar en la figura 15.

Figura 15

Árbol de objetivos



Nota. Elaboración propia con base en la MML.

7.1.4. Identificación de alternativas de solución al problema y selección de la alternativa óptima

Para la preparación y evaluación de proyectos de inversión pública, a partir de los medios que están más abajo en las raíces del árbol de problemas, se proponen acciones probables que puedan en términos operativos conseguir el medio (Ortegón et al., 2005).

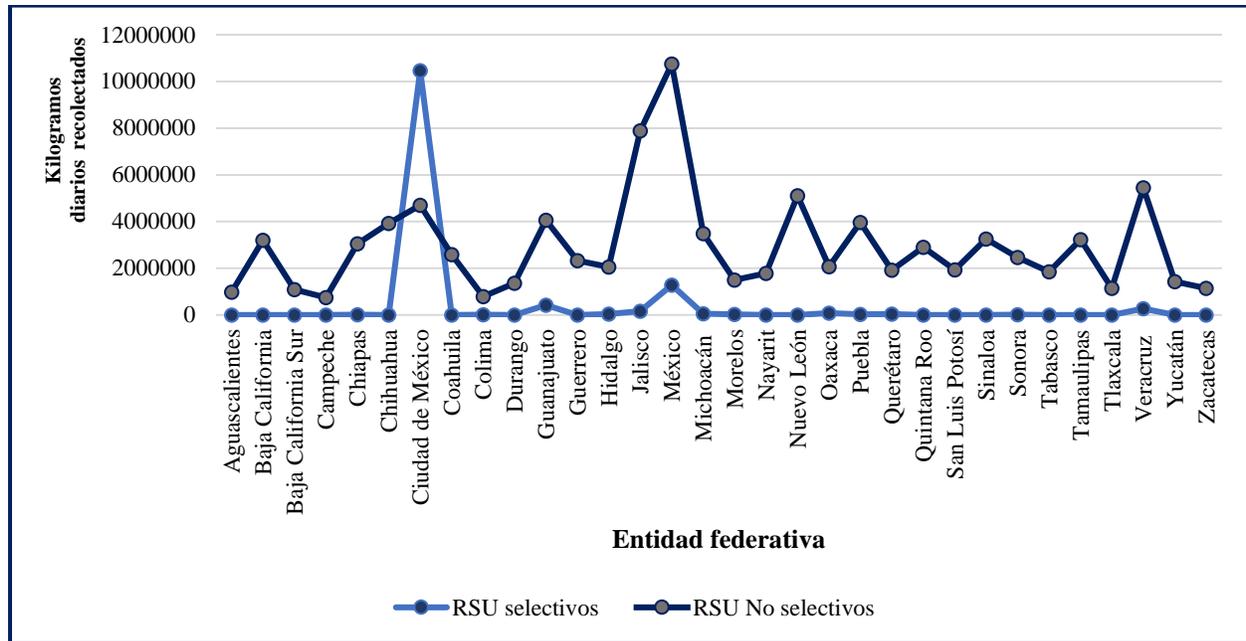
El supuesto es que si se consiguen los medios más bajos se soluciona el problema, que es lo mismo que decir que si eliminamos las causas más profundas estaremos eliminando el problema; en este tenor, a continuación, se muestra a manera de gráfica los datos, que permiten visualizar de una manera más clara el problema descrito, con la finalidad de optar por el medio más viable.

En la gráfica 21 se muestra la cantidad de kilogramos diarios recolectados de RSU selectivos y no selectivos por entidad federativa en el año 2019, en el cual se puede analizar un comportamiento muy similar en la cantidad de residuos sólidos selectivos en todas las entidades, siendo la ciudad de México la única que sobresale en el tema, este comportamiento es alarmante, porque indica que hay un grave problema en la separación de residuos sólidos desde el origen, es decir que todo aquello que quizá pudo ser reutilizado, reciclado, o reparado, terminó mezclándose con otros residuos, dificultado su clasificación y reutilización.

Como ya se comentó a lo largo de la investigación, esto por sí solo representa un problema, ya que al no aprovechar nada de lo que pudiera tener un segundo uso, se requiere de una gran cantidad de recursos materiales, naturales, monetarios y humanos para producir nuevos artículos que satisfagan las necesidades humanas.

Gráfica 21

Kilogramos de RSU selectivos y no selectivos recolectados por día en las entidades federativas de México en 2019

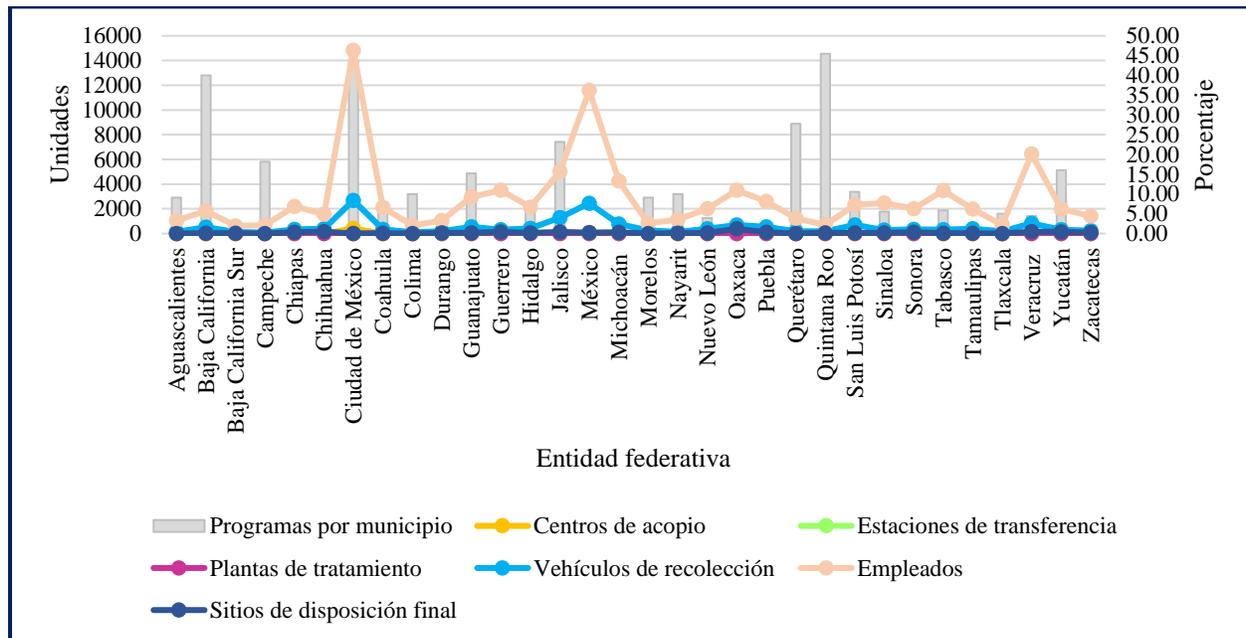


Nota. Elaboración propia con base en INEGI (2019).

Adicionalmente, el problema se vuelve más complejo si a esto se le suma que no se cuenta con los recursos de infraestructura, de regulación y de capital humano que permita, gestionar de una manera adecuada el problema de la alta generación de residuos sólidos urbanos. Los datos que describen el problema se encuentran en la gráfica 22 la cual muestra de manera combinada los indicadores analizados en el modelo tres para el año 2019; en unidades se encuentran los siguientes; plantas de tratamiento, centros de acopio, estaciones de transferencia, vehículos, empleados y sitios de disposición final, mientras que en forma de barra se encuentra el porcentaje de municipios por entidad federativa que cuentan con algún tipo de programa en materia de prevención.

Gráfica 22

Inputs utilizados en la prevención y gestión de RSU en las entidades federativas en el 2019



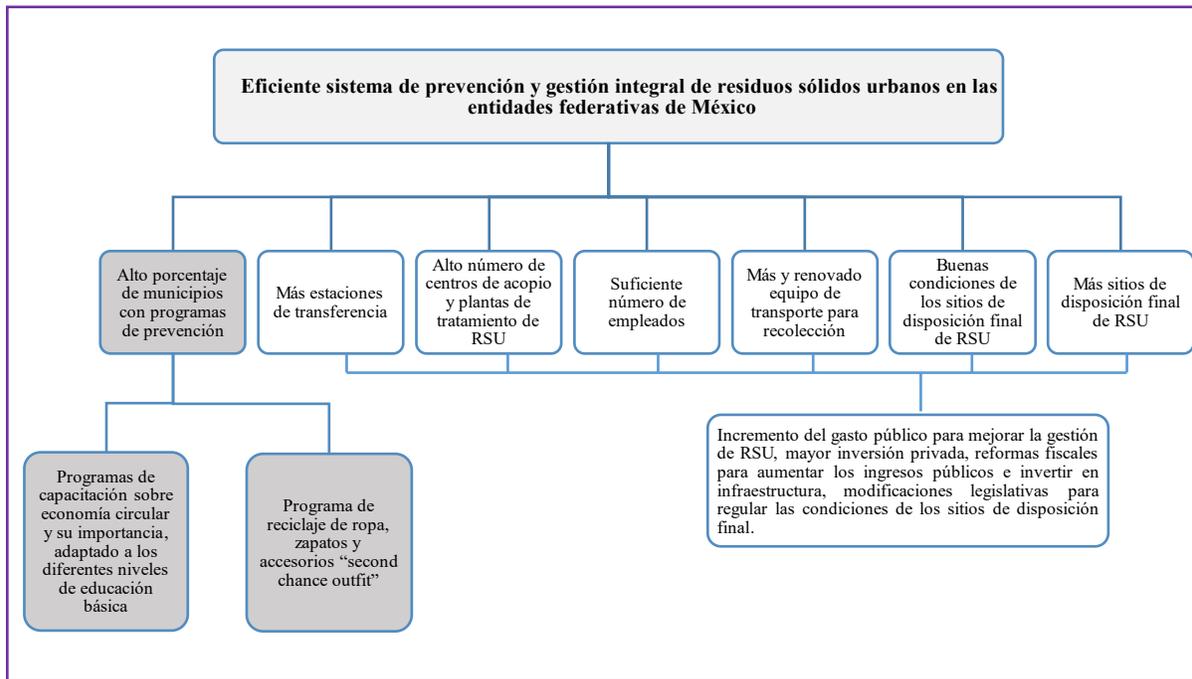
Nota. Elaboración propia con base en INEGI (2019).

En el gráfico se puede analizar que la mayoría de las entidades federativas tienen recursos limitados para la gestión de los residuos sólidos y que la mayoría de los municipios del país no cuentan con algún tipo de programa en materia de prevención.

Como se puede observar en las gráficas 21 y 22 el problema de la eficiencia del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos, es muy complejo, e involucra demasiados actores e intereses lo que dificulta una atención y solución completa del problema, en este tenor, se opta por establecer alternativas y seleccionar el medio más factible que contribuya a mejorar la eficiencia del sistema.

Figura 16

Identificación de alternativas



Nota. Elaboración propia con base en la MML.

La elección de la alternativa óptima consiste en determinar a través del análisis de las diferentes alternativas existentes, cuál de estas se aplicará para alcanzar los objetivos deseados. Durante el análisis de alternativas o estrategias conviene determinar los objetivos dentro de la intervención y los objetivos que quedarán fuera de la intervención (Ortegón et al., 2005); en este tenor, para esta propuesta se considera que todos los medios descritos son importantes para lograr el objetivo, sin embargo, se deben considerar las acciones más viables en términos económicos, técnicos, legales, ambientales, por lo que con base en los resultados presentados con anterioridad, en donde se pudo observar que la separación de residuos, aumenta la eficiencia del sistema, se determina llevar a cabo las estrategia, que mejore el conocimiento de las alternativas y procedimientos de separación, y su importancia con el medio ambiente, con la salud y con la economía, por lo tanto se opta por las alternativas de programas de capacitación sobre economía circular y su importancia, el cual se

adaptará a cada uno de los diferentes niveles de educación básica, de igual forma se selecciona la alternativa del programa de reciclaje de ropa, zapatos y accesorios “second chance outfit”.

Por otro lado, se reconoce la importancia que tienen las otras acciones propuestas, para mejorar la eficiencia del sistema y disminuir los efectos negativos provocados al medio ambiente a causa de una mala gestión, sin embargo, para incrementar y mejorar la infraestructura necesaria para una buena gestión de RSU es necesario un proceso de solicitud y aprobación de aumento del presupuesto federal, estatal y municipal, así como, la búsqueda de inversión privada, de la formulación y aprobación de una reforma fiscal, que permita incentivar la separación de RSU, y a su vez, legalice una tasa impositiva a quienes no lo hagan, en este sentido se considera más viable enforzar la propuesta en los dos componente anteriores.

7.2. Matriz de Marco Lógico

La Matriz de Marco Lógico presenta en forma resumida los aspectos más importantes del proyecto, incluye cuatro columnas que suministran la siguiente información:

- Un resumen narrativo de los objetivos y las actividades.
- Indicadores (Resultados específicos a alcanzar).
- Medios de Verificación.
- Supuestos (factores externos que implican riesgos).

La matriz del marco lógico con las alternativas seleccionadas, así como los componentes y actividades propuestas, se puede observar en la tabla 35.

Tabla 35

Matriz de Marco Lógico

C		Objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
A	N°				
<i>Fin</i>		Disminución de la contaminación y degradación ambiental por RSU.	% de disminución del índice de degradación ambiental por RSU, respecto del año de inicio de las capacitaciones.	Índice de degradación ambiental por residuos sólidos.	Que se alcance el propósito de manera eficiente y eficaz de acuerdo a lo planeado.
	<i>Propósito</i>	Eficiencia en la separación de RSU en las entidades federativas de México	% de aumento de la recolección selectiva de RSU por entidad federativa respecto el año de la implementación.	Resultados de los censos realizados en materia de RSU.	Que existan las condiciones técnicas, y presupuestarias para que las actividades se logren de acuerdo a lo establecido.
<i>Componentes</i>	1	Programas de capacitación sobre la economía circular y su importancia en los diferentes niveles de educación básica.	% de escuelas por nivel educativo que implementan cursos y talleres.	Información obtenida de instituciones educativas.	Que exista la respuesta favorable por parte de los involucrados y que se apruebe la impartición del programa por parte de la SEP.
	2	Programa de reciclaje de ropa zapatos y accesorios “second chance outfit”	Kilogramos de ropa, zapatos y accesorios recolectados.	Informe de los organizadores del programa.	Que se apruebe presupuesto para llevar a cabo las actividades y que exista una respuesta favorable por parte de la ciudadanía.
<i>Actividades</i>	CIA1	Presentación de iniciativa a la SEP para modificación de las estrategias y planes educativos en materia ambiental	Número de entidades que modificaron el plan educativo	Número de acuerdos aprobados.	Que la SEP, apruebe la iniciativa, y que los docentes y el personal de apoyo, colaboren en la implementación.
	CIA2	Elaboración de estrategias educativas adaptadas a cada nivel educativo para implementar la capacitación.	Número de infografías, presentaciones, planeaciones, talleres, etc., destinadas a la capacitación.	Informes presentados por los encargados del problema.	Que se cuente con el recurso para diseñar, e implementar las estrategias y que estas estén diseñadas de manera adecuada.
	CIA3	Realización de capacitaciones y talleres.	Número de capacitaciones y talleres realizados y número de asistentes.	Informes presentados por los organizadores y listas de asistencia.	Que se cuente con los recursos necesarios para realizar el taller.

C		Objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
A	Nº				
Actividades	C2A1	Diseño de una ruta de recolección diferenciada en la cual se asigne un día para la recolección de ropa, zapatos y accesorios de moda.	Porcentaje de municipios por entidad federativa con plan de recolección diferenciado.	Modificación de la ruta de servicio e informe del ayuntamiento.	Que el cabildo apruebe el programa y las modificaciones a la ruta de recolección, además de contar con los recursos para el programa.
	C2A2	Recolección y clasificación de los elementos recolectados.	Kg de residuos recolectados.	Informe del encargado del programa.	Que existe una respuesta favorable por parte de los ciudadanos y que se cuenta con el personal y el espacio para almacenar lo recolectado.
	C2A3	Venta de los artículos recolectados.	Monto de los ingresos recolectados	Informe del encargado y depósito bancario.	Que la ciudadanía compre artículos y que exista buena disposición por parte de los encargados para realizar las actividades.
	C2A4	Donación de artículos no vendidos a orfanatos, asilos, o personas que lo requieran o en su caso a tiendas departamentales con programas de recepción.	Número de personas beneficiadas. Kg de ropa entregados a tiendas departamentales.	Lista de beneficiarios. Acuse de recepción.	Que existan los recursos para realizar la actividad.

Nota. Elaboración propia con base en MML.

7.3. Resumen ejecutivo

Como resultado del diagnóstico realizado y utilizando la metodología de Marco Lógico, se identificó como problema principal la ineficiencia del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos en las entidades federativas de México, lo cual deriva en efectos negativos como la disminución del valor de los materiales recuperados, el incremento de vectores de contaminación ambiental y de salud, el aumento de los residuos dispuestos a sitios disposición final, lo que a su vez conduce a un aumento en la contaminación y degradación ambiental por

residuos sólidos, desencadenando varios problemas ambientales, de salud, y económicos, relacionados con la falta de prevención y la mala gestión de residuos.

Esta propuesta se presenta como una estrategia para fortalecer la etapa de prevención de residuos, aprovechando con ello el elemento humano, así como, la inquietud y preocupación por parte de los ciudadanos por mejorar el medio ambiente, a través de la implementación de capacitaciones y talleres en las escuelas de nivel básico, así como, el desarrollo e implementación del programa “second chance outfit” el cual busca dar una segunda oportunidad a la ropa, que ya se pensaba desechar.

Antecedentes

Las problemáticas ambientales derivadas del inadecuado manejo de residuos, así como, de las prácticas no sustentables relacionadas al tema, requieren de la atención y coordinación de los diferentes niveles de gobierno, de tal forma que se logre fomentar con ello una adopción de hábitos de consumo y prácticas de separación y reutilización sostenibles.

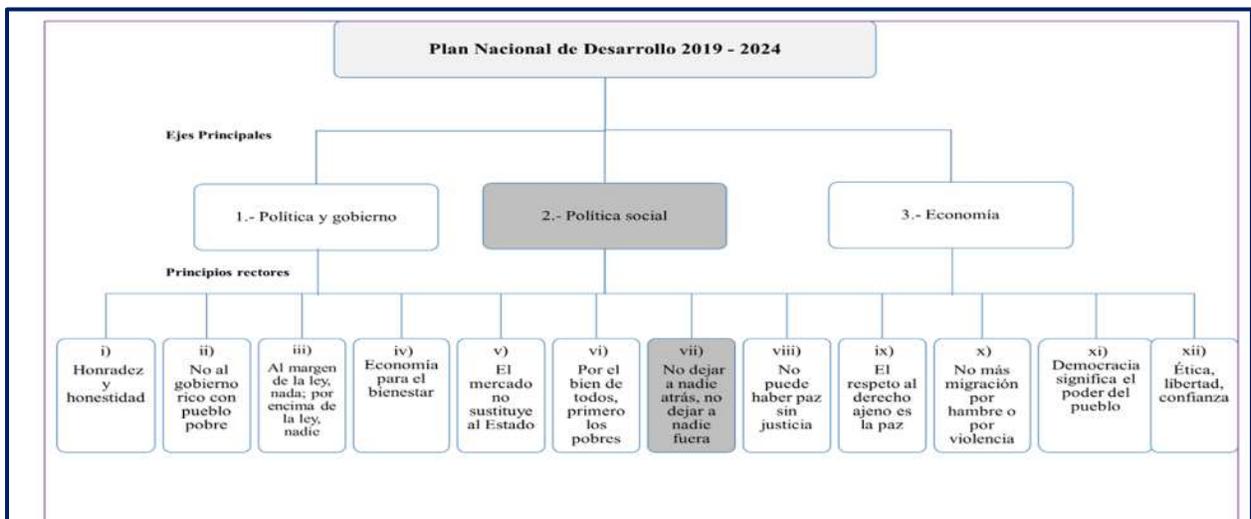
En México los costos de la degradación ambiental por residuos sólidos han ido en aumento en los últimos años (del 2003 al 2020), estos costos han aumentado en un 215.44% (INEGI, 2021), por otro lado, el Módulo de Hogares y Medio Ambiente, en el 2017, expuso que el 56% de los hogares no separan la basura, de estos el 58% no lo hace porque la revuelven cuando la recoge, al 16% no le interesa o consideran que es demasiado esfuerzo hacerlo, entre otras de las causas se encuentran, que no tienen espacio, o no hay centros de acopio cerca o simplemente no saben cómo hacerlo (INEGI; 2017), en este sentido, se puede deducir que los gobiernos están siendo poco eficientes al

momento de implementar políticas de prevención de residuos, toda vez, que la población no tienen la información, ni la infraestructura para llevar a cabo una buena gestión de sus residuos.

La MML ayuda a conectar la eficiencia y efectividad de los programas con los objetivos de los planes estratégicos nacionales. Por lo tanto, cualquier estrategia, acción o programa de política pública debe estar vinculado y alineado con el Plan Nacional de Desarrollo (PND).

En este tenor, la propuesta de política pública está alineada y vinculada con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024, el cual fue aprobado por decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 2019, y en donde se establece tres ejes generales y 12 principios rectores, bajo los cuales se precisan y rigen los objetivos nacionales, las estrategias y las prioridades del desarrollo integral, equitativo, incluyente, sustentable y sostenible del país. En la figura 17 se encuentra sombreado el eje dos de política social, así como, el principio rector número vii) ya que son estos el fundamento de la política en materia de residuos sólidos urbanos en México.

Figura 17
Ejes principales y principios rectores del PND 2019 - 2024



Nota. Elaboración propia con base en PND (2019).

En el eje general dos, se establece la estrategia de desarrollo sostenible, la cual argumenta que se deben de considerar los efectos que las políticas públicas tendrán en el entramado social, en la ecología y en los horizontes políticos y económicos del país. Bajo estos criterios se desarrolla el PNPGIR 2022-2024, el cual establece las estrategias y líneas de acción en materia de RSU, y el cual además está diseñado bajo un enfoque integral, sustentable y humanístico, lo cual se alinea al principio rector "No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie afuera".

El PNPGIR 2022-2024 tiene 5 objetivos prioritarios, los cuales a su vez están conformados por diversas estrategias y acciones puntuales para cada una de estas, con las cuales se pretende atender el tema de la prevención y la gestión de residuos sólidos, en la tabla se puede observar la constitución programática del PNPGIR.

Tabla 36

Estructura del PNPGIR 2022-2024

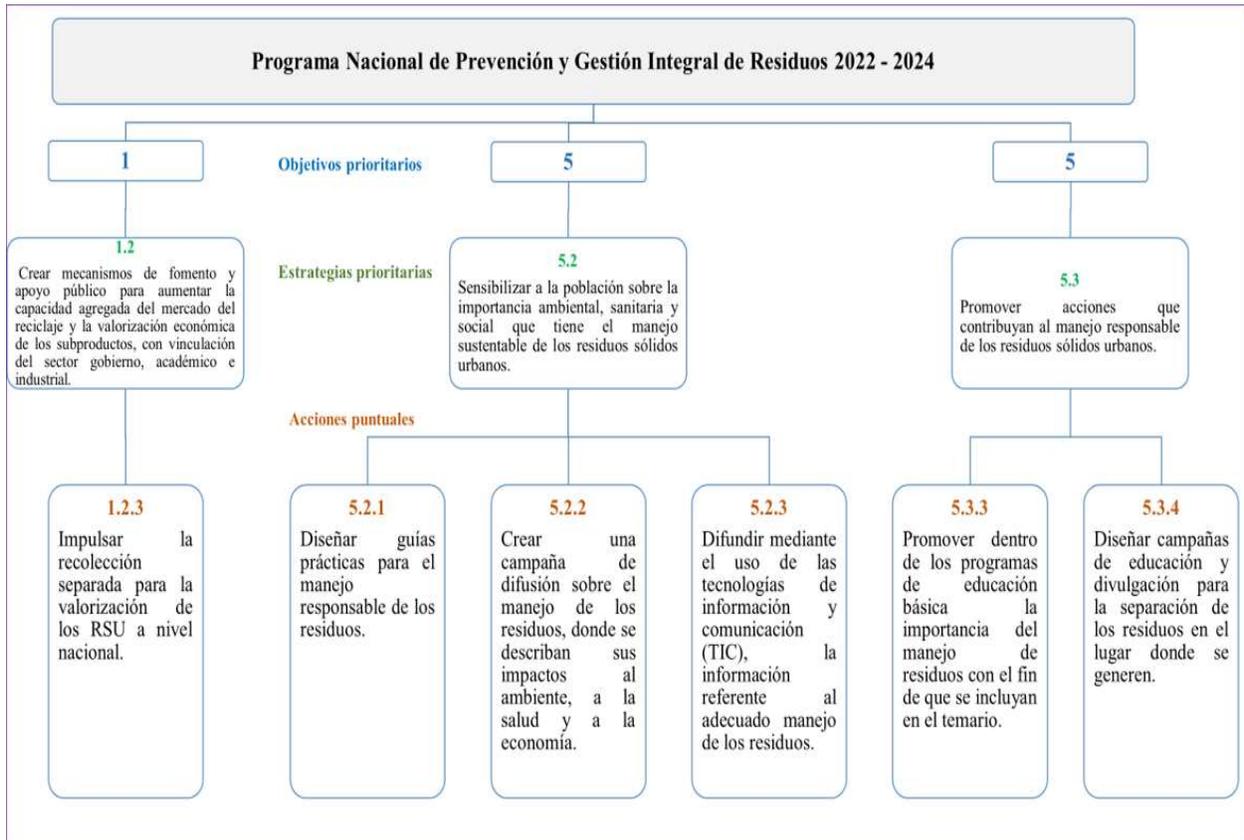
Programa Nacional de Prevención y Gestión Integral de Residuos 2022 – 2024																						
Objetivos prioritarios	1			2			3						4				5					
Estrategias prioritarias	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	4.1	4.2	4.3	4.4	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	
Acciones puntuales	1.1.1	1.2.1	1.3.1	2.1.1	2.2.1	2.3.1	3.1.1	3.2.1	3.3.1	3.4.1	3.5.1	3.6.1	4.1.1	4.2.1	4.3.1	4.4.1	5.1.1	5.2.1	5.3.1	5.4.1	5.5.1	
	1.1.2	1.2.2	1.3.2	2.1.2	2.2.2	2.3.2	3.1.2	3.2.2	3.3.2	3.4.2	3.5.2	3.6.2	4.1.2	4.2.2	4.3.2	4.4.2	5.1.2	5.2.2	5.3.2	5.4.2	5.5.2	
	1.1.3	1.2.3		2.1.3	2.2.3	2.3.3		3.2.3		3.4.3			4.1.3	4.2.3	4.3.3	4.4.3		5.2.3	5.3.3			
		1.2.4		2.2	2.2.4	2.3.4		3.2.4		3.4.4			4.1.4	4.2.4						5.3.4		
							2.3.5															
						2.3.6																

Nota. Elaboración propia con base en el PNPGIR (2022).

En amarillo se muestran las acciones puntuales que sustentan el desarrollo de los programas propuestos, situación que se describe de mejor manera en la figura 37.

Tabla 37

Objetivos, estrategias y acciones del PNPGIR 2022-2024



Nota. Elaboración propia con base en el PNPGIR (2022).

Como se pudo observar en las figuras anteriores, los programas propuestos tienen una buena fundamentación normativa, misma que se puede analizar de mejor manera en la figura 18

Figura 18

Fundamento normativo de los programas propuestos



Nota. Elaboración Propia con base en la literatura revisada.

Análisis del problema

Las entidades federativas de México, tienen un sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos deficiente, y una de las causas importantes es el bajo porcentaje de municipios que cuentan con programas de prevención, capacitación y concientización sobre la importancia de aplicar una economía circular al momento de gestionar los residuos, lo anterior desencadenan un desconocimiento de las alternativas y procedimientos de separación de residuos sólidos urbanos.

Análisis de soluciones

Con base en el análisis realizado, se proponen la implementación de dos programas en materia de prevención, de tal forma que con ellos se pueda incrementar el conocimiento de alternativas y procedimiento de separación de RSU y, por consiguiente, se aumente la cantidad de residuos selectivos (good output) y disminuya la cantidad de residuos no selectivos (bad output) contribuyendo con ello, a que mejore la eficiencia del sistema.

Análisis de factibilidad

Factibilidad presupuestaria: Los costos en la aplicación de la alternativa propuesta son relativamente bajos, quizá signifique un aumento inicial no mayor al 5% de lo ya presupuestado, ya que la mayoría de las acciones proponen desarrollar un enfoque más estratégico en cuanto a la prevención, y de tener éxito, esto reducirá costos en la gestión, ya que se recolectará una menor cantidad de residuos, y por consiguiente el costo de recolección, traslado, tratamiento y disposición será menor, adicionalmente, la implementación de programas en los diferentes niveles de educación básica se considera, que sean impartidos por personal de apoyo, dentro de algunas de las actividades ya establecidas, utilizando al propio personal docente para la implementación.

Factibilidad legal: Todo lo establecido en las diversas actividades de la propuesta de política pública se encuentran dentro del marco normativo vigente, y dentro de las funciones de gestión de los actores políticos responsables.

Factibilidad política: La alternativa es factible, debido a que al mejorar la eficiencia en la separación de residuos sólidos en las entidades, se mejorará la gestión de los residuos, disminuyendo costos en las etapas siguientes, lo que favorecerá la situación económica de los

gobiernos municipales y estatales, logrando con ello utilizar recursos en infraestructura para brindar un mejor servicio, aumentando así, la eficiencia de todo el sistema y mejorando con ello la percepción que la sociedad tiene del gobierno, lo que se traduce en un aumento de la clientela política.

Propuesta

Teniendo como referencia el plan nacional para la prevención y gestión integral de residuos, el cual jerarquiza la prevención de los residuos y con base en el análisis presentado, se propone la creación de dos programas que coadyuve a incrementar la eficiencia en la separación de residuos sólidos urbanos:

- 1.) Programas de capacitación sobre la economía circular y su importancia, adaptado para los diferentes niveles de educación básica.
- 2.) Programa de reciclaje de ropa zapatos y accesorios “second chance outfit”.

De igual forma, se recomienda el trabajo y coordinación intersectorial para establecer las responsabilidades de cada institución pública participante, utilizando la guía que ofrece la matriz de marco lógico con los respectivos indicadores de evaluación presentados en este documento. Es también fundamental considerar a los actores involucrados a fin de posicionar el tema en la agenda pública, ganar apoyo de todos los integrantes del cabildo, y comunicar eficazmente a la población el objetivo de la política pública. Adicionalmente se anexan al documento las infografías sobre el desarrollo del programa, mismas que pueden servir de base para dar a conocer la propuesta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación se realizó con la finalidad de conocer cuál era el nivel de eficiencia y las variaciones de productividad del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos en las entidades federativas de México en el periodo 2011-2021, lo anterior con el objetivo de hacer algunas recomendaciones de política pública en la materia, de tal forma que con ello la eficiencia del sistema pueda mejorar.

Una vez analizados los resultados de esta investigación se comprueba la hipótesis uno que afirma que la mayoría de entidades federativas de México se encuentran por debajo del promedio de eficiencia y no presentan variaciones positivas en su productividad en la utilización de mano de obra y transporte para la recolección de residuos sólidos urbanos en los años 2017, 2019 y 2021, ya que efectivamente el 90.62% de las entidades son ineficientes, y solo el 34.38% aumentó su productividad, por lo tanto la mayoría tuvo una disminución.

La segunda hipótesis que afirma que las entidades federativas de México fueron en su mayoría ineficientes, y no tuvieron variaciones positivas en el índice de productividad en la utilización de mano de obra y centros de acopio, para la recolección de residuos sólidos urbanos en el periodo 2011- 2021 se acepta de manera parcial, ya que si bien, el porcentaje de entidades ineficientes fue de 96.87% estas si mostraron una variación positiva en el índice de productividad, el cual analizado de manera separada entre sus elementos indica que esta mejoría, está definida por la mejora en el cambio tecnológico en donde el 100% de las entidades mejoraron.

De acuerdo con los resultados obtenidos del tercer modelo propuesto, se acepta la hipótesis que afirma que la mayoría de entidades federativas de México fueron ineficientes y no presentaron

mejoras en su productividad en la utilización de programas, centros de acopio, estaciones de transferencia, plantas de tratamiento, vehículos, mano de obra y sitios de disposición final, para la recolección de residuos sólidos urbanos en los años 2017 y 2019, ya que los resultados indican que el 68.75% de las entidades fueron ineficientes siendo estas la mayoría, de igual forma, el 50% de las entidades disminuyeron su productividad, el 18.75% se mantuvo igual y solo el 31.25% presentó una mejora.

De manera general se puede concluir que independientemente del modelo desarrollado, existe ineficiencia en la utilización de los recursos en la mayoría de las entidades y esto conduce a que aun cuando existan mejoras en el cambio tecnológico, mientras no se optimicen la aplicación de los recursos disponibles, no se logrará tener una mejoría significativa en el índice de productividad.

La generación excesiva de residuos aunada a una inadecuada gestión de los mismos, conducen a una inevitable degradación del medio ambiente y a una serie de efectos negativos en otros ámbitos, razón por la cual se hace necesario que los gobiernos, las empresas y los ciudadanos, presten atención en mejorar la eficiencia en la prevención y gestión integral de los residuos, toda vez que, al contar con recursos limitados se debe de cuidar la forma en cómo estos son empleados y buscar que estos sean optimizados.

La constante preocupación por el medio ambiente ha desencadenado una enorme evolución en materia ambiental en las últimas décadas, sin embargo, aun cuando la federación cuenta con planes de prevención y gestión de residuos, son pocas las entidades federativas y municipios que cuentan con un diagnóstico o un plan integral para la gestión de los residuos, por lo que se recomienda trabajar en la reglamentación y diagnósticos a nivel municipal y estatal en materia de prevención

y gestión de residuos, de tal forma que se pueda contar con políticas ambientales que permitan alcanzar el uso eficiente de los recursos, y la reducción de los daños ambientales.

Existe una cantidad muy limitada de indicadores en materia de residuos sólidos a nivel municipal y estatal lo cual limita el análisis de todo el proceso de prevención y gestión, y por consiguiente no se puede medir la eficiencia ni la productividad de manera conjunta, ni oportuna, de tal forma que las decisiones que se toman en la materia son poco eficientes y desinformadas, en este sentido, se recomienda la creación de un sistema de medición anual a nivel municipal, con el cual se pueda tener información confiable y oportuna del tema.

Las características naturales de cada entidad federativa son diversas, lo que puede determinar ciertas ventajas o desventajas al momento de hacer comparaciones de eficiencia, sin embargo, de manera general se observa que la mayoría de las entidades federativas no selecciona sus residuos, por lo que se puede deducir que los gobiernos no son estrictos al establecer mecanismos de recolección, lo cual se convierte en una barrera para el aprovechamiento futuro de los residuos, lo que conduce a una utilización mayor de insumos durante la gestión de los mismos.

La recogida selectiva en origen, refleja una mejoría de la eficiencia y de la productividad en aquellas entidades que la realizan, lo cual conduce a una reducción de los residuos generados, y de una disminución de insumos a utilizar en el proceso de gestión ya que la cantidad que llegue a los sitios de disposición final será menor, por lo tanto, se recomienda apostar por la valorización de la mayor parte posible de los residuos generados mediante su reutilización y/o su reciclaje, ya que como se comentó anteriormente, por muy buena gestión que se tenga de los residuos, la mejor basura será la que no se genera, y esto puede alcanzarse si se implementan los programas

propuestos, y si los ciudadanos logran concientizar sobre la importancia de una eficiente prevención y gestión de los residuos.

Actualmente la preocupación por el medio ambiente ha surgido como tema de moda, lo que conduce a que cada vez sean más los consumidores que opten por una alternativa sustentable al momento de adquirir un bien o servicio, en este sentido, se recomienda convertir la preocupación sobre el medio ambiente en un factor de competitividad estratégico, y que esta sea tomada en consideración para crear alternativas más sustentables al elaborar, envasar, y comercializar productos, de tal forma que todos obtengan un mayor beneficio.

Uno de los elementos indispensables y de gran impacto en el proceso de prevención y gestión de los residuos es el ser humano, toda vez que este es quien genera los residuos y por lo tanto, quien puede disminuirlos y darle un mejor uso, en este sentido, la participación social en el proceso de diseño, implementación y evaluación de cualquier programa o estrategia de prevención y gestión de residuos debe estar sustentada por la participación social, ya que es la sociedad, quien conoce mejor el problema y quien comprende cuáles son sus límites y fortalezas para darle solución o minimizarlo, en este tenor, se recomienda elaborar estrategias participativas, adecuadas a cada uno de los espacios en donde se van aplicar, considerando los elementos naturales, sociales, económicos y políticos de cada una de las regiones, de tal forma que, los reglamentos, acuerdos o estrategias elaborados puedan ser aplicadas y no solo se queden en papel como una gran estrategia de gestión inaplicable.

El tema de la basura es un tema del que pocos quieren hablar, pero en el que todos tienen una participación, por ello, es importante dignificar el tema, y crear conciencia social de lo que la

prevención y gestión de los residuos involucra, en este sentido, los programas propuestos, están orientados para que desde el hogar y la escuela, que son las dos células sociales base, los ciudadanos puedan conocer elementos básicos de la selección de residuos, de los materiales que se pueden reciclar o reutilizar y de cómo es la mejor forma de hacerlo.

Los pocos recursos con los que cuentan las entidades federativas, limitan las posibilidades de ofrecer infraestructuras adecuadas para la prevención y gestión de los residuos, en este sentido se recomienda crear un sistema tarifario municipal de recolección, mismo que sirva para invertir en infraestructura de recolección, de tratamiento y de disposición final.

Adicional se recomienda la evaluación de las políticas públicas de medio ambiente enfocadas en la gestión de los residuos, ya que esta es una fase fundamental si se quiere aumentar la eficiencia del sistema de prevención y gestión, porque es donde se verifican las metas y los objetivos propuestos, además que permite la retroalimentación de cada una de sus fases, por lo tanto, se recomienda a las autoridades responsables, que realicen evaluaciones periódicas para corroborar que los recursos asignados se apliquen adecuadamente y si no es así, corregir los desvíos que permitan alcanzar los objetivos propuestos.

La eficiencia es un concepto relativo y su medición puede variar en función de las variables que se tomen como referencia, o de las unidades que se estén analizando, aunado a esto, existe una diversa serie de indicadores y herramientas metodológicas para medirla, lo que conlleva a una cierta arbitrariedad ya que no existe un planteamiento científico para su definición ni una lista exhaustiva de indicadores universales unánimemente aceptados.

En este tenor, si bien se han alcanzado los objetivos previstos, la investigación no está carente de limitaciones, las cuales pueden ser abordadas en futuras líneas de investigación. Para futuras investigaciones relacionadas con el tema se recomienda incluir variables monetarias y conductuales en los modelos, de igual forma, se recomienda realizar un estudio cuali-cuantitativo con el objetivo de medir como influyen los aspectos cualitativos en la eficiencia de la prevención y gestión de los residuos sólidos.

REFERENCIAS

- Abbott, M. (2006) The productivity and efficiency of the Australian electricity supply industry. *Energy Econ.* 2006, 28, 444–454.
- Agrell, P. J., Bogetoft, P., y Tind, J. (2005). DEA and dynamic yardstick competition in scandinavian electricity distribution. *Journal of Productivity Analysis*, 23(2), 173-201.
- Aguilar, L. F (1996). El estudio de las políticas públicas. Estudio introductorio, México, Miguel Ángel Porrúa.
- Aguilar, L. F. (2000) La hechura de las políticas. Colección Antologías de Política Pública, Vol. II. México, DF: Porrúa
- Alba, Ramis, I. (2015). Los paisajes del desecho. Reactivación de los lugares del deterioro. (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. España
- Ali, M., Yadav, A., Anis, M. y Sharma, P. (2015). Multiple criteria decision analysis using DEA TOPSIS method for hazardous waste management: a case study of the USA. *International Journal of Managing Information Technology (IJMIT)*, Vol.7, No.3. 1-17.
- Allen, A. (2001). Containment landfills: the myth of sustainability. *Engineering Geology*. 60: 3-19.
- Alvarez, X.C., Caride, M.J., González, J M. (2005). Evaluación económica del servicio de recogida de basuras en los municipios gallegos. *Revista de Estudios Regionales*, (72),85-112. [fecha de Consulta 29 de junio de 2021]. ISSN: 0213-7585. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75507203>
- Azadeh, A.; Ghaderi, S.F.; Omrani, H.; Eivazy, H. (2009) An integrated DEA–COLS–SFA algorithm for optimization and policy making of electricity distribution units. *Energ. Policy* 2009, 37, 2605–2618.

- Banco mundial (2018). Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos
- Banker, R., Charnes, A. y Cooper, W., (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. 30(9), pp. 1078-1092.
- Banker, R., Charnes, A., y Cooper, W. (1984). "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*. 30(9), 1078-1093.
- Banker, R.D. y Morey, R.C. (1994). Estimating production function frontier shifts: an application to technology assessment, Working Paper, University of Minnesota.
- Beltrán, A. (2017). Metodología para la evaluación de políticas para la mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina. CEPAL. Guatemala.
- Benyus, J. M. (2001). Along Came a Spider. *Sierra*, 86(4), 46-47
- Berlín, F. (1997). Diccionario Universal de Términos Parlamentarios. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, LVII Legislatura. Editorial Miguel Ángel Porrúa: México
- Bertalanffy, L. (1978). Teoría general de sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. México: Fondo de cultura económica.
- Bosch, N., Pedraja, F. y Suárez, J. (1998). La Medición de la eficiencia en la prestación de los servicios públicos locales: el caso del servicio de recogida de basuras, Fundación BBV.
- Bosch, N., Pedraja, F., Suárez, J. (2001). The Efficiency of Refuse Collection Services in Spanish Municipalities: Do Non-Controllable Variables Matter, Institut D'Economia de Barcelona.
- Braungart, M., y W. McDonough (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press
- Brown, L. (2004). *Salvar el planeta. Plan B: Ecología para un mundo en peligro*. Barcelona: Paidós.

- Buenrostro, O., y Bocco, G. (2003). Solid waste management in municipalities in Mexico: Goals and perspectives. *Resources, Conservation and Recycling*. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(03\)00031-4](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(03)00031-4)
- Calvo R. y Muñoz J. (1998). Situación del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe. *Revista Técnica Residuos* No. 43. Bilbao, España.
- Cárdenas, L. (1993) Validity of town planning instruments to achieve sustainability. The case of local development plans in Santiago de Chile. DPU, University of London, London.
- CARE Internacional-Avina (2012). Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades.
- Castán B. V, Guibrune, L. y Sanzana C. M. (2016). Flows, system boundaries and the politics of urban metabolism: waste management in Mexico City and Santiago de Chile. *Geoforum*, 85. [10.1016/j.geoforum.2016.10.011](https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2016.10.011)
- Cavallin, A., Vigier, H. y Frutos, M. (2015). Logística inversa y ruteo en el sector de recolección informal de residuos sólidos urbanos. En: *Avances en Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos 2014-15*. Editado por N. M. Mazzeo and A. M. M. Muzlera Klappenbach Instituto Nacional de Tecnología Industrial, pp. 37-49.
- Caves, D., Christensen, L. Diewert, W.E. (1982), “The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity”, *Econometrica*, 50:6, 1393-1414.
- Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1978). “Measuring Efficiency of Decision Making Units”. *European Journal of Operational Research*. No 2.
- Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1981). “Evaluating program and managerial efficiency: An application of data envelopment analysis to program follow through”. *Management Science*. 27
- Charnes, A., Cooper, W., y Rhodes. (1978). “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.

- Chen, Chung-Chiang. (2010). A performance evaluation of MSW management practice in Taiwan. *Resources, Conservation and Recycling*, 54. 1353-1361. 10.1016/j.resconrec.2010.05.003.
- Chen, P.C., Cheng, C., Miin, M. y Hsun, S. (2012). Performance measurement for incineration plants using multi-activity network data envelopment analysis: The case of Taiwan. *Journal of Environmental Management*.
- Cherchye, L. y Post, T. (2001). *Methodological Advances in Dea*. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=370909>
- Cheyne I y Purdue M (1995) Fitting definition to purpose: The search for a satisfactory definition of waste. *Journal of Environmental Law* 7(2):149-168.
- Coll S. y Blasco, O. (2006). “Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos”. Universidad de Valencia. <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006c/197/index.htm>.
- Cooper, W., Seiford, W., L., y Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. New York: Springer Science Business Media, LLC.
- Cortinas, C (2004). Legislación Mexicana sobre Planes de Manejo de Residuos y de Productos de Consumo que al Desecharse se Convierten en Residuos. Ponencia en el Taller de Trabajo Orientado a la Formulación de una Propuesta a Nivel Técnico de “Política Centroamericana sobre Residuos y Desechos Sólidos y de una Propuesta Regional Sobre Depósitos y Retornos”.
- Cortinas, C. (2001) *Hacia un México sin basura. Bases e implicaciones de las legislaciones sobre residuos*, México, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión
- Cortinas, C. (2015). El estado actual de los residuos y el reciclaje en México. En *Foro para el Manejo Sustentable de los Residuos y de los Materiales Reciclables en México*. Ciudad de México.

- Cortinas, C. (2018). Prevención y Gestión Integral de Residuos en el Valle de México. En Mesa de Asuntos Ambientales y Cambio Climático en la Zona Metropolitana del Valle de México, Consulta Pública sobre la Legislación Metropolitana. Palacio Legislativo.
- Cubbin, J., Domberger, R., y Adowcrof, T (1986) "Competitiv e tendering and refuse collection: identifying the sources of efficiency gains", en Fiscal Studies, vol. 7, n.0 4, pp. 49-58.
- De la Garza, B.N.; Morales, B.A. y González C. (2013) Análisis Estadístico Multivariante: un enfoque teórico práctico. McGrawHill: México.
- Delfín, O. y Navarro, J.C.L. (2014). La eficiencia de los puertos en México. Primera edición. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México.
- Delgado P., F. (1993). *Régimen jurídico del derecho constitucional al medio ambiente*. Cuaderno Universitario de la Universidad Complutense, p. 62.
- Diario Oficial de la Federación (2004). Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. 20 de octubre.
- Diario Oficial de la Federación (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. México. 12 de julio.
- Diario Oficial de la Federación (2020). Programa Sectorial de Educación 2020-2024. México. 6 de julio.
- Diario Oficial de la Federación (2022). Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2022-2024. México. 5 de diciembre.
- Díaz, J., Martínez, E., y Jara, S. (2008). Parametric estimation of inefficiency in cargo handling in Spanish ports. *Journal of Productivity Analysis*, 30(3), pp. 223-232.

- Díaz, R. y Escárcega, S. (2009). Desarrollo sustentable—oportunidad para la vida. Editorial McGrawHill. Ciudad de México.
- Dye, T. R. (1975) Understanding Public Policies. Englewood Cliffs. Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Ellen Macarthur Foundation. (Mayo de 2021). Ellen Macarthur Foundation. Obtenido de Ellen Macarthur Foundation: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/fundacionellen-macarthur/la-fundacion>
- Espejo, J.M e Hidalgo, M.A. (2011). Un indicador de competitividad para las provincias españolas. Revista de Estudios Regionales.92.2011.
- European Environmental Agency (1999) Making sustainability accountable: Eco-efficiency, resource productivity and innovation. Topic report No 11/1999.
- Färe, R., Grosskopf, S. and Lovell, C.A.K. (1985), The Measurement of Efficiency of Production. Kluwer- Nijhoff Publishing, Boston.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. and Roos, P. (1992), “Productivity changes in Swedish pharmacies 1980 -1989: A nonparametric approach”. Journal of Productivity Analysis, 3, 85-101.
- Färe, R., Grosskopf, S., y Lovell, C. (1994). Production Frontiers. Nueva York: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2626-0_1
- Farrell, M. J. (1957), “The measurement of productive efficiency”, Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General), Vol. 120, No. 3.
- Farrell, M., (1957), The Measurement of Productive Efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. Serie A,120, Part III, 253-267.
- Fernández, A (1996). Las políticas públicas. En: Badia, Miguel Caminal. Manual de Ciencia Política. Madrid, Editorial Tecnos.

- Fernández, A. y Sánchez, M. (2007). Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. En http://www.unido.org/fileadmin/import/72852_Gua_Gestin_Integral_de_RSU.pdf.
- Fernández, Y. y Flórez, R. (2000). "Aplicación del modelo DEA en la Gestión Pública. Un análisis de la eficiencia de las capitales de provincias españolas". *Working Paper*
- Fiorentino, E., Karmann, A. y Koetter M. (2006). The cost efficiency of German banks: a comparison of SFA and DEA. Discussion Paper Series 2: Banking and Financial Studies.10,25-65.
- Forsund F.R. y Hjalmarsson L (2004). "Calculating Scale Elasticity in DEA Models." JORS 55(10): 1023-1038.
- Frosch, R. y Gallopoulos, N. (1989). Strategies for manufacturing. Scientific American 261(3):144-152
- Gaiola, A., y Bravo, M. I. (2002) - Evaluación de la eficiencia en los sistemas de residuos sólidos urbanos em Portugal a través del método data envelopment analysis. In XII Jornadas Luso-Espanholas de Gestão Científica, vol. VIII, Covilhã, 10-12 de abril - Economia da empresa em matemática aplicada. actas. Covilhã. ISBN 972-9209-83-9. p. 246-255.
- García, R. (2011) Interdisciplinarietà y sistemas complejos. [En línea] Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales, 1, 1: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4828/pr.4828.pdf
- Goodland R. y Daly H. (1995) Sostenibilidad ambiental universal y el principio de integridad. En: Westra L., Lemons J. (eds.) Perspectives on Ecological Integrity. Biblioteca de Ciencia y Tecnología Ambientales, vol. 5. Springer, Dordrecht.
- Greeno, J.L.; Hedstrom, G.S; Wiley, M. D. (1985) Environmental auditing: Fundamentals and techniques. Center for Environmental Assurance, Arthur D. Little, Inc.
- Guillermo, S. B. y Martínez, M. E. (2010). Índice de competitividad para el municipio de Puebla. Puebla, México: Universidad Autónoma de Puebla.

- Gunter, P. (2010). *Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs*, Paradigm Pubns
- Gutiérrez, J. y Pozo, T., (2006). Modelos teóricos contemporáneos y marcos de fundamentación de la educación ambiental para el desarrollo sostenible. *Revista Iberoamericana de Educación*, 41, 21-68pp.
- Gutiérrez, J., Benayas, J. y Calvo, S. (2006). Educación para el Desarrollo Sostenible. Evaluación de retos y oportunidades del decenio 2005-2014. *Revista Iberoamericana de Educación*. N° 40. España. Pp. 25-69. <https://rieoei.org/historico/documentos/rie40a01.pdf>
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W. (1999). *Análisis Multivariante (5.aed.)*. Madrid: Prentice Hall Iberia.
- Halkos, G. y Petrou, K. (2016). Hacia una economía circular: repensar las prácticas de gestión de residuos. *Revista de pensamiento económico y social*, 3(2), 220-240.
- Halstead, J. y Park, M. (1996): *The Role of Economic Analysis in Local Government Decisions: The Case of Solid Waste Management*. *Agricultural and Resource Economic Review*.
- Hardoy, J., Mitlin, D., et D., Satterthwaite (1992) *Environmental Problems in Third World Cities*. Earthscan Publications. London
- Haro, A. A. y Taddei, B. I.C. (2014). Sustentabilidad y economía: la controversia de la valoración ambiental. *Economía, sociedad y territorio*, 14(46), 743. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212014000300007&lng=es&tlng=es.
- Harris, N. (1992). *Cities in the 1990s. The challenge for developing countries*. UCL Press. London
- Hernández, R. (2014). E.M. Sustentabilidad y calidad de vida urbana. *Revista de Comunicación de la SEECI* 159-169.

- Hidalgo, S. y Núñez, R. (2012). Estimating allocative efficiency in port authorities with demand uncertainty, Munich Persona. RePEc Archive, Paper No. 38136, posted 16. Edición electrónica, ubicado en: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/38136/>
- Hjalmarsson, L., y Veiderpass, A. (1992). Efficiency and ownership in Swedish electricity retail distribution. *Journal of Productivity Analysis*, 3(1-2), 7-23.
- Hunt, D. Y Johnson, C. (1998) *Sistemas de Gestión Ambiental*. Colombia: McGraw-Hill.
- IBAM (2006). Manual de gestión Integrada de residuos sólidos municipales. En: *Ciudades de América Latina y el Caribe*. 1ª. Edición 2006. Brasil. 2006. http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/girs_esp.pdf.
- INE- SEMARNAP (1999). *Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos en México*. México.
- INEGI (2011). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales. SNIEG <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2011/default.html#Tabulados>.
- INEGI (2013). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales. SNIEG <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2013/default.html#Tabulados>.
- INEGI (2015). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales. SNIEG <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2015/default.html#Tabulados>.
- INEGI (2017). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales. SNIEG <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2017/default.html#Tabulados>.
- INEGI (2017). Módulo de Hogares y Medio Ambiente. (MOHOMA) 2017 <https://www.inegi.org.mx/programas/mohoma/2017/>
- INEGI (2019). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales. SNIEG <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2019/default.html#Tabulados>.

- INEGI (2021). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales. SNIEG <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2021/default.html#Tabulados>.
- INEGI (2021). Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2021. Los Costos Totales por Agotamiento y Degradación Ambiental. <https://www.inegi.org.mx/temas/ee/>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (s.f.). La situación histórica de los residuos sólidos en México <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/133/situacion%20en%20mexico.html>
- Janjua, P., Kamal, U. (2014). The Role of Education and Health in Poverty Alleviation a Cross Country Analysis. *British Journal of Economics, Management and Trade*, 4(6), 896-924.
- Jaramillo, Jorge (1999). Gestión integral de residuos sólidos municipales-GIRSM. Seminario Internacional Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos, Siglo XXI. Medellín.
- Jiménez, N. M. (2015). La basura en clave de Sol: instrumentos de acción pública y regulación política de los residuos sólidos urbanos en México 2003-2014. *Sociedad y Ambiente*, 1(7), 5-34.
- Jiménez, N. M. (2016). Gestión integral de los residuos sólidos y producción de desigualdades: construcción de la geografía de los desechos en México. CESOP. Premio Nacional de Investigación Social y Política Pública 2016, México: Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública-Cámara de Diputados.
- Jiménez, N. M. (2017). El residuo: producto urbano, asunto de intervención pública y objeto de la gestión integral. *Cultura y Representaciones sociales*, 11, 158-192.
- Jimenez, Z. y Gutiérrez, A. (2009). Eficiencia portuaria entre Lázaro Cárdenas y APEC, utilizando modelos DEA. *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*. Vol. IV, No. 2, julio - diciembre de 2009, pp. 51 - 68.
- Kaiser, H.F. (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23(3), pp.183-200.

- Kendall, M., W.R.B. (1990). Dictionary of statistical term. Edinburg.
- Kerlinger, y Lee, (2002). Investigación del comportamiento. Métodos de investigación en ciencia. México: Mc Graw Hill.
- Kiss, K. y G. Encarnación (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta Ecológica* 79: 39-51.
- Kline, P. (1994). *An Easy Guide to Factor Analysis*. Ed. Routledge. USA.
- Koopmans, T., (1951), Efficient Allocation of Resources. *Econometrica*, 19(4), pp.455-465.
- Kutin, N., Nguyen, T. y Vallée, T. (2017). Relative efficiencies of ASEAN container ports based on data envelopment analysis, *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 33 (2), pp. 67-77.
- Lahera Parada, E. (2004). *Introducción a las Políticas Públicas*. Chile: Fondo de Cultura Económica.
- Lasswell, H. D. (1951). The policy orientation, in Daniel Lerner and Harold D. Lasswell (eds.), *The Policy Sciences: Recent Developments in Scope and Method*. Stanford, Stanford University Press.
- Ley General de Salud. [LGS]. Reformada, Diario Oficial de la Federación [DOF]. 03 de enero de 2024. México.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. [LGPGIR]. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 08 de mayo 2023. México.
- Liu, W. B., Sharp, J., y Wu, Z. M. (2006). Preference, production and performance in data envelopment analysis. *Annals of Operational Research*, 145, 105–127.
- Love T (2002) Constructing a coherent cross-disciplinary body of theory about designing and designs: some philosophical issues. *Design Studies* 23(3): 345-361.

- Lovins, A. Lovins, H. y Hawken, P. (1999). La ruta hacia el capitalismo natural. Harvard Business Review, Reprint Number 99309. https://www.terra.org/data/capitalismo_nat.pdf
- Lozano, S., Villa, G., Adenso-Díaz, B., 2004. Centralised target setting for regional recycling operations using DEA. Omega: International Journal of Management Science 32 (2), 101–110.
- Lyle, J. (1994). Regenerative Design for Sustainable Development. New York: Wiley and Sons.
- Macías, B., Sosa, R. V., Maya D.J., Córdoba, Y., Ortega. R. A. (2018). 84 years of Mexico's land use planning: reflections for biodiversity conservation. Nova scientia, 10(20), 592-629.
- Majone, G. (1989). Evidencia, argumentación y persuasión en la formulación de políticas. México, D. F.: Colegio Nacional de Ciencias Políticas y Administración Pública, A. C. y Fondo de Cultura Económica.
- Malmquist, S. (1953). "Index numbers and indifference surfaces", *Trabajos de Estadística y de Investigación Operativa*, 4, pp. 209-242.
- Marateo, G., Grilli, N., Bouzas, R. Jensen, V. Ferretti, M. Juárez y G. Soave (2013). Uso de hábitat por aves en rellenos sanitarios del noreste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ecología Austral* 23: 2002-208.
- Maslow, A. (1943) A theory of human motivation, *Psychological Review*, 50(4), 370-396.
- McMillan, M.L. y Datta, D. (1998) The Relative Efficiencies of Canadian Universities: A DEA Perspective. *Canadian Public Policy* 24(4):485-511 24.
- Merino, M. (2013). Políticas públicas. Ensayo sobre la intervención del Estado en la solución de problemas públicos. México. CIDE.
- Min, H., y Jong Joo, S. (2006). Benchmarking the operational efficiency of third party logistics providers using data envelopment analysis. *Supply Chain Management: An International Journal*, 11(3), 259–265.

- Miquel, S., Bigné, E., Lévy, J.P., Cuenca, A.C. y Miquel, M.J. (1997). *Investigación de mercados*. Madrid, Editorial: McGraw Hill.
- Mohamed, S.; Ghazali, N.; Mohd, A. (2017). The input and output management of solid waste using DEA models: A case study at Jengka, Pahang. *AIP Conference Proceedings*. 1870. 040057. 10.1063/1.4995889.
- Moore, A., Segal, G.; Nolan, J., (2002). *Competitive Cities: A Report Card on Efficiency in Service Delivery in America's Largest Cities*. Reason Public Policy Institute, Los Angeles, Policy Study No. 291.
- Moreno, A. (2018). *Economía circular: crecimiento inteligente, sostenible e integrador*. Bogota D.C: (Monografía, Universidad de Ciencias aplicadas y ambientales).
- Navarrete, J. M., y León, C. (2005). El manejo de residuos sólidos municipales en México y la participación del Banco Mundial. *Revista Comercio Exterior Bancomext*, 14.e la política de residuos en México.
- Navarro J.C.L. (2005). *La eficiencia del sector eléctrico en México*. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Navarro J.C.L. y Delfín O. (2020). Las Principales Terminales de Contenedores Portuarias en el Ámbito Internacional: Un Análisis de Eficiencia Económica. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*, 15(2), 241-262.
- Navarro J.C.L. y Delfín. O. (2017). Educación y pobreza en México. Un análisis de eficiencia a nivel de estados. *Acta Universitaria*, 27(6), 33-45.
- Navarro, J.C. L., Gómez, R., y Torres, Z. (2016). Las universidades en México: una medida de su eficiencia a través del análisis de la envolvente de datos con bootstrap. *Acta Universitaria*, 26(6), 60-69.

- Navarro, J.C.L. y Torres, Z. (2003). 'La evaluación de la eficiencia en el sector eléctrico: Un análisis de la frontera de datos (DEA)'. Ciencia Nicolaita. (35), Morelia.
- OCDE (2015), «El Futuro de la Productividad», Nota conjunta de política del Departamento de Asuntos Económicos y de la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación, julio de 2015.
- Ochoa, O. (2009). Recolección y disposición final de los desechos sólidos, zona metropolitana. Caso: Ciudad Bolívar. <http://www.cianz.org.ve>
- OECD (1990) L'environnement urbain: quelles politiques pour les années 1990. OECD. Paris.
- Ojeda, L., y Quintero, W. (2008). Generación de residuos sólidos domiciliarios por periodo estacional: El caso de una ciudad mexicana. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Castellón.
- OMS. (2007). Informe sobre la salud en el mundo. Protección de la salud pública mundial en el siglo XXI: un porvenir más seguro. Ginebra:2007.
- OPS. (2005). Marco de Referencia para la Implementación Normativa del Reglamento Sanitario Internacional. <https://www.paho.org/es/documentos/marco-referencia-para-implementacion-normativa-reglamento-sanitario-internacional-2005-0>
- OPS/OMS (2003). Gestión de Residuos Sólidos en Situaciones de Desastre – Serie Salud Ambiental y Desastres No 1. <http://www.paho.org/Spanish/dd/ped/residuos-completo.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas (1987). "Documento A/42/427 Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo", 04 de agosto de 1987.
- Organización de las Naciones Unidas (1992). "Documento A/CONF.151/26/Rev. 1 (Vol. I) Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro. Junio. <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>.

- Organización de las Naciones Unidas (2002). Documento A/CONF.199/20 Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. Johannesburgo.
<http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/CONF.199/20>.
- Organización de las Naciones Unidas (2009). Publicaciones Principales. Programa 21.
<https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm>.
- Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud: División de Salud y Ambiente (2005). Informe de la evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Washington, DC.
- Orihuela, J. (2018). Un análisis de la eficiencia de la Gestión de Residuos Sólidos en el Perú y sus determinantes.
- Ortegon et al. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Santiago de Chile: CEPAL.
- Oszlak, O. y O' Donell, G. (1976) Estado y Políticas Estatales en América Latina: Hacia una estrategia de investigación, Documento CEDES/G.E. CLACSO/No. 4, marzo, Buenos Aires, Argentina.
- Peñaloza, M.C. (2003). "Evaluación de la Eficiencia en Instituciones Hospitalarias públicas y privadas con Data Envelopment Analysis (DEA)," Archivos de Economía 2633, Departamento Nacional de Planeación.
- Peón, E. (2006). Diseño de una metodología. integral para el desarrollo organizacional estratégico de ecosistemas organizacionales. (Tesis de doctorado). IPN. México
- Pérez, L. C. (2006). Técnicas de análisis multivariante de datos. Barcelona: Pearson/ Prentice Hall
- Pinar, D., M. (1995), "El derecho de la persona del medio ambiente en la jurisprudencia del tribunal supremo". *Actualidad Administrativa*, no. 18, p. 16.

- Pinzón, M. J. (2003). Medición de Eficiencia Técnica Relativa en Hospitales Públicos de Baja Complejidad mediante la Metodología Data Envelopment Analysis (DEA). Tesis Magister-Pontificia Universidad Javeriana, 1-100.
- PNUD (1998). *Informe sobre el consumo para el desarrollo humano*. México. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Pombo, C.; Taborda, R. (1994). Performance and efficiency in Colombias power distribution system: Effects of the 1994 reform. *Energy Econ.* 2006, 28, 339–369
- Pongrácz, E. (2002) Re-defining the Concepts of Waste and Waste Management: Evolving the Theory of Waste Management. Doctoral Dissertation. University of Oulu, Department of Process and Environmental
- Pongrácz, E. y Pohjola, V. (1997) The conceptual model of waste management. Proceedings of the ENTREE'97, 12–14 November 1997, Sophia Antipolis, France.
- Pongrácz, E. y Pohjola, V. (2004). Evolving the Theory of Waste Management: Defining key concepts in: Popov V. (ed.) (2004) Waste management and the environment II, Proceedings of the Second International Conference on Waste Management and the Environment, Rhodes, Greece, 29 September - 1 October 2004.
- Quintero G. (2008). Políticas públicas y el medio ambiente Tecnología en Marcha, Vol. 21-1, enero-marzo 2008, P. 141-151
- Quispe, J. C. (2020). Determinación de la Eficiencia en la Gestión de Residuos Sólidos en las Municipalidades Distritales de la Región de Puno - Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 4(2), 476-512.
- Ramos García, J. M. (2007) Gobiernos locales en México: Hacia una agenda de gestión estratégica de desarrollo, México, Miguel Ángel Porrúa
- Ramos, A.J. (2002): “Instrumentos de intervención del sector público en la protección medioambiental”, *Revista ICADE* n° 57. ISSN: 0212-7377.

- Rees, W. (1992) "Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economies leaves out". Environment and Urbanization Vol. 4 N. 2, London.
- Richard, S. B., Kory, A., Thomas, F. y Sheri Z., (1999). "Evaluating the productive efficiency and performance of U.S. commercial banks," Financial Industry Studies Working Paper 99-3, Federal Reserve Bank of Dallas.
- Rodríguez A (2009) Gestión local e intergubernamental de los residuos sólidos urbanos: una evaluación de las “buenas prácticas” en los municipios mexicanos. [tesis de maestría, Colegio de la Frontera Norte] <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2009/06/TESIS-Rodr%C3%ADguez-Lepure-Ana-Luc%C3%ADa.pdf>
- Rodríguez, M. (2012). Educación y Pobreza: Un Análisis de Eficiencia Relativa Departamental. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Economía. Bogotá Colombia.
- Sachs, W. (1996). La anatomía del desarrollo sostenible. En: Ecofondo / Cerec, editoriales. La gallina de los huevos de oro – debate sobre el concepto de desarrollo sostenible. TM editores y Ediciones Uniandes. Bogotá.
- Salazar, A. (2021). The efficiency of municipal solid waste collection in Mexico. *Waste Management*, 133, 71–79.
- Saldaña, C.; Bernache, G.; Marceleño, S. (2008) La participación ciudadana en la gestión de los residuos sólidos urbanos. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Universidad Autónoma de Nayarit y Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social de Occidente.
- Sánchez, I.M. (2008). The performance of Spanish solid waste collection. *Waste Management & Research*. 2008;26(4):327-336.
- Sanin, M. E., Zimet, F. (2003). “Estimación de una frontera de eficiencia técnica en el Mercado de seguros uruguayo”. Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República de Uruguay.

- Schaffnit, C., Rosen, D. y Paradi, J. C. (1997). Best practice analysis of bank branches: An application of DEA in a large Canadian bank. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, vol. 98(2), pages 269-289, April.
- Schejtman, L. y Cellucci, M. (2014). Gestión integral de residuos sólidos urbanos. Políticas municipales que promueven la sustentabilidad. Buenas prácticas municipales.
- Segovia, M. M.; Contreras, I.; Mar, C. (2009). Evaluación de la eficiencia de una cartera de asegurados en el sector del automóvil. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 7, 57-76
- Seiford, L. M., y Zhu, J. (2002). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research*, 142, 16–20.
- SEMARNAT (2006). Bases para Legislar la Prevención y Gestión Integral de Residuos. México. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/Documentos/Ciga/libros2009/CD001408.pdf>
- SEMARNAT (2012). Educación y gestión escolar para el desarrollo sustentable. Residuos sólidos y consumo responsable. Guía para docentes de primaria. Fundación Florycanto A.C: México.
- SEMARNAT (2018). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap7.html#tema1>
- Simoës, P., De Witte, K., Marques, R. (2010). Regulatory structures and operational environment in the Portuguese waste sector. *Waste Management* 30, 1130–1137.
- Stahel, W. (1992). *The Limits to Certainty, Facing Risk in the New Service Economy*, 1989/92. Kluwer Academic Publishers.
- Struk, M., Matulová, M. (2016). The application of two-stage data envelopment analysis on municipal solid waste management in the Czech Republic.
- Subirats, J. (1989): *Análisis de Políticas Públicas y Eficacia de la Administración*, INAP.Madrid.

- Sueyoshi, T. y Goto, M. (2001). Slack-adjusted DEA for time series analysis: performance measurement of Japanese electric power generation industry in 1984-1993. *European Journal of Operation Research*, 133(2), pp. 232-259
- Sumanth, D. (1990). *Ingeniería y Administración de la Productividad*, McGraw Hill, México.
- Tamayo, M. (1997). *El análisis de las políticas públicas*. Editorial Alianza. Universidad Madrid.
- Tchobanoglous, G., Theissen, H., y Eliassen, R. (1982). *Desechos Sólidos. Principios de ingeniería y administración*. Serie: ambiente y los recursos naturales renovables. Mérida.
- Tchobanoglous, G., y F. Kreith. (2002) *Handbook of Solid Waste Management*, 2ª Ed., McGraw-Hill Professional. Estados Unidos de América.
- Tchobanoglous, G.; Theisen, H. y Vigil. S. (1998). *Gestión integral de residuos sólidos*. McGraw-Hill: México.
- Thanassoulis, E. (2001), *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis*, A foundation text with integrated software, Springer, Birmingham, England.
- Thanassoulis, E. et al. (2011) *Costs and efficiency of higher education institutions in England: A DEA análisis*. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7), pp. 1282–1297.
- Thanassoulis, E., Kortelainen M., Johnes, G., y Johnes, J. (2009). *Costs and Efficiency of Higher Education Institutions in England: A DEA Analysis*. Lancaster University: The Department of Economics, Working paper.
- Thrall, R.M. (1996). Duality, classification and slacks in DEA. *Annals Operational Research*, 66, pp 109-138.
- Timm, N.H. (2002). *Applied Multivariate Analysis*. Springer:New York, NY.
- Tomkins, C. y Green R (1988). An Experiment in the Use of Data Envelopment Analysis for Evaluating the Efficiency of UK University Departments of Accounting. *Financial Accountability and Management* 4:147-64.

- Torres C., S., B.; Barrientos B., M.C. Hernández Berriel, et al. Afectación ambiental del tiradero a cielo abierto de Almoloya del Río, estado de México. En: Ojeda Benítez, S., S.E. Cruz-Sotelo, P. Taboada González, et al. (Coord.). Hacia la sustentabilidad: los residuos sólidos como fuente de materia prima y energía. Memorias 4o. Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, 4o. Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. México. 2011.
- Torres, J. (2005). Consumo, luego existo. Poder, mercado y publicidad. http://www.lettra.org/spip/IMG/pdf/Consumo_Luego_Existo._Poder_mercado_y_publicidad.pdf
- Torres, Z., Navarro, J.C.L. y Gómez, R. (2010). El sector bancario en México: un Análisis a Través de la Envolvente de Datos (DEA). *Investigación administrativa*, 39(106), 97-113.
- UNEP. (2016). Global Waste Management Outlook. Nueva York, EUA.
- UNEP/IETC. 1996. International sourcebook on environmentally sound technologies for municipal solid waste management. Osaka/Shiga, UNEP/IETC.
- Valencia, G. y Álvarez, Y. (2008). La ciencia política y las políticas públicas: notas para una reconstrucción histórica de su relación. Estudios Políticos. Instituto de Estudios Políticos, Universidad de Antioquia
- Velasco C. (1994). *El medio ambiente en la Constitución*. España. Serie Universidad de Barcelona, pp. 22-26.
- Vesely, A. (2017). What is Formulated: Choosing Policy Instruments and Policy Goals. En Handbook of Policy Formulation. Cheltenham, Reino Unido: Edward Elgar Publishing Limited.
- Vilardell, I. (1998). La evaluación de la eficiencia de las actividades de la administración pública. *Revista de economía pública*, 2.

- Vilches, A., Pérez, D., Toscano, J. y Macías, O. (2009). Agotamiento y destrucción de los recursos naturales. [Artículo en línea]. OEI. <http://www.oei.es/decada/accion23.htm>
- Wang, K.; Yu, S. y Zhang, W. (2012) China's regional energy and environmental efficiency: A DEA window analysis based dynamic evaluation. *Mathematical and Computer Modelling*. Article in Press.
- Wehenpohl, G. y Hernández C. (2006) Guía para la elaboración de programas municipales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ).
- Wheelock, D., y Wilson, P. (2007). Robust non parametric Quantile Estimation of Efficiency and Productivity Change in U.S. commercial banking, 1985-2004. Working paper, Research Division, Federal Reserve Bank of St. Louis, 1-41.
- Wilson, W. (1887) El estudio de la Administración. En Shafritz J. M. y Albert C. Hyde (1999) Clásicos de la AP. Estudio Introductorio de Mario Martínez Silva. México: Fondo de Cultura Económica.
- Wolszczak, J., y Parteka, A. (2011). Efficiency of European public higher education institutions: a two-stage multicountry approach. *Scientometrics*, 89(3), 887-917.
- Worthington, A., Dollery, B. (2001). Measuring efficiency in local government: an analysis of New South Wales municipalities' domestic waste management function. *Policy Studies Journal*, 29(2), 232-249.
- Yadav, V.K.; Padhy, N.P.; Gupta, H.O. (2011). Performance Evaluation and Improvement Directions for an Indian Electric Utility. *Energ. Policy* 2011, 39, 7112–7120.
- Yang, H., Ma, M., Thompson, J., y Flower, R. (2018). Waste management, informal recycling, environmental pollution and public health. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 72(3), 237-243.

- Zamora, A.I y Navarro J.C.L. (2015). Competitividad de la administración de las aduanas en el marco del comercio internacional. *Contaduría Adm.* 2015, 60, 205–228.
- Zheng, S. y Chuanzhong, Y. (2015) Technical, allocative and cost efficiencies of Chinese ports. *Maritime Policy Management*, 42(8), pp.746-758.
- Zhu, J. y Cook, W. (2007). *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*. Springer, New York.
- Zoboli, R. (1994). The Integrated Use of Economic Instruments in the Policy of Municipal Solid Waste», en Quadrio-Curzio et al., (eds.). *The Management of Municipal Solid Waste in Europe. Economic, Technological and Environmental Perspectives*. Elsevier Science.

Anexo 1

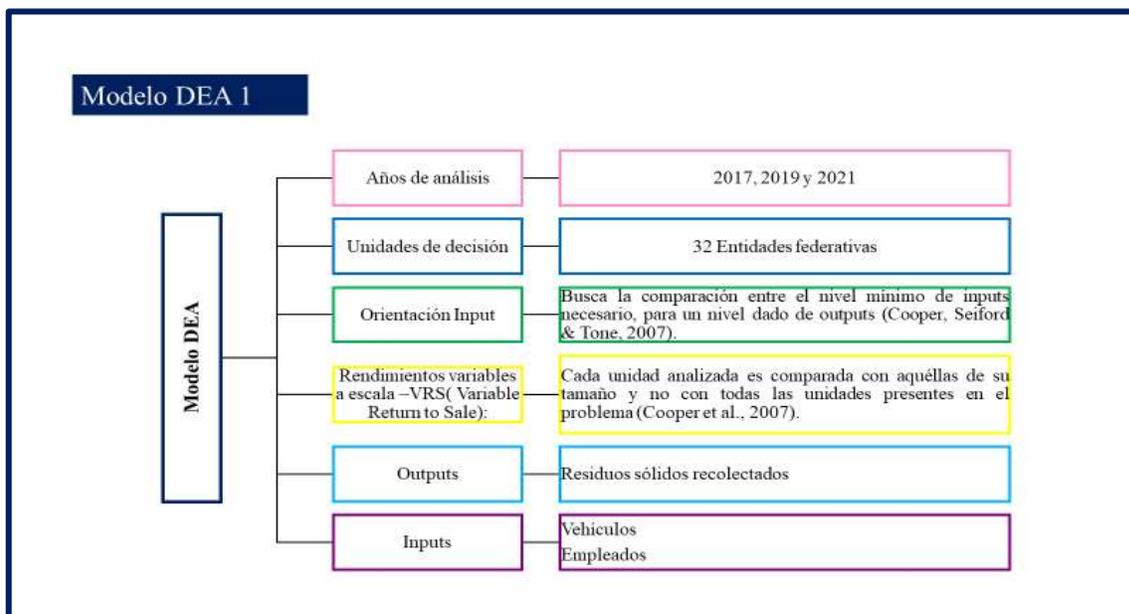
Matriz de congruencia

Titulo	Problema	Objetivo	Pregunta de investigación	Hipótesis	Operacionalización		
					Variables (temas)	Dimensión (subtemas)	Indicadores (sub-subtemas)
Eficiencia del sistema de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos en México, 2011- 2021	Uno de los objetivos de la política ambiental en México, es aprovechar de manera eficiente el uso de los recursos, sin embargo, es difícil analizar si en materia de residuos sólidos urbanos se está alcanzando este objetivo, por la falta de medición de la eficiencia y de sus variaciones en el tiempo, lo cual impide a los organismos, públicos y privados, vinculados con el manejo de residuos sólidos, conocer la eficiencia técnica, económica y ambiental del sistema y esto conduce a una toma de decisiones poco informada.	1. Determinar los niveles de eficiencia y las variaciones de productividad de las entidades federativas de México, en la utilización de mano de obra y transporte para la recolección de residuos sólidos urbanos en los años 2017, 2019 y 2021.	1. ¿Cuáles han sido los niveles de eficiencia y las variaciones de productividad de las entidades federativas de México, en la utilización de mano de obra y transporte para la recolección de residuos sólidos urbanos en los años 2017, 2019 y 2021?	1. La mayoría de entidades federativas de México se encuentran por debajo del promedio nacional de eficiencia y no aumentaron su productividad en la utilización de mano de obra y transporte para la recolección de residuos sólidos urbanos en los años 2017, 2019 y 2021.	Variable dependiente:		
					Residuos sólidos urbanos.	Son aquellos que se producen en las casas habitación como consecuencia de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas.	Kilogramos diarios de residuos recolectados
					Variables independientes:		
					Vehículos para recolección de RSU	Vehículo (medio) para transportar residuos sólidos	Número de vehículos
					Prestadores del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos	Personas físicas o morales que proporcionan servicios de recolección de RSU	Número de prestadores de servicio
					Variable dependiente:		
					Residuos sólidos urbanos.	Son aquellos que se producen en las casas habitación como consecuencia de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas.	Kilogramos diarios de residuos recolectados
					Variables independientes:		
					Centros de acopio	Lugar cerrado con espacios y condiciones específicas, donde se realiza la separación de los residuos acorde a sus características.	Números de centros de acopio en la entidad.
					Prestadores del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos	Personas físicas o morales que proporcionan servicios de recolección de RSU	Número de prestadores de servicio
					Variables dependientes:		
					Residuos sólidos selectivos	Son los residuos sólidos urbanos que han sido clasificados y separados en diferentes contenedores, para que sean recogidos y posteriormente reciclados.	Kilogramos diarios recolectados de residuos selectivos
					Residuos sólidos no selectivos	Son los residuos sólidos urbanos que no han sido clasificados y separados en diferentes contenedores.	Kilogramos diarios de residuos recolectados
					Variables independientes:		
					Programas	Serie ordenada de actividades y operaciones necesarias para alcanzar los objetivos de la gestión integral	Número de programas (prevención, educación, reciclaje etc.).
					Centros de acopio	Lugar cerrado con espacios y condiciones específicas, donde se realiza la separación de los residuos acorde a sus características.	Números de centros de acopio en la entidad.
					Estaciones de transferencia	Son centros de recepción de residuos urbanos ubicados en el entorno de las poblaciones, cuya finalidad es permitir la descarga de los camiones de recogida de residuos urbanos, evitando su desplazamiento hasta el centro de tratamiento.	Número de estaciones de transferencia por entidad
					Plantas de tratamiento	Es donde se combinan una serie de procesos de selección (automáticos y/o manuales) con el objetivo de separar las fracciones recuperables de la mezcla de residuo y prepararlas para la comercialización.	Número de municipios que envían residuos a plantas de tratamiento y Número de plantas de tratamiento en la entidad.
			Vehículos para recolección de RSU	Vehículo (medio) para transportar residuos sólidos	Números de vehículos		
			Prestadores del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos	Personas físicas o morales que proporcionan servicios de recolección de RSU	Número de prestadores de servicio		
			Sitios de disposición final	Lugar diseñado para la disposición final controlada de RSU	Número de sitios de disposición final en la entidad		

Nota. Elaboración propia con base en la literatura revisada.

Anexo 2

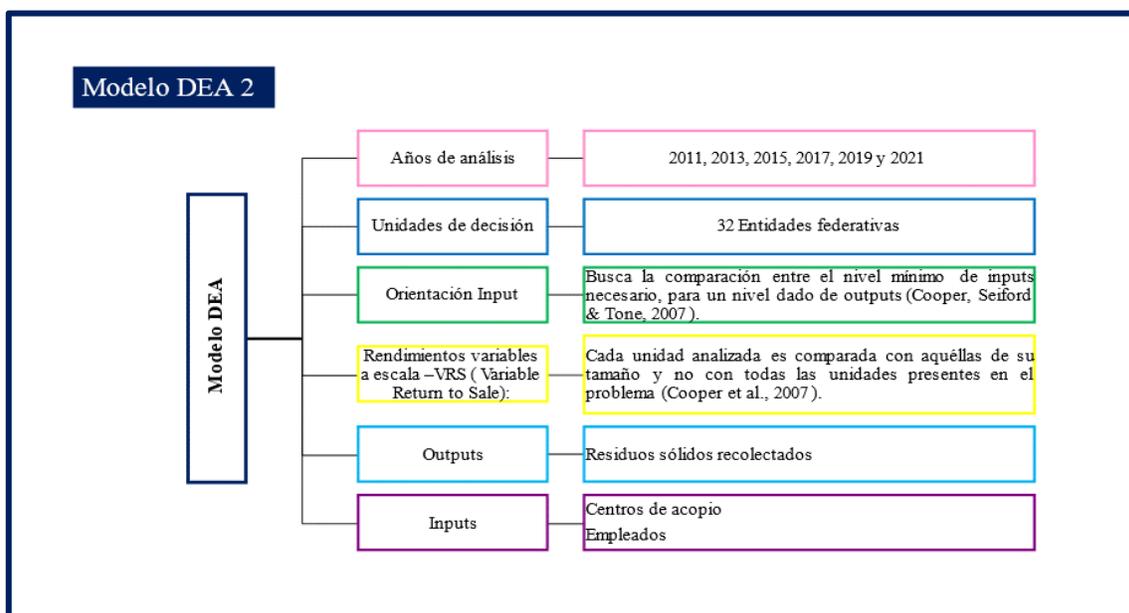
Descripción del modelo DEA 1



Nota. Elaboración propia con base en la literatura revisada.

Anexo 3

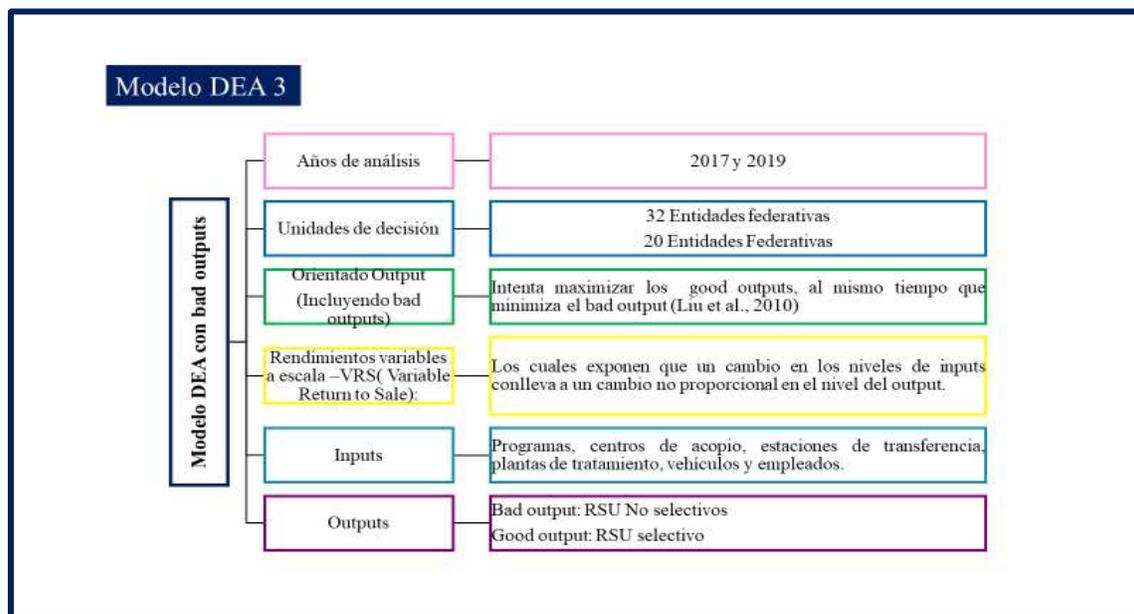
Descripción del modelo DEA 2



Nota. Elaboración propia con base en la literatura revisada.

Anexo 4

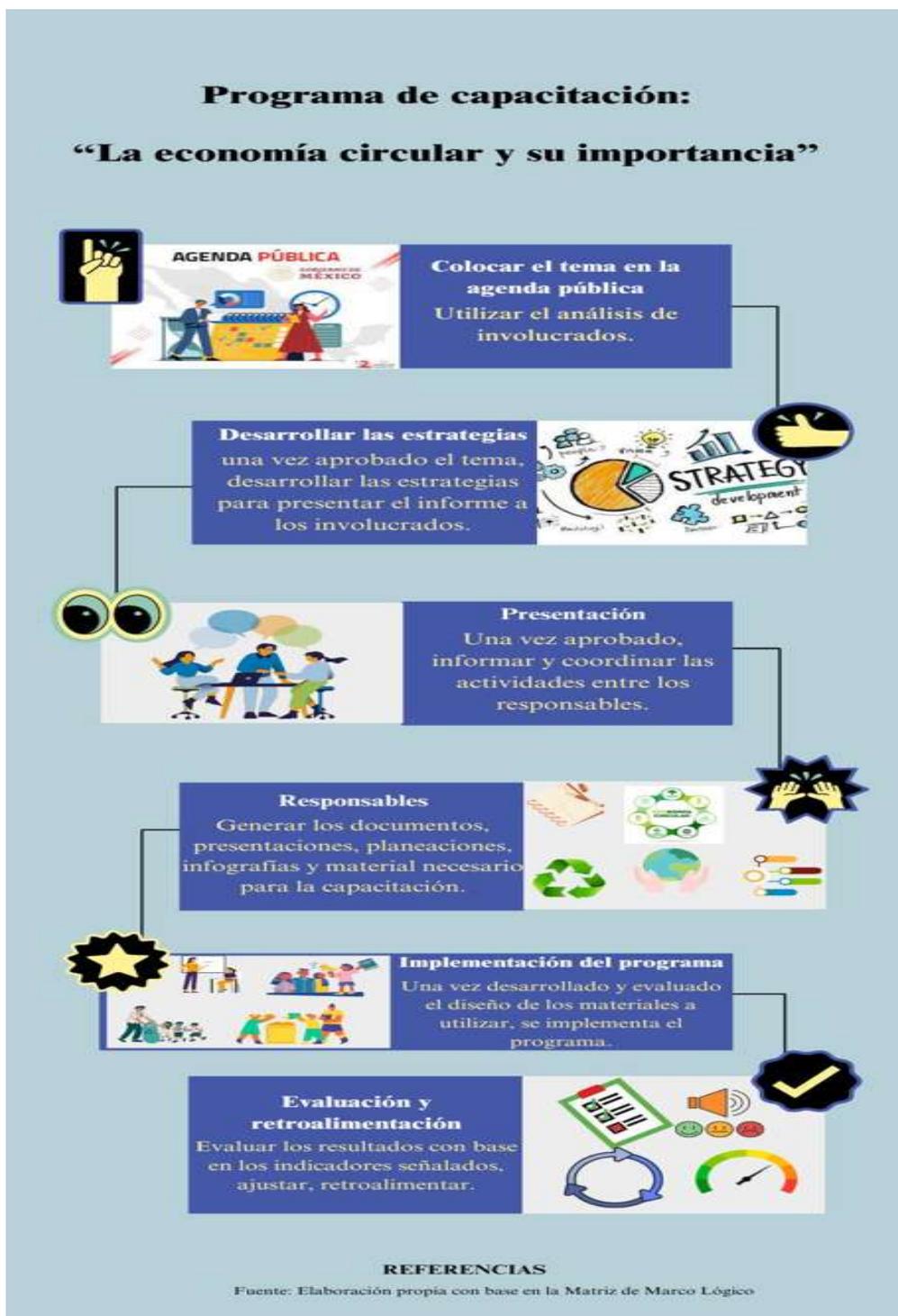
Descripción del modelo DEA 3



Nota. Elaboración propia con base en la literatura revisada.

Anexo 5

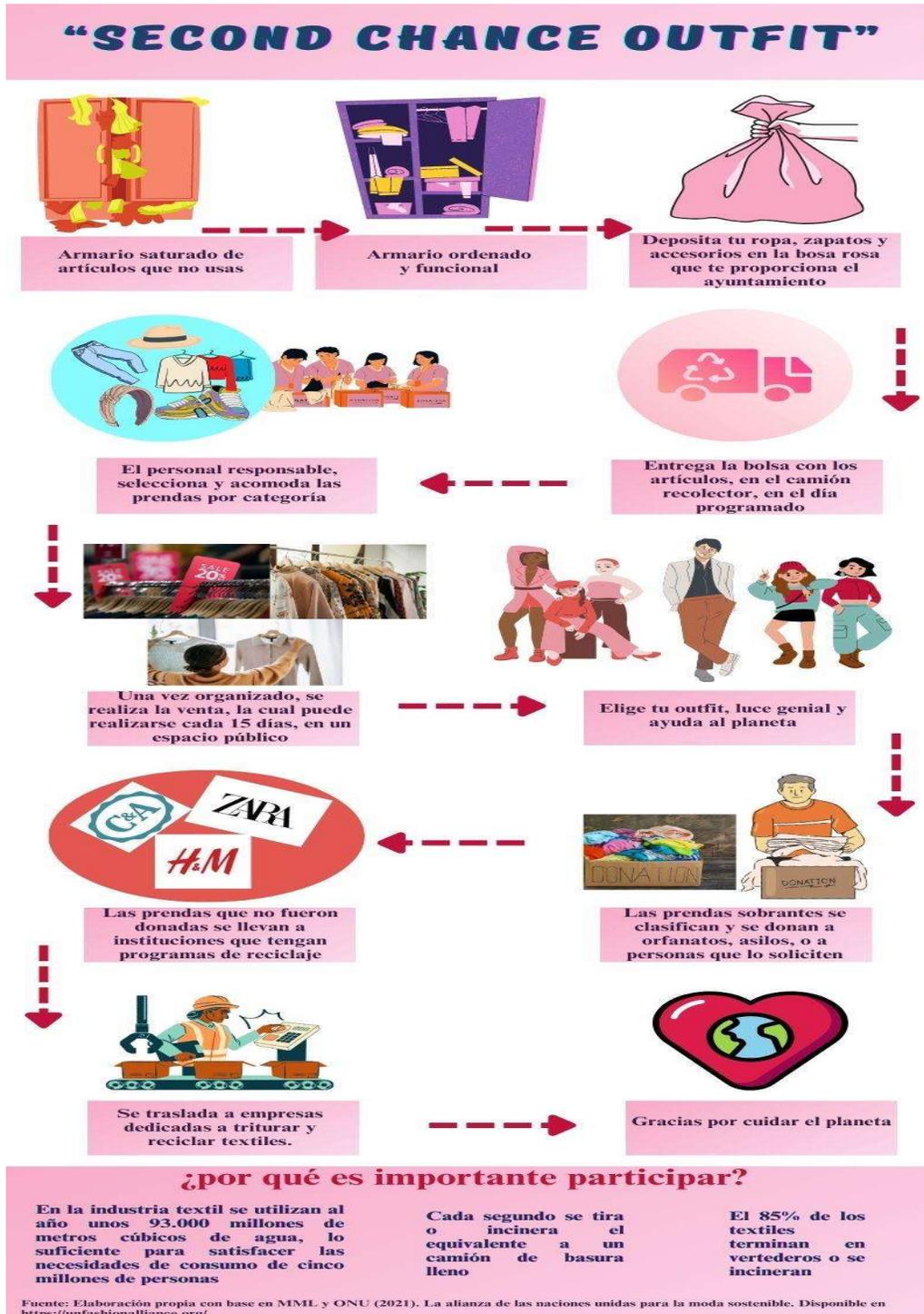
Infografía del programa 1



Nota. Elaboración propia.

Anexo 6

Acciones a realizar en el programa 2



Nota. Elaboración propia.