



SEP

SES

TecNM

---

---

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA**

**“EVALUACIÓN DE SINERGIAS ENTRE MUNICIPALIDADES  
Y EMPRESAS PARA EL APROVECHAMIENTO  
DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS AL SUR  
DEL ESTADO DE MÉXICO”**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA AMBIENTAL**

**PRESENTA:  
YOLANDA SÁNCHEZ ZARCO  
No. CONTROL: 1928M0257**

**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. MARÍA DEL CONSUELO HERNÁNDEZ BERRIEL**

**CODIRECTOR DE TESIS:  
DR. ANTONIO GALLARDO IZQUIERDO**

METEPEC, ESTADO DE MÉXICO, JULIO DE 2021



Instituto Tecnológico de Toluca

Metepac, Edo. De México., 01/julio/2021  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
E INVESTIGACIÓN  
DEPI-3200-241/2021.

**C. YOLANDA SÁNCHEZ ZARCO**  
CANDIDATA AL GRADO DE MAESTRO  
EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL

De acuerdo con el Reglamento de Titulación del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica dependiente de la Subsecretaría de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora realizó con respecto a su trabajo de Tesis titulado "EVALUACIÓN DE SINERGIAS ENTRE MUNICIPALIDADES Y EMPRESAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS AL SUR DEL ESTADO DE MÉXICO", la División de Estudios de Posgrado e Investigación concede autorización para que proceda a la impresión del mismo.

Sin más por el momento, quedo de usted.

**A T E N T A M E N T E**  
Excelencia en educación tecnológica.  
*Educación integral y gratuita*

**JOSÉ LUIS GARCÍA RIVAS**  
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE  
E INVESTIGACIÓN



ccp. Archivo

JLGR/WTG

Av. Tecnológico s/n, Col. Agrícola Bellavista C.P. 52149,  
Metepac, Edo. de México. Tels. Dirección 722 208 7205,  
Subd. Académica 722 208 7207; Subd. de Planeación 722 208 7206,  
Subd. Administrativa 722 208 7208; Computador 208 72 00.  
e-mail: info@toluca.tecnm.mx | tolusa@tecnm.mx





Metepac, Edo. de México, 06/julio/2021

**DR. JOSÉ LUIS GARCÍA RIVAS**  
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS**  
**DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**  
**PRESENTE**

Por este medio comunicamos a usted que la comisión Revisora designada para analizar la tesis denominada **"EVALUACIÓN DE SINERGIAS ENTRE MUNICIPIALIDADES Y EMPRESAS DADA EL ADOVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS AL SUR DEL ESTADO DE MÉXICO"**, que como parte de los requisitos para obtener el grado académico de **Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental** presenta la **C. YOLANDA SÁNCHEZ ZARCO** con número de control **1528M0257** para sustentar el acto de Recepción profesional, ha dictaminado que dicho trabajo reúne las características de contenido y calidad para proceder a la impresión del mismo.

**ATENTAMENTE**

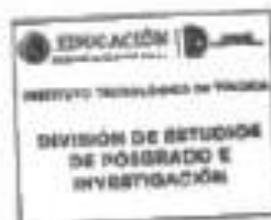
**DRA. MARÍA DEL CONSUELO**  
**HERNÁNDEZ BERRIEL**  
**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. ANTONIO**  
**GALLARDO IZQUIERDO**  
**COORDINADOR DE TESIS**

**DRA. AMAYA LOBO GARCÍA**  
**DE CORTÁZAR**  
**REVISOR DE TESIS**

**DR. ISAIAS DE LA ROSA GÓMEZ**  
**REVISOR DE TESIS**

**DRA. MARÍA DEL CARMEN**  
**CARREÑO DE LEÓN**  
**REVISORA DE TESIS**



cc: Archivo

Av. Tecnológico s/n, Col. Agrícola Bellavista C.P. 52149.  
Metepac, Edo. de México, Toluca. Dirección 722 206 7200,  
Subd. Académica 722 206 7207; Subd. de Planeación 722 206 7206;  
Subd. Administrativa 722 206 7208; Computador 206 72 00.  
e-mail: info@toluca.tecn.mx | tolucatecn.mx



## AGRADECIMIENTOS

*“No existe una fórmula secreta para el éxito, solo se consigue trabajando duro y aprendiendo de los errores”*

- Agradezco a Dios por permitirme iniciar y cerrar este ciclo, siempre ha estado conmigo y me ha brindado todo, salud, el amor de mis hijos y trabajo.
- Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Secretaría del Medio Ambiente (SEMARNAT), por el Financiamiento del Fondo Sectorial de Investigación Ambiental para el proyecto de investigación “Ubicación de Rellenos Sanitarios Intermunicipales Futuros en el Estado de México y Estados aledaños” clave SEMARNAT-2015-263315, del cual esta tesis es parte.
- Agradezco a la División de Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de Toluca por haber sido parte del programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Ambiental.
- Agradezco a la Dra. Ma. Del Consuelo Hernández Berriel, que me permitió ser parte nuevamente de su equipo de trabajo, gracias por su apoyo.
- Agradezco al Dr. Antonio Gallardo Izquierdo que a pesar de la distancia siempre estuvo atento a mi trabajo y enriqueciéndolo con sus conocimientos.
- Agradezco a la Facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEMex por abrirme sus puertas y ser partícipe en la unidad de aprendizaje “Herramientas del Desarrollo Sustentable” de la Maestría en Estudios Sustentables Regionales y Metropolitanos.
- Agradezco a mi gran amiga Danna Sofia que hicimos una fuerte amistad y un gran equipo de trabajo, gracias por sus consejos, conocimientos y amistad, es una excelente persona y profesionista.

## DEDICATORIAS

*“Son muchas las manos y los corazones que contribuyen al éxito de una persona”*

- Dedico esta tesis a mis hijos Jorge Luis y Sofia, que mi esfuerzo sea el éxito de ellos, cada vez que he caído, fracasado y derramado lágrimas, ellos están ahí para darme su mano y recordarme la razón por la que debo levantarme y seguir adelante, quiero que sepan que los amo mucho.
- A mi querida madre, que siempre me ha apoyado en mi desarrollo profesional y ha creído en mí, sin su ayuda no hubiera llegado hasta este punto de mi vida.

## RESUMEN

La generación de residuos sólidos urbanos (RSU) se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial, causando impactos negativos en el ambiente y en la salud humana. México no es la excepción y en la mayoría de sus municipios se enfocan esfuerzos para mejorar el manejo de los RSU; conforme a ello el objetivo de este trabajo fue evaluar posibles sinergias entre municipios del sureste del Estado de México y empresas recicladoras y/o acopiadoras, para incrementar el aprovechamiento de los residuos valorizables (RV) y disminuir la cantidad de RSU que llega a los Sitios de Disposición Final (SDF). La metodología de esta investigación comprendió la selección de municipios aplicando el método de “Proceso Analítico Jerárquico”; se analizó el manejo de los RSU en los municipios del área de estudio; se ubicaron centros de acopio (CA) de RV, a los cuales se les aplicó una Cédula de Entrevista para conocer y evaluar su operación, así como la posibilidad de entablar sinergias con autoridades municipales; se elaboraron escenarios Base y Proyectado para estimar los beneficios de la comercialización de RV; y para la evaluación de sinergias se elaboró el “Escenario Cero” y “Escenario con Sinergias”.

La implementación del Manejo Integral del RSU en las municipalidades del área de estudio, bajo la recuperación de RV establecida en este trabajo (32.7%), permitiría el generar ingresos brutos mensuales en el rango de \$142,696.00 a \$1,426,960.00; así como ahorros por disposición de RSU entre \$17,297.00 y \$172,970.00; donde Santiago Tianguistenco tendría los mayores ingresos, seguido de Xalatlaco y Almoloya de Río; con una reducción del 24.64% del costo por disposición final. La evaluación de la propuesta de sinergias entre Almoloya de Río, Xalatlaco, Santiago Tianguistenco y el CA13, evidenciaron beneficios económicos del 57.3% en el consumo de combustible y, beneficios ambientales con la reducción del 31.28% de emisiones de CO<sub>2</sub>e. La implementación de sinergias puede ser realidad, si se construyen canales de comunicación y colaboración entre las autoridades municipales y los responsables de los CA pequeños.

## ABSTRACT

The generation of Urban Solid Waste (MSW) has become one of the main environmental problems worldwide, causing negative impacts on the environment and human health. Mexico is no exception and most of its municipalities focus efforts to improve MSW management; Accordingly, the objective of this work was to evaluate possible synergies between municipalities in the southeast of the State of Mexico and recycling and / or collecting companies, to increase the use of Recoverable Waste (RV) and reduce the amount of MSW that reaches the sites. final disposal. The methodology of this research included the selection of municipalities applying the method of "Hierarchical Analytical Process"; MSW management in the municipalities of the study area was analyzed; RV Storage Centers (CA) were located, to which an Interview Certificate was applied to know and evaluate their operation, as well as the possibility of establishing synergies with municipal authorities; Base and Projected scenarios were prepared to estimate the benefits of VR commercialization; and for the evaluation of synergies, the "Zero Scenario" and "Scenario with Synergies" were prepared.

The implementation of the Integral Management of the MSW in the municipalities of the study area, under the RV recovery established in this work (32.7%), would allow generating gross monthly income in the range of \$ 142,696.00 to \$ 1,426,960.00; as well as savings for disposal of MSW between \$ 17,297.00 and \$ 172,970.00; where Santiago Tianguistenco would have the highest income, followed by Xalatlaco and Almoloya de Río; with a reduction of 24.64% in the cost for final disposal. The evaluation of the synergy proposal between Almoloya de Río, Xalatlaco, Santiago Tianguistenco and CA13, showed economic benefits of 57.3% in fuel consumption and environmental benefits with the reduction of 31.28% in CO<sub>2e</sub> emissions. The implementation of synergies can be a reality, if communication and collaboration channels are built between municipal authorities and those responsible for small CA

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	i
ÍNDICE DE TABLAS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
1 FUNDAMENTOS.....	3
1.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	6
1.2 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	11
1.3 MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS .....	14
1.4 LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS VALORIZABLES.....	17
1.4.1 Valorizables orgánicos .....	<b>18</b>
1.4.2 Valorizables inorgánicos.....	<b>20</b>
1.5 EMPRESAS RECICLADORAS .....	21
1.5.1 Empresas recicladoras internacionales .....	<b>21</b>
1.5.2 Empresas recicladoras nacionales .....	<b>22</b>
1.5.3 Empresas recicladoras en el estado de México .....	<b>24</b>
1.6 GOBERNAZA E IDIOSINCRACIA.....	26
1.6.1 Conceptos de gobernanza e idiosincrasia.....	<b>27</b>
1.6.2 Aspectos de la gobernanza .....	<b>28</b>
1.6.3 Gobernanza Ambiental.....	<b>29</b>
1.7 SINERGIAS .....	30
1.7.1 Tipos de sinergias .....	<b>33</b>
1.7.2 Sinergias sobre residuos sólidos. casos de éxito .....	<b>34</b>
2 METODOLOGÍA .....	38
2.1 SELECCIÓN DE LOS MUNICIPIOS A ESTUDIAR.....	39
2.2 ANÁLISIS DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LOS MUNICIPIOS SELECCIONADOS.....	44
2.2.1 Análisis de las actividades económicas.....	<b>44</b>

2.2.2 Análisis del manejo de los residuos sólidos .....	<b>44</b>
2.3 UBICACIÓN DE EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE RESIDUOS VALORIZABLES.....	<b>45</b>
2.4 ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE RESIDUOS VALORIZABLES .....	46
2.5 EVALUACIÓN DE PROPUESTAS DE SINERGIAS .....	47
3. RESULTADOS .....	<b>48</b>
3.1 SELECCIÓN DE MUNICIPIOS A ESTUDIAR.....	48
3.2 ANÁLISIS DE MUNICIPIOS SELECCIONADOS.....	56
3.2.1 Análisis de las actividades económicas.....	<b>56</b>
3.2.2 Análisis del manejo de los residuos sólidos .....	<b>58</b>
3.3 UBICACIÓN DE EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE RECICLABLES.....	<b>64</b>
3.4 ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	66
3.5 EVALUACIÓN DE PROPUESTAS DE SINERGIAS .....	76
CONCLUSIONES .....	81
REFERENCIAS.....	83
ANEXO A .....	94
ANEXO B .....	95
ANEXO C .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Instancias involucradas en el manejo de los RSU.....	12
Tabla 1.2 Empresas recicladoras Internacionales.....	22
Tabla 1.3 Directorio de empresas recicladoras y/o acopiadoras por entidad federativa.....	23
Tabla 1.4 Registro de empresas prestadoras de servicios en Materia de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de manejo especial del Estado de México.	25
Tabla 1.5 Reporte de Acopio de Residuos Valorizables (Kg).....	36
Tabla 2.1 Variables a considerar para la selección de los municipios.....	40
Tabla 2.2 Escala Fundamental de comparación de pares. ....	42
Tabla 2.3 Índice aleatorio. ....	43
Tabla 2.4 Porcentajes máximos de proporción de consistencia.....	43
Tabla 3.1 Municipios de la periferia Sur del Estado de México. ....	49
Tabla 3.2 Municipios seleccionados para la evaluación de sinergias.....	50
Tabla 3.3 Criterio "Social" .....	50
Tabla 3.4 Criterio "Económico" .....	51
Tabla 3.5 Criterio "Gobernanza" .....	52
Tabla 3.6 Criterio "Medio Ambiente" .....	52
Tabla 3.7 Vector de prioridad de los criterios con respecto al objetivo.....	53
Tabla 3.8 Vectores de prioridad de los subcriterios respecto al criterio. ....	53
Tabla 3.9 Vector global. ....	55
Tabla 3.10 Orden de prioridad de los municipios. ....	55
Tabla 3.11 Actividades económicas de los municipios.....	56
Tabla 3.12 Manejo de Residuos en los Municipios del área de estudio. ....	59
Tabla 3.13 Residuos Valorizables registrados. ....	60
Tabla 3.14 Escenario Base .....	63
Tabla 3.15 Clasificación de las empresas por tipo de Centro de Acopio.....	68
Tabla 3.16 Escenario Proyectado para los municipios del área de estudio. ....	79
Tabla B1 Matriz de ponderación de criterios. ....	95
Tabla B2 Vector de prioridad de las alternativas con respecto al criterio "Social" .....	96

Tabla B3 Obtención del Vector de prioridad de las alternativas con respecto al criterio “Económico” .....	96
Tabla B4 Obtención del Vector de prioridad de las alternativas con respecto al criterio “Medio Ambiente” .....	97
Tabla B5 Obtención del Vector de prioridad de las alternativas con respecto al criterio “Gobernanza” .....	97
Tabla C1 Empresas comercializadoras cercanas a los municipios con potencial de sinergias.....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Generación Total de RSU en México.....	7
Figura 1.2 kg de RSU por habitante en México.....	8
Figura 1.3 Composición de RSU 2017.....	8
Figura 1.4 Generación de RSU por tipo de residuo.....	9
Figura 1.5 Generación de RSU por Entidad Federativa.....	10
Figura 1.6 Principales Entidades Federativas generadoras de RSU 2012.....	10
Figura 1.7 Instrumentos legales para la GIRSU.....	13
Figura 1.8 Programas de Gestión Integral de RSU 2016.....	14
Figura 1.9 Manejo Integral de RSU.....	15
Figura 1.10 Jerarquía del MIRSU.....	16
Figura 1.11 Esquema de sinergia entre las entidades involucradas.....	31
Figura 2.1 Esquema Jerárquico de las variables y los municipios de estudio.....	38
Figura 2.2 Esquema Jerárquico.....	41
Figura 2.3 Cédula de entrevista.....	45
Figura 3.1 Municipios de la periferia Sur del Estado de México.....	48
Figura 3.2 Caracterización de RSU de Xalatlaco, Estado de México.....	61
Figura 3.3 Distribución espacial de centros de acopio informales y empresas de tratamiento y valorización.....	64
Figura 3.4 Municipios potenciales para sinergias.....	65
Figura 3.5 Ubicación de empresas comercializadoras de residuos valorizables cercanas a los municipios seleccionados.....	67
Figura 3.6 Ubicación de empresas comercializadoras de residuos valorizables fuera de la zona de estudio.....	67
Figura 3.7 Respuestas por empresa en la sección uno.....	69
Figura 3.8 Respuestas por empresa en la sección dos.....	70
Figura 3.9 Respuestas por empresa en la sección tres.....	71
Figura 3.10 Residuos valorizables que se recuperan en las empresas.....	73
Figura 3.11 Cantidades de Residuos Valorizables recibidos en las empresas.....	73
Figura 3.12 Respuestas por empresa en la sección cuatro.....	74

Figura 3.13 Respuestas por empresa en la sección cinco. ....	75
Figura A 1 Esquema Jerárquico de las variables y los municipios de estudio.....	94

## LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AHP	Proceso Analítico Jerárquico
CE	Cédula de Entrevista
RESADyF	Cantidad de Rellenos Sanitarios Dentro y Fuera
CNRESADyF	Cantidad de no rellenos sanitarios Dentro y Fuera
BM	Bando Municipal
CA	Centro de Acopio
CEECR	Cédula de Entrevista para Empresas Comercializadoras de Reciclables
IM	Ingreso Municipal
DP	Densidad poblacional
GIRSU	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
MIRSU	Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos
PIB	Producto Interno Bruto
PTM	Población Total del municipio
PTMC	Población Total de los municipios colindantes
PDM	Programa de Desarrollo Municipal
PMGIRSU	Programa de Manejo y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos
RME	(PMGIRSU)
RESA	Relleno Sanitario
RESAD	Cantidad de Rellenos Sanitarios Dentro
CNRESAD	Cantidad de no Rellenos Sanitarios Dentro
RP	Residuos Peligrosos

RSU	Residuos Sólidos Urbanos
RRSU	Recolección de Residuos Sólidos Urbanos
RV	Residuos Valorizables
SDF	Sitios de Disposición Final
SEMARNAT	Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales
UE	Unidades Económicas
UEMR	Unidades Económicas de Manejo de Residuos

## INTRODUCCIÓN

A medida que las sociedades van incrementando su poder adquisitivo, creen que progresan y compran más productos, no siempre de consumo básico, además que los consumidores tienen más opciones y los productos están diseñados para ser más baratos, de esta manera se genera una mayor cantidad de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) (Malinauskaite *et al.*, 2017), convirtiéndose en uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial ya que están causando impactos negativos en el ambiente y en la salud humana, por lo cual los gobiernos están buscando nuevas alternativas para su tratamiento. La generación promedio de RSU en el mundo se estima de 0.74 kg per cápita por día, pero las tasas de generación de éstos fluctúan ampliamente de 0.11 a 4.54 kg per cápita por día. En 2016 a nivel mundial se generaron aproximadamente 2.01 mil millones de toneladas de RSU y se espera que este número crezca a 3.40 mil millones de toneladas en 2050 (Kaza *et al.*, 2018).

En México en el 2015 la generación de RSU alcanzó 53.1 millones de t, con una generación promedio de 1.2 kg/hab-d (SEMARNAT, 2016), en 2019 la población se estimó en 125.9 millones de habitantes (Pasquali, 2019) y la generación de RSU se calculó en 55.1 millones de t, un incremento del 3.76%. De los RSU generados se recicla únicamente el 9.63%, y el resto se dispone en Rellenos Sanitarios (RESA) o tiraderos (SEMARNAT, 2017). En el Estado de México se generan cerca de 6.7 millones de toneladas de RSU al año (16.1% del total nacional), de las cuales el 68% se dispone en RESA, el 29% en sitios controlados y 3% en sitios no controlados (SEMARNAT, 2015). Estas estadísticas indican que el manejo de los residuos se centra en la recolección y disposición de los residuos en RESA o tiraderos, estos últimos no garantizan que sean controlados sus efluentes (biogás y lixiviados), produciendo graves problemas de contaminación al suelo, agua y aire, además de generar problemas de salud pública, debido a que atraen fauna nociva, y son blanco de incendios emitiendo al aire partículas y humos dañinos al ser humano y a los ecosistemas. El problema de los RSU radica en que no hay un buen manejo y la mala gestión no permite que sean aprovechados y

reincorporados a los procesos productivos. Con el reciclaje se pretenden resolver dos problemas, por un lado, deshacerse de los RSU y por otro aprovechar lo que es recuperable, es decir “Revalorizar los RSU” (Ullca, 2006).

Sin embargo, en el 2018 con la implementación de decreto número 313 por el que se reforma el artículo 126 de la constitución política del estado libre y soberano de México, se busca convenir con los Ayuntamientos, el establecimiento de Centros Integrales de Residuos de acuerdo con las Regiones Ambientales y coordinarse en esta materia con los municipios (G.G. 2018). Sin embargo dentro de los programas o planes de manejo de los RSU para cumplir el anterior decreto, no hay propuestas ni estrategia claras para aprovechar los RSU, lo que muestra las limitantes existentes para que se lleve a cabo un eficiente Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU) y resalta que, al no tener un objetivo en común, cada entidad (autoridades, población, segregadores primarios y empresas) se mueve con base a intereses propios; sin darse cuenta de que el enfocarse en la revalorización de los RSU y el cuidado de la salud y del medio ambiente podría ser un objetivo sobre el cual establecer sinergias.

Conforme a lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar posibles sinergias entre municipios del sureste del Estado de México y empresas recicladoras y/o acopiadoras, para incrementar el aprovechamiento de los residuos valorizables (RV) y disminuir la cantidad de RSU que llega a los Sitios de Disposición Final (SDF); con lo que además de generar ingresos económicos, se podrán disminuir costos y el impacto ambiental. El presente trabajo se divide en cuatro apartados, en el primero se encuentra la fundamentación teórica, donde se describe a los RSU, su generación, su gestión y manejo Integral, valorización, reciclaje, gobernanza y sinergias; el segundo contiene la descripción y desarrollo de la metodología; en el tercero se discuten los resultados de las primeras 3 etapas de la metodología y finalmente se presentan las conclusiones del trabajo.

# 1 FUNDAMENTOS

La generación y disposición de los RSU es uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial, debido a que cualquier actividad económica, como la producción, consumo de bienes y servicios generan residuos, los cuales están causando un impacto negativo en el ambiente y en la salud humana, por lo cual los gobiernos están buscando nuevas alternativas para su tratamiento.

En el 2015 la Organización de las Naciones Unidas estableció la Agenda 2030, con 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible y 169 metas con carácter integrado e indivisible, de alcance mundial y de aplicación universal; siendo el objetivo No. 12 el que involucra “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles “(ONU, 2015), para reducir sustancialmente la generación de residuos a través de la prevención, reducción, reciclaje y reutilización (Pires y Martinho, 2019).

Ante la preocupación por el incremento de RSU y su disposición final, las tasas de reciclaje en los países desarrollados se han duplicado en los últimos 20 años. Por ejemplo, la Unión Europea (UE) en el 2016 generó 2,533 millones de toneladas de residuos por todas las actividades económicas y de los hogares. Debido a esto la UE ha buscado nuevas formas de aprovechar los residuos, logrando actualmente reciclar el 37.5% del total de los residuos generados, el 10.1 % se envía a Relleno Sanitario (RESA), el 5.6 % se usa para generar energía, el 46.5% se incinera sin recuperación de energía y el 1.0% se elimina de otras formas. El objetivo a largo plazo es convertir a Europa en una sociedad que recicle, logre niveles superiores de reciclado y minimice la extracción de recursos naturales (EUROSTAT, 2018).

En el caso de México, se genera más de 44 millones de toneladas anuales de residuos y solo se recicla el 9.63%, debido a que sigue predominando el manejo básico de los RSU que consiste en recolectarlos y disponerlos RESA, como es el caso del Estado de México

que dispone el 68% de sus RSU en RESA, desaprovechando aquellos que son susceptibles de reincorporarse al sistema productivo. Lo anterior obliga a buscar nuevas alternativas para el tratamiento de los RSU (SEMARNAT, 2017).

En México la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la que promueve que el manejo de los RSU se realice bajo esquemas de gestión integral, que incluyen la prevención y reducción de su generación, su valorización económica y su disposición de manera adecuada a través de planes, programas y del marco regulatorio, siendo los municipios los que tienen a su cargo las funciones de manejo integral de RSU, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final. Existen estudios y programas realizados por los sectores públicos y privados enfocados a buscar opciones para mejorar la gestión y manejo de los RSU a través del reciclaje y revalorización, a continuación, se describen algunos de estos trabajos.

Para que la gestión de los RSU pueda ser ambiental, social y económicamente sostenible es necesario fortalecer las asociaciones de recicladores a través de capacitación, mejor infraestructura y relación con el gobierno, como lo describe un estudio realizado en la ciudad de Rio de Janeiro enfocado a mejorar el Manejo de RSU (Tirado & Zamberlan, 2013).

Por otro lado, hay estudios que tienen el objetivo de incorporar nuevamente al mercado los residuos, como es el caso de Alemania donde realizaron un estudio de mercado para vender composta realizada con residuos orgánicos, creando una gestión eficaz de los mismos (Dahlin *et al.*, 2017).

Por su parte en México también se están realizando propuestas para reducir el volumen los RSU, a través de la valorización energética como se diagnosticó en un estudio donde evalúan la factibilidad de introducir los RSU a coprocesamiento en hornos cementeros para su aprovechamiento energético (Jensen, 2016).

También hay municipios en México que han conformado sinergias para mejorar la gestión y manejo de los RSU, así en el año 2008 se consolidó en el sureste de Jalisco un Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos cuyo objetivo fue enfrentar la problemática del Manejo de los residuos mediante la conformación de una asociación intermunicipal enfocada a la prestación del servicio de limpieza, recolección selectiva, traslado, tratamiento y disposición final de RSU, así como para diseñar políticas intermunicipales para la reducción de los residuos, reutilización, valorización y el tratamiento de los subproductos por medio de las 3r's (SIMAR, 2016).

Otro de los proyectos que ha tenido éxito en México es el del H. Ayuntamiento de Orizaba al implementar su programa “Basura por predial” cuyo objetivo es crear una cultura sobre el cuidado del medio ambiente y la separación de RSU, con este programa han logrado reciclar 439 toneladas de basura. Además de generar un beneficio económico y sustentable para la ciudad.

Finalmente, a principios del 2019 la SEMARNAT comenzó a busca sinergias para fortalecer la gestión de RSU en el país, por lo que sostuvo una reunión con integrantes de la Asociación Civil ECOCE para definir cómo pueden colaborar en el Plan Nacional de Residuos Sólidos Urbanos. En la reunión, la titular de esta dependencia comentó que se trabaja en un programa de RSU, que busca la participación de todos los sectores de la sociedad (SEMARNAT, 2019). Sin embargo, los esfuerzo que se han hecho para enfrentar las problemáticas de los RSU no son suficientes, debido a que los gobiernos locales o municipales deben resolver otros problemas urgentes, por lo que el tema de los RSU no es percibido como prioritario y la propia ciudadanía es ajena y poco participativa; donde pareciera que las empresas privadas, son el único agente capaz de afrontar la gestión de residuos (Guzmán & Macías, 2015). Por lo que se debe proponer sinergias entre municipios y empresas privadas para recolectar, transportar, acopiar y reciclar los RSU, evitando que materiales revalorizables como papel, cartón, plásticos y metales lleguen a los RESA.

## 1.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Los RSU son 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 la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) como residuos de otra índole (DOF, 2003).

Existen diferentes formas de maneras de clasificar los RSU.

El artículo 18 de la LGPGIR establece que los RSU podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria.

- a) Orgánicos. Todo desecho de origen biológico que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo.
- b) Inorgánicos. Todo desecho que no es de origen biológico.

Los RSU también se pueden clasificar según su origen donde la cantidad y naturaleza de éstos será muy diferente según la procedencia (Márquez, 2018).

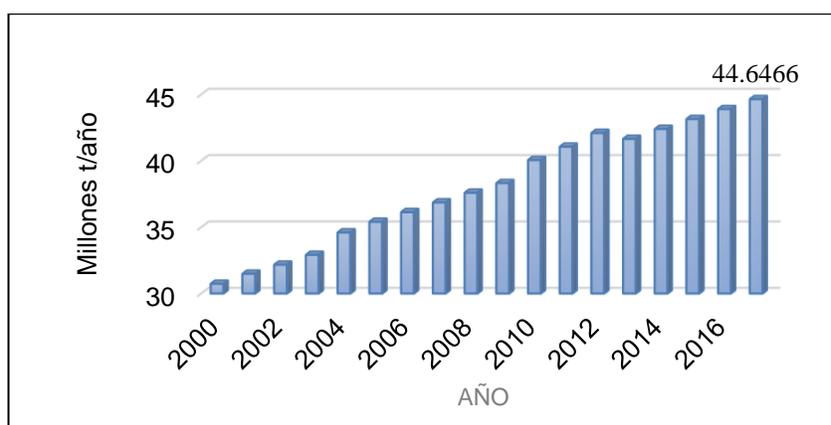
- a) Residuos domésticos. son todos los producidos en los hogares y domicilios como consecuencia de la actividad doméstica, entre los que se encuentran no solo las basuras sino también los electrodomésticos viejos, aparatos eléctricos y electrónicos estropeados que se quieran desechar, ropa usada y tejidos, las pilas gastadas u otro tipo de baterías (acumuladores), muebles y enseres, e incluso los escombros procedentes de las pequeñas obras de reparación domiciliaria.
- b) Residuos industriales. Cualquier objeto o sustancia sólida, líquida o pastosa resultante

de las actividades industriales propiamente dichas, esto es, de los procesos de fabricación, de transformación, de utilización, de consumo, de limpieza o de mantenimiento asociados a la actividad industrial, que por su naturaleza o composición no pueda asimilarse a los residuos domésticos.

c) Residuos comerciales: Son los residuos generados por la actividad propia del comercio, al por mayor y al por menor, de los servicios de restauración, bares y cafeterías, de la hostelería, de las oficinas, de los mercados, así como del resto del sector servicios. Son esencialmente residuos de envases y embalajes, flejes, excedentes de mercancía sin valor económico, productos defectuosos, productos caducados, así como algunos tipos de residuos procedentes de centros sanitarios y veterinarios.

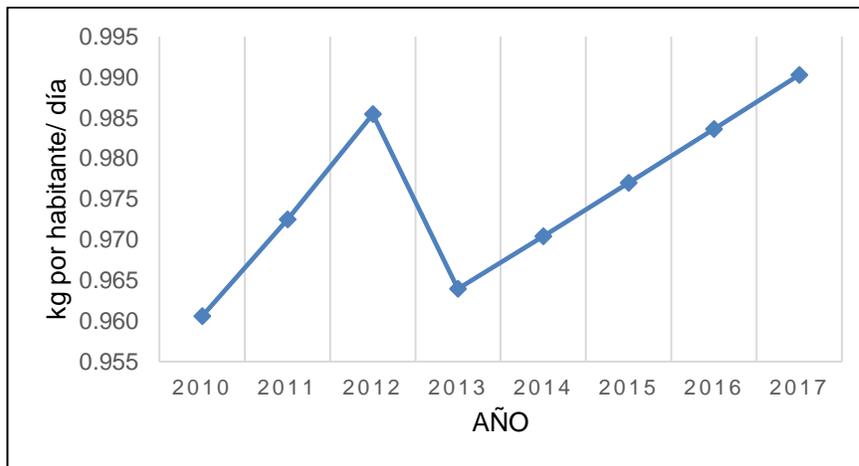
d) Residuos agrícolas. Son los residuos generados en las actividades propias de la agricultura, horticultura y la silvicultura.

En México la generación de RSU ha pasado de 30,733,000 t en 2000 a 44,646,600 t en 2017 (Figura 1.1), lo cual representa un incremento del 45.27%, con una generación per cápita de 1.0kg/día (Figura 1.2) (INEGI, 2017).



Fuente: INEGI, 2017.

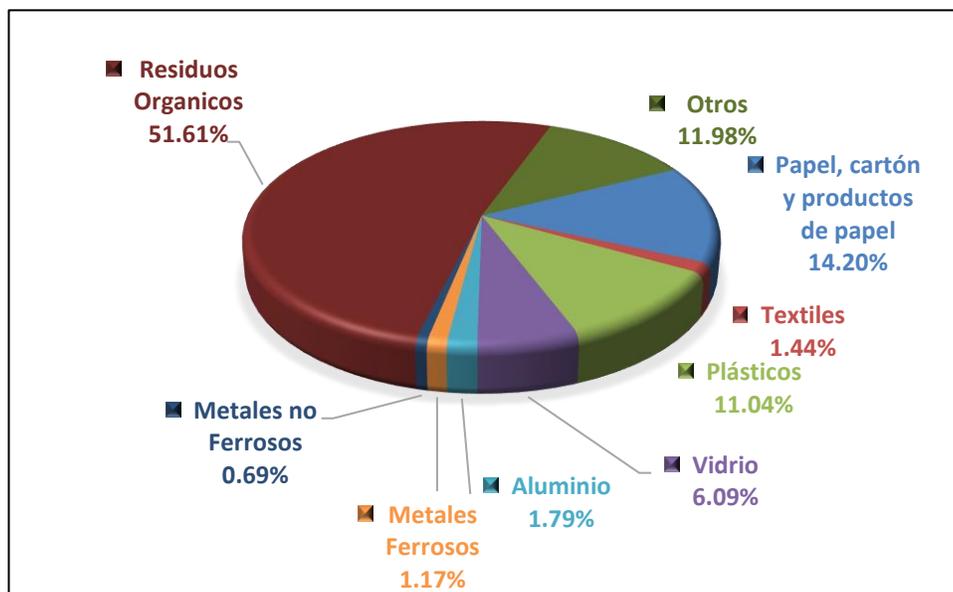
Figura 1.1 Generación Total de RSU en México.



Fuente: INEGI, 2017

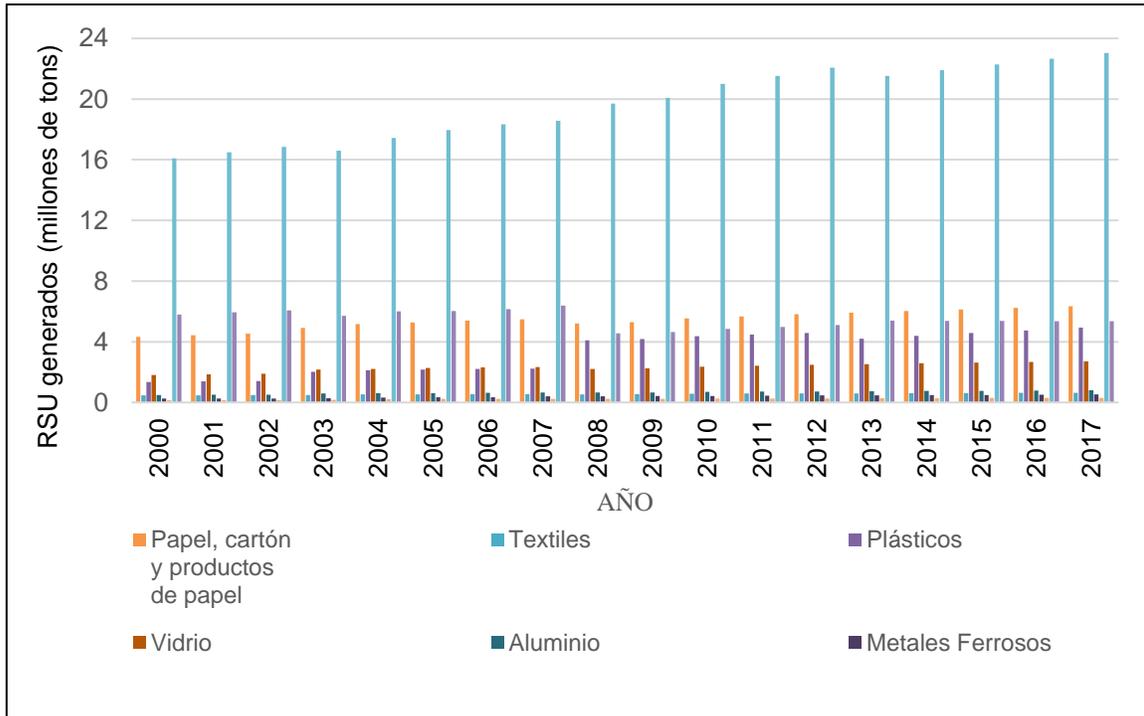
Figura 1.2 Generación per cápita diaria.

La basura orgánica representó el 51.61% de la composición total de los RSU durante el año 2017 (Figura 1.3) y es el residuo que se genera en mayor cantidad, del año 2000 al 2017 aumentó de 16, 104,100 t a 23, 042,700 t por año (Figura 1.4), es decir incrementó 43.09%.



Fuente: INEGI, 2017

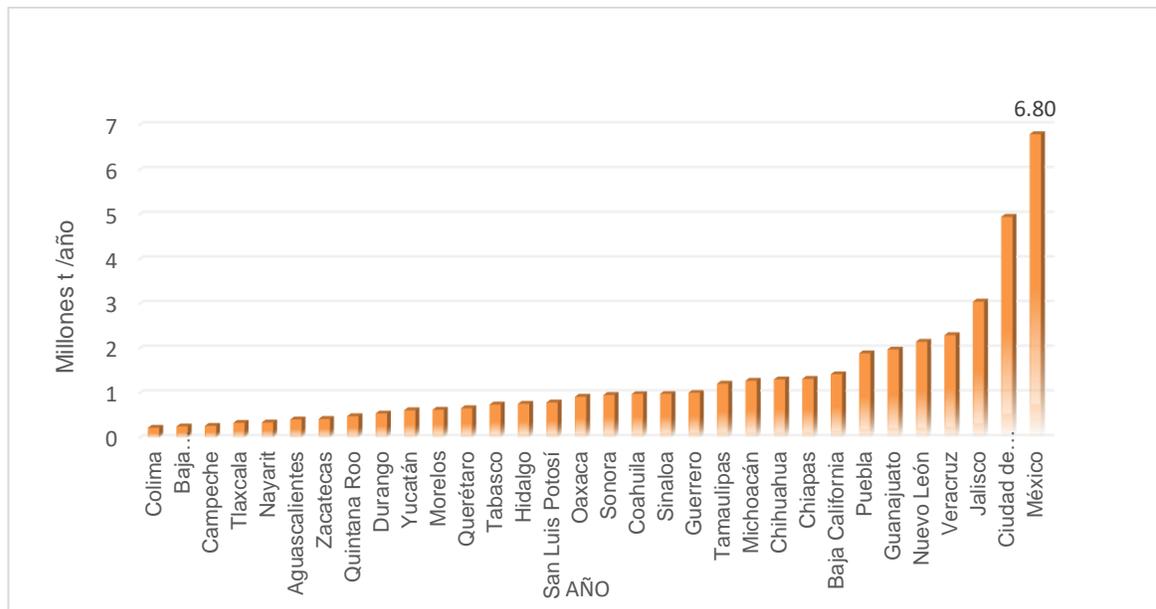
Figura 1.3 Composición de RSU 2017.



Fuente: INEGI, 2017.

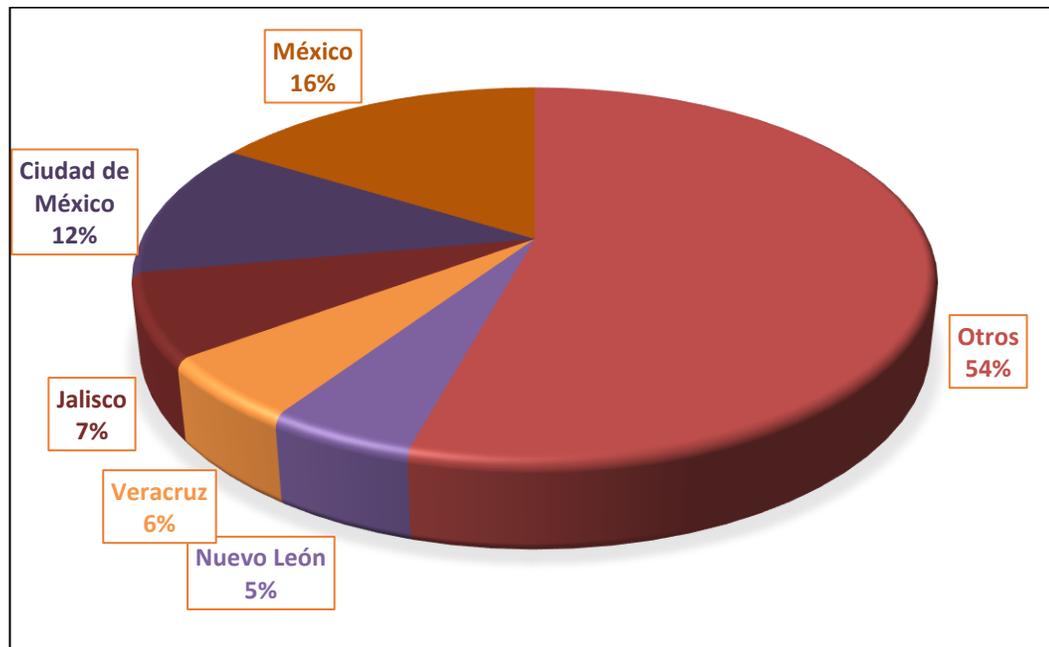
Figura 1.4 Generación de RSU por tipo de residuo.

En la figura 1.5 se muestra la distribución de la generación de RSU de cada entidad federativa durante el año 2012, de acuerdo con datos de INEGI los estados que generaron una mayor cantidad de RSU en el período 2001-2012 fueron; el Estado de México y la Ciudad de México; su porcentaje de generación respecto al total de RSU generados en el país se muestra en la figura 1.6.



Fuente: INEGI, 2017.

Figura 1.5 Generación de RSU por Entidad Federativa.



Fuente: INEGI, 2017.

Figura 1.6 Principales Entidades Federativas generadoras de RSU 2012.

## **1.2 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) se entiende como al conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final (DOF, 2003).

En México existen instrumentos legales que regulan la gestión integral de los residuos y que involucran a los generadores, a quienes los transportan y, finalmente, a quienes los procesan. Algunos de estos instrumentos legales son:

- a) Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).
- b) Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento.
- c) Ley federal de responsabilidad ambiental.
- d) El Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y los programas estatales y municipales de Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- e) NOM-083-SEMARNAT, NOM-098-SEMARNAT, NOM-161-SEMARNAT.

Otro tipo de instrumentos para gestionar los residuos son los inventarios, que proporcionan información para la toma de decisiones en cuanto al manejo de los residuos, además de recopilar e integrar información sobre los sitios en los que se hace acopio de este tipo de materiales, incluyendo aquellos que ya no operan o, incluso clandestinos. De acuerdo con la LGPGIR, los tres órdenes de gobierno deben elaborar, actualizar y difundir estos inventarios.

Los programas para la separación primaria permiten la separación de los RSU y los RME en orgánicos e inorgánicos, mientras que la separación secundaria facilita la recuperación

de los residuos valorizables a partir de los residuos inorgánicos obtenidos en la primera fase de separación.

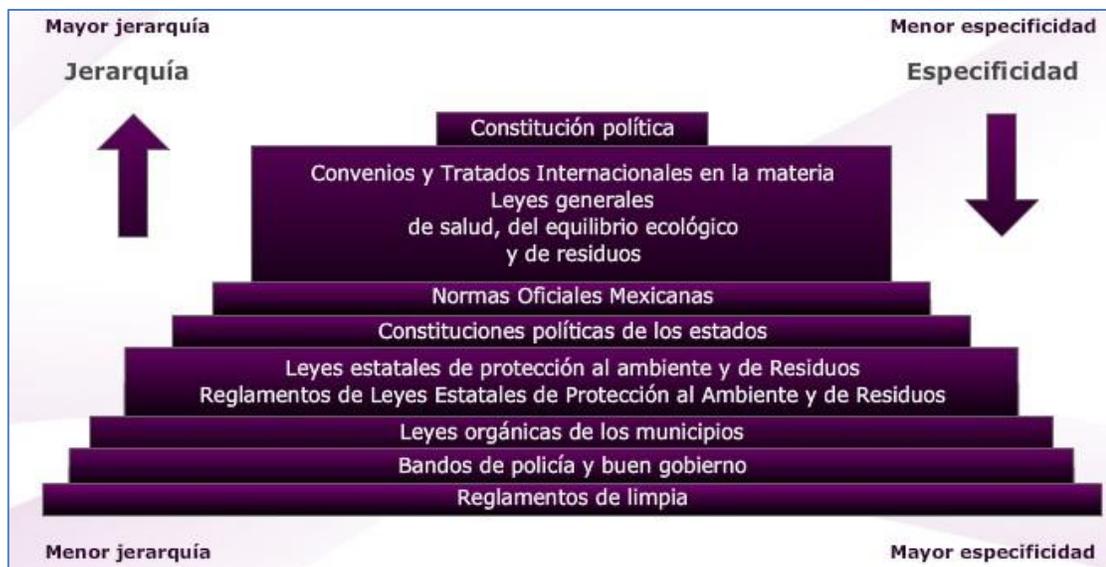
Los planes de manejo de los RSU también son instrumentos a través de los cuales los generadores (sean del sector público, privado o social) deberán adoptar medidas para reducir la generación de los RSU, RME y RP, aprovechar aquellos susceptibles de reutilización, reciclado o de transformación en energía, o para tratar o confinar aquellos que no se pueden valorizar. En el manejo de los residuos están involucradas diversas instancias, cuyas responsabilidades y funciones se resumen en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Instancias involucradas en el manejo de los RSU.

INSTANCIA	RESPONSABILIDAD Y FUNCIONES
Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Elaborar Políticas y estrategias para el control ambiental, formar y fiscalizar el Marco regulatorio Ambiental coordinar los programas nacionales para la gestión ambiental comentar la creación de infraestructura.
Secretaría de Salud (SS)	Elaboración de políticas y estrategias para el control sanitario Normalizar y fiscalizar en materia de salud. Elaborar planes para prevenir riesgos ocupacionales y evitar la afectación de la salud pública en las distintas etapas del manejo de los residuos sólido. Coordinación de programas nacionales de saneamiento ambiental.
Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano	Fomentar la creación de Infraestructura junto con la SEMARNAT
Otras Secretarías	Apoyar a la Gestión de los residuos en sus respectivos ámbitos (turismo, industria, pesca, energía y minas, transporte, vivienda, otros). Sostenibilidad económica de los servicios. Regulación del manejo de los residuos sólidos en sus respectivos ámbitos de intervención.
Gobiernos municipales	Manejo de los residuos sólidos no peligrosos; barrido, recolección, transferencia, disposición final. Formulación del marco regulatorio local. Aplicación de sanciones por incumplimiento en el manejo de los residuos sólidos. Formulación e implementación de tarifas obligatorias por los servicios brindados.

Fuente: SEMARNAT, 2008.

En la figura 1.7 se muestra los diferentes instrumentos Legales que se usan en México para la GIRSU según su jerarquía.

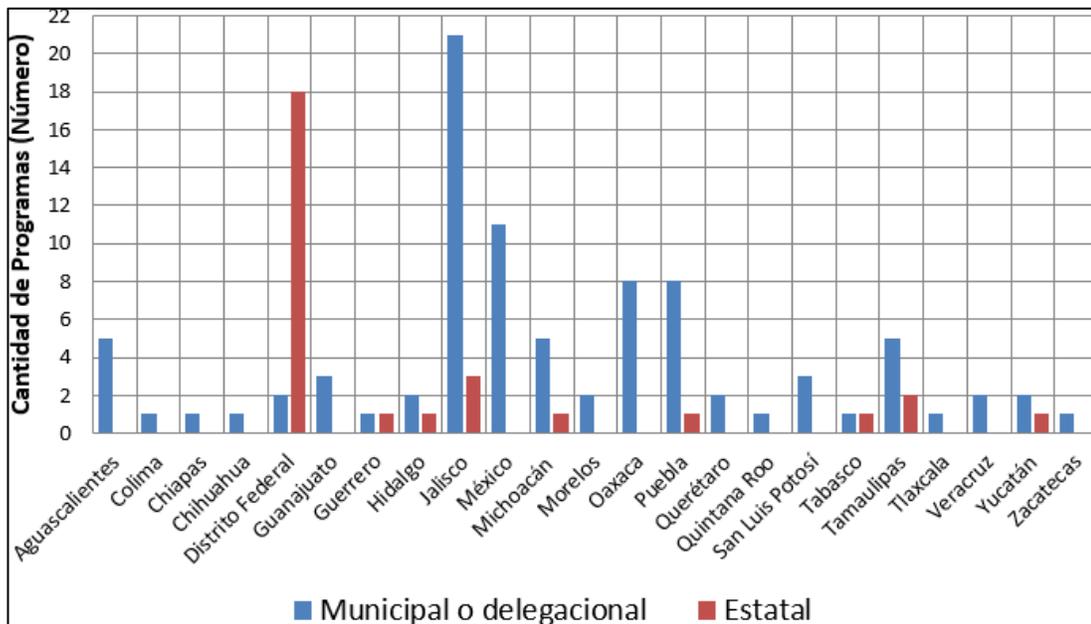


Fuente: SEMARNAT, 2008.

Figura 1.7 Instrumentos legales para la GIRSU.

La GIRSU es la manera que plantea la LGPGIR bajo la cual todos los municipios del país deben aprovechar y manejar sus RSU, considerando que es muy importante que desarrollen acciones tales como; manejo Integral de RSU, desarrollo y aplicación de la normatividad, educación y capacitación.

Durante el año 2014 en México se aplicaron 118 programas orientados a la GIRSU, los cuales se distribuyeron como se muestra en la figura 1.8 (INEGI, 2016).



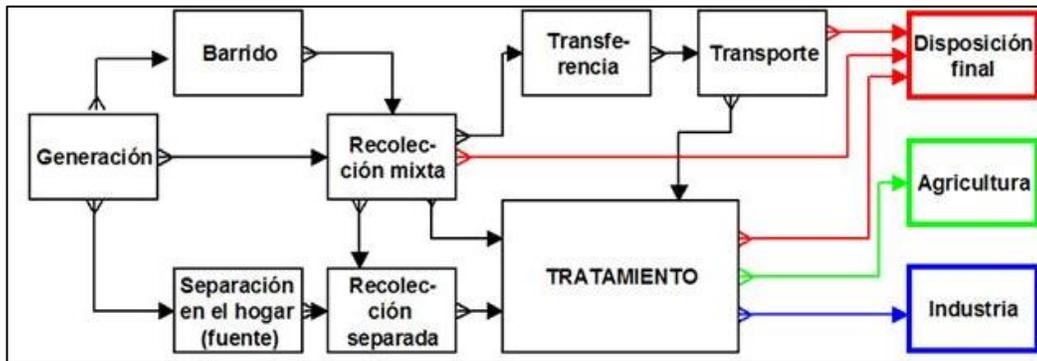
Fuente: INEGI, 2016

Figura 1.8 Programas de Gestión Integral de RSU 2016.

### 1.3 MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

El Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU) se define como las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, 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 (DOF, 2003).

El MIRSU forma parte de la GIRSU (Figura 1.9) y se traduce en la protección de la salud de la población y del medio ambiente; se conforma por los siguientes subsistemas; generación, barrido, separación desde la fuente, recolección separada, transporte, transferencia, valorización, aprovechamiento y tratamiento y disposición final.



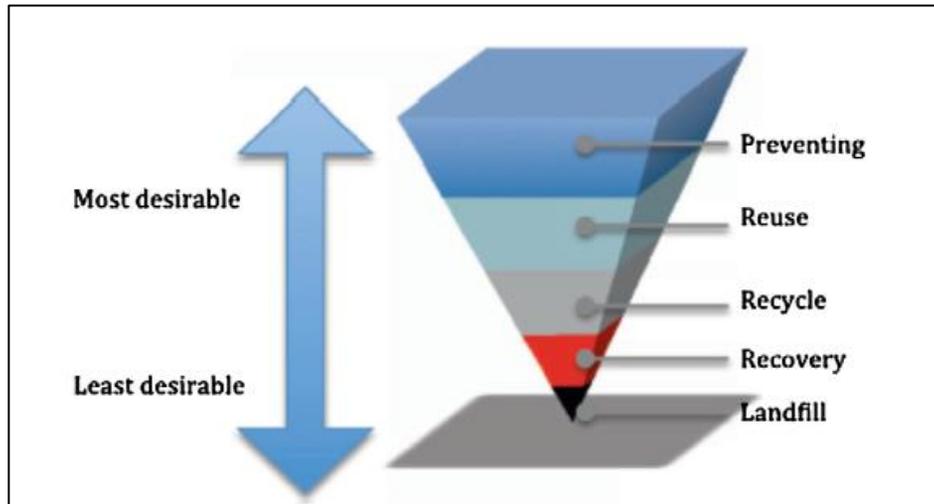
Fuente: SEMARNAT, 2008.

Figura 1.9 Manejo Integral de RSU.

- a) Generación. Es la acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo. Para poder planear y diseñar un MIRSU es fundamental conocer qué y cuánto se genera en una localidad. Para ello se realizan estudios de composición y generación de residuos.
- b) Barrido. Es la limpieza de los RSU depositados en la vía pública, responsabilidad del municipio, a menos que el Reglamento de Limpia indique que son los habitantes los que deben barrer el frente de sus casas, tiene como propósitos cuidar la salud humana, cuidar que la basura no dañe los servicios públicos de la localidad y cuidar su imagen. Existen dos tipos: manual y mecánico.
- c) Separación desde la fuente. Consiste en clasificar los RSU desde el lugar donde son originados para aprovecharlos y lograr que una menor cantidad lleguen a los SDF (Figura 1.10), mediante el principio de las “Tres R’s”; Reducir, Rehusar y Reciclar que se planteó en la cumbre del G8 en el año 2004.

No obstante, con el paso del tiempo se han añadido otras variables en un orden lógico para que cualquier tipo de generador pueda cumplir directa o indirectamente con las acciones expuestas en la siguiente pirámide invertida (Figura 1.10). Donde vale aclarar que el motivo

de su posición busca sensibilizar en la necesidad de que el volumen de RSU generados deberá ser el mínimo al momento de su disposición.



Fuente: Cucchiella *et al.*, 2016

Figura 1.10 Jerarquía del MIRSU.

d) Recolección y transporte. Consiste en la colecta de los residuos en las casas y comercios y su transporte a las estaciones de transferencia, plantas de tratamiento o SDF, según sea el caso, es la parte más costosa del MIRSU, su costo varía entre \$130.00 y \$250.00 por tonelada de residuos. Para establecer un sistema de recolección se deben considerar los aspectos como el método de recolección, frecuencia y horario de recolección, tipo de vehículos de recolección y cantidad y diseño de rutas.

e) Recolección separada. Las posibilidades para hacer la recolección en estas condiciones son:

1. Recoger residuos orgánicos e inorgánicos en días diferentes
2. Recoger ambos residuos en los mismos días, pero con vehículos distintos
3. Recoger residuos diferenciados el mismo día, en un mismo vehículo, pero con adaptaciones de separación

- g) **Transferencia.** Cuando la generación de residuos es mucha, como en las grandes ciudades, o los sitios de tratamiento o SDF están muy lejos, los costos de transporte pueden ser muy altos. Esto obliga a establecer estaciones de transferencia que acortan las distancias para los vehículos de recolección. Existen tres tipos de estaciones de transferencia, carga directa, carga indirecta (almacenamiento y carga) y mixta.
- h) **Valorización, aprovechamiento y tratamiento.** El tratamiento de los RSU son los procedimientos que pueden aplicárseles para cambiar sus características o reducir su volumen, esto permite reducir daños al ambiente, aumentar el tiempo de vida de los SDF y también ofrece la posibilidad de aprovecharlos para obtener un beneficio. Los tratamientos se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de proceso que requieren; físico, biológico, térmico o termoquímico.
- i) **Disposición final.** Es la última etapa del MIRSU y debe hacerse de manera que el impacto negativo de los residuos concentrados en un sitio sea el menor posible, la forma ideal de disponerlos es en un RESA.

#### **1.4 LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS VALORIZABLES**

Cuando la generación de los RSU es inevitable, deben pasar a ser considerados como un recurso a partir del cual pueden ser recuperados materiales re-usables, materia prima, nutrientes orgánicos e incluso energía. A este proceso de recuperación y tratamiento que pone a gran parte de los desechos en condiciones técnicas y económicas de ser vueltos al mercado se lo denomina proceso de valorización de los RSU

Todo lo que se tira en los basureros oficiales (RESA) o clandestinos de las ciudades tiene su valor económico. Grandes cantidades de aluminio, papel, cobre, plásticos y textiles, entre otros, van a parar a esos sitios, perdiéndose así la posibilidad de reinsertarlos en el flujo económico. La pérdida económica se agrava si consideramos que este

comportamiento hacia los desechos impacta negativamente en la valoración económica del medio ambiente y el sistema de salud pública (Ibáñez & Corroccoli, 2002)

La implementación de un proyecto de valorización de RSU enfrenta dos tipos de costos:

- a) El costo de capital está constituido por gastos puntuales que incluyen el equipamiento (vehículos, cintas transportadoras, molinos y prensas), el terreno y la construcción o mejoras de los edificios a utilizar.
  
- b) Los costos de operación son los gastos regulares como el alquiler de equipos o su mantenimiento, mano de obra, gastos administrativos, entre otros. Estos gastos pueden separarse en cuatro categorías; de recolección, de procesamiento y comercialización, de administración y de educación/difusión.

A continuación, se describe la valorización de los residuos orgánicos e inorgánicos.

#### **1.4.1 Valorizables orgánicos**

En la mayoría de los países de América Latina, la cantidad de residuos orgánicos presente en los RSU recolectados diariamente supera el 50% del total, del cual solo un 2% recibe algún tipo de tratamiento, el resto termina en rellenos sanitarios o en tiraderos a cielo abierto (Bello,2017).

Los residuos orgánicos no tienen un valor económico como tal, es por eso por lo que su valorización es un poco más complicada ya que “estos crean problemas de manera casi inmediata, que suele afectar a la población, tales como; propagación de plagas en los cultivos, proliferación de vectores tales como moscas, ratas, cucarachas, entre otras, malos olores y el impacto visual y paisajístico (Bello, 2017)

Existen diferentes alternativas para disminuir el tan creciente problema de los residuos orgánicos donde pueden ser aprovechado:

- a) Alimentación animal. en varias partes de México y principalmente en las zonas rurales, esto es muy frecuente, sin embargo, dado a que el residuo orgánico presenta grandes cantidades de humedad, es necesario no dejar pasar varios días para su consumo y así evitar la descomposición de estos y pueda ser apto para consumo animal.
- b) Compostaje. “Es un abono orgánico que se forma por la degradación microbiana de materiales acomodados en capas y sometidos a un proceso de descomposición” (Torres, 2005).
- c) Lombricultivo. Es una biotecnología que utiliza a una especie de lombriz doméstica, como herramienta de trabajo que recicla la materia orgánica.
- d) Biofertilizantes. Fertilizantes que proviene de la naturaleza y que incrementan el contenido nutricional del suelo.
- e) Biocombustibles o biomasa. Cualquier tipo de combustible sin importar el estado en el que se encuentre (líquido, sólido o gaseoso) que proviene de la biomasa (“Es la utilización de la materia orgánica como fuente energética, abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracteriza por su heterogeneidad, tanto por su origen como por su naturaleza”) (APPA, 2016).

### 1.4.2 Valorizables inorgánicos

La buena gestión de los residuos debe favorecer el reciclaje y utilización de los materiales recuperados como fuente de energía o materias primas, a fin de contribuir a la preservación, uso racional de los recursos naturales y valorización de los residuos. El reciclado puede efectuarse de dos formas:

- a) Por separación en la fuente de los componentes presentes en las basuras, para su recuperación directa.
- b) Partiendo de las basuras brutas

La actividad concluye cuando los residuos llegan a las bodegas de empresas en su mayoría privadas cuyo giro es la recuperación de materiales de desecho, para pesar lo recolectado y venderlo.

En estas compañías recicladoras se reclasifican los materiales por calidad y se empacan en volúmenes de mayor pesaje.

La cadena de reciclaje consta de varias etapas; recuperación, plantas de transferencia, plantas de clasificación (o separación) y reciclador final (o planta de Valorización). Algunos de los principales materiales reciclables valorizables son; vidrio, papel, metales, plástico, telas y componentes eléctricos.

El éxito de un proyecto de reciclaje depende en última instancia de un mercado de materiales reciclables estable y confiable. De no existir, se terminará por almacenar los productos reciclados y eventualmente deberán deshacerse de ellos disponiéndolos en un relleno, con lo que se perderían todos los efectos positivos del proyecto (Ibáñez y Corroccoli, 2002).

## **1.5 EMPRESAS RECICLADORAS**

Como ya se había mencionado con anterioridad en la actualidad países de la Unión Europea están apostando al reciclaje de los residuos a través de empresas recicladoras con el objetivo de convertir a Europa en una sociedad que recicle, evitando los residuos y utilizando los residuos inevitables como recursos siempre que sea posible.

En América Latina la industria del reciclaje sigue siendo, en la práctica, un terreno en el que se mueven organizaciones de pepenadores, dirigidas casi en la sombra por unas cuantas personas actividad en la que la regulación gubernamental es mínima, la tecnología escasa y la planeación limitada, sin embargo, también existen muchas empresas que se preocupan por el medio ambiente, ven un negocio donde otros ven un desperdicio y es así como se crean pequeñas y mediana empresas (PYMES) que se dedican al reciclaje.

### **1.5.1 Empresas recicladoras internacionales**

El nuevo informe del Banco Mundial titulado *What a Waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050* (Los desechos 2.0 Un panorama mundial de la gestión de desechos sólidos hasta 2050), nos pide adoptar medidas urgentes por que se prevé que para el 2050 los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % con respecto a los niveles actuales (Kaza *et al.*, 2018).

En el informe se predice que en el curso de los próximos 30 años la generación de desechos a nivel mundial, impulsada por la rápida urbanización y el crecimiento de las poblaciones, aumentará de 2010 millones de toneladas registradas en 2016 a 3400 millones (Kaza *et al.*, 2018).

De aquí la importancia de buscar la creación de empresas que manejen los residuos a través de la valorización y el reciclaje, en la tabla 1.2 se listan algunas empresas de reciclaje a nivel mundial.

Tabla 1.2 Empresas recicladoras Internacionales.

EMPRESA/ASOCIACIÓN	PAÍS	ACTIVIDAD DE RECICLAJE
AEDRA - Asociación Española de Desguaces y Reciclaje del Automóvil.	España	Se encargan de reciclar los materiales de los automóviles tras su vida útil.
Ecovidrio	España	Entidad sin fin de lucro encargada de la gestión del reciclado de los envases de vidrio depositados en los contenedores de toda España.
Mir Plastics, LLC	Estados Unidos de América	Es un distribuidor de resinas plásticas obsoletas y fuera de grado, así como una empresa recicladora de productos plásticos post-industriales. Desde hace 10 años mantienen una presencia tanto en el mercado doméstico como el internacional de Latinoamérica, Asia y Europa.
Plásticos y Maderas Reciclables	Colombia	Es una empresa constituida para dar respuesta a la necesidad de la industria de manejar los excedentes de producción que se convierten. en residuos convencionales o peligrosos

### 1.5.2 Empresas recicladoras nacionales

En México el Gobierno Federal, a través de la SEMARNAT elaboró el “Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (PNPGIR) 2008–2012”. Este Programa tiene como objetivo “establecer una política ambiental de residuos basada en la promoción de cambios en los modelos de consumo y producción, que fomenten la prevención y gestión integral de los residuos a través de acciones para la prevención y minimización de la generación, la separación de residuos en la fuente, la reutilización y reciclado, la valorización material y energética, hasta la disposición final de los residuos como última opción. Como objetivos específicos, el PNPGIR pretende; lograr la participación de todos los sectores de la sociedad en la reducción de la generación, la separación en la fuente y el manejo ambiental de los residuos.

Con base en los objetivos establecidos en el PNPGIR la SEMARNAT, a través de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, elabora este Directorio de Centros de Acopio de Materiales Provenientes de Residuos en México 2010, con el fin de proporcionar al público en general información relevante sobre el adecuado manejo de los materiales que consumimos y desechamos auxiliando esta labor con un listado de centros de acopio y de recicladores de diferentes materiales en México.

El Directorio incluye información sobre centros de acopio de materiales identificados en todo el país, sin embargo, para facilitar la búsqueda de información se ha organizado en dos secciones o criterios de búsqueda:

- a) Por entidad federativa.
- b) Por tipo material que se acopia o se maneja.

En la tabla 1.3 se muestra un ejemplo del directorio por Entidad Federativa y por tipo de material que se acopia o maneja.

Tabla 1.3 Directorio de empresas recicladoras y/o acopiadoras por entidad federativa.

DIRECTORIO POR ENTIDAD FEDERATIVA		
ESTADO	NOMBRE DE LA EMPRESA/DIRECCIÓN	NOMBRE DEL RESIDUO
Estado de México	Comercializadora y Transportadora Industrial Dr. Río de la Loza s/n San Miguel Chalma, Tlanepantla. 5389 8788	Papel y Cartón
	Papeles y Materias Primas Secundarias, S.A. de C.V. Xicontecat1 1, Col. Esfuerzo Nacional Ecatepec 755 8833	Papel y Cartón

Fuente: SEMARNAT, 2010

---

DIRECTORIO POR ENTIDAD FEDERATIVA

---

ESTADO	NOMBRE DE LA EMPRESA/DIRECCIÓN	NOMBRE DEL RESIDUO
	Tecnología de Reciclaje, S.A. de C.V. Av. De los Héroes s/n, Fracc. Industrial Tecámac. 5836 7260 y 69 www.tecnologiaderreciclaje.com	PET
	Industria Mexicana De Reciclaje Blvd. Miguel Alemán Km. 7 Mzna 3 Lt 6 Parque Industrial Exportec I, Toluca. (722) 2496804	PET
Estado de México	Grupo de Tecnología Alternativa ,S.C. Av. de los Arcos 24-6, San Juan Totoltepec Naucalpan. 5256 2178 5364-4185 www.sirdo.com.mx	Residuos orgánicos
	Reciclables Ruyadavi Industriales Prol. 2 de marzo 194 Santiaguito, Texcoco. (59) 5955 9296 rirs@infinitum.com.mx	PET, polietileno de alta densidad, cartón, papel, vidrio, metales.
	Tecnosilicatos de México, S.A. de C.V. OFICINAS: Blvd. Toluca 119 Segundo Piso, Bosques de las Lomas. PLANTA EN TULTITLÁN 3868 0490	Plásticos, PET, cartón, papel de diferentes tipos, vidrio, aluminio, ferrosos, no ferrosos y textiles

---

Fuente: SEMARNAT, 2010

### 1.5.3 Empresas recicladoras en el estado de México

El Estado de México ocupa el primer lugar a nivel nacional en número de habitantes con 15 millones 175 mil 862, según el censo de población 2010, cuenta también con el 13.5% de la industria nacional, destacando la producción de alimentos, bebidas, tabaco, entre otros, aunado a ello las actividades sociales y comerciales se han incrementado; generando con ello un aumento considerable en la generación de residuos,

situación que se ve complicada por las prácticas inadecuadas durante la recolección, separación y la falta de aprovechamiento de los materiales valorizables que pueden ser reincorporados a la cadena productiva y utilizarlos como materia prima en los procesos de producción (SMA, 2018). Ante tal situación en el 2011 se concreta en el Estado de México un Registro de empresas prestadoras de servicios en Materia de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de manejo especial (Tabla 1.4), que se publica en la Gaceta del Gobierno del Estado de México (G.G. 2011).

Tabla 1.4 Registro de empresas prestadoras de servicios en Materia de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de manejo especial del Estado de México.

NOMBRE DE EMPRESA	NO. DE REGISTRO	DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS QUE OFRECE	DIRECCIÓN Y TELÉFONO
TECUMI S.A. DE C.V. C. Antonio Márquez Acevedo director general	562112549300001	Manejo de residuos sólidos a través del desarrollo de sistemas integrales de tecnologías mecánicas, termodinámicas y rellenos sanitarios	Francisco I. Madero S/N, Colonia San Pablo de las Salinas, Tultitlan Estado de México, C.P. 54930 Teléfono y Fax (55)58-38-78, 26-47-04 61.
MÓVILCONTAINER S.A. DE C.V. Ing. Luis Arturo Paredes Marciales Gerente General.	562112554900002	Recolección, transporte y confinamiento final de residuos industriales no peligrosos.	Av. Vicente Lombardo Toledano. No. 117, Colonia Miguel Hidalgo, Ecatepec, Estado de México, C.P. 55490 Teléfono (55) 57 90 24 07 Fax 55 69 46 92 aparedes@movilteiner.com
TECNOSILICATOS DE MEXICO S.A. DE C.V. Lic. Rafael Carmona Pardo, presidente.	562112535500003	Manejo de residuos sólidos y peligrosos, incluyendo barrido manual y mecánico	Calzada San Esteban No. 73, Unidad San Esteban, Naucalpan, Estado de México, C.P. 53550 (55) 55 30 42 23, 55 76 21 11

Fuente: G.G., 2011.

Tabla 1.5 Registro de empresas prestadoras de servicios en Materia de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de manejo especial del Estado de México (continuación).

NOMBRE DE EMPRESA	NO. DE REGISTRO	DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS QUE OFRECE	DIRECCIÓN Y TELÉFONO
IMABE IBERICA S.A. DE C.V. Lic. Javier Robledo Serratos Director comercial	562112531100004	Fabricación y venta de maquinaria, instalación, diseño de planta, servicio técnico y venta de refacciones para el manejo de residuos sólidos industriales, manejando volúmenes de 50 ton/día	Av. Santa Cruz del Monte No. 104-P. Colonia Santa Cruz del Monte, Naucalpan, Estado de México C.P. 53110 Teléfono (55) 53 93 60 61, 53 93 84 46, 53 93 56 57, 55 62 99 06
Grupo Asfaltos y Terracerías de Ecatepec S.A. de C.V. Ing. Alfredo Barrera García, Gerente General	562112078700008	Construcción de rellenos sanitarios y saneamientos de sitios de disposición final de residuos sólidos.	Basiliso Romo Anguiano No.02. Colonia Guadalupe Insurgentes, México, D.F. C.P. 07870, Tel. y Fax (55) 57 49 72 68, 57 39 49 78

Fuente: G.G., 2011.

## 1.6 GOBERNAZA E IDIOSINCRACIA

En la década de los ochenta, el concepto de gobernanza (governance) era utilizado en estudios del sector privado en relación con una mayor interdependencia de la gestión corporativa de sus proveedores y clientes. Hasta 1989, el Banco Mundial adoptó el concepto para el ámbito gubernamental en El África subsahariana: de la crisis al desarrollo sustentable. Una perspectiva de largo plazo, donde se señalaba que los problemas sociopolíticos de las naciones africanas se debían a la incapacidad de sus gobiernos para dirigir las políticas públicas (Rodríguez-González, 2009).

En un primer momento, la gobernanza fue un concepto descriptivo que permitió a los académicos analizar nuevos procesos de interacción entre gobierno y actores sociales. Después, el concepto cobró un sentido normativo al convertirse, para algunas organizaciones internacionales, en representante de las mejores prácticas de gobierno; por lo que se recomendaba a los gobiernos implementar mecanismos cooperativos con sus

sociedades (Aguilar-Villanueva 2010), donde las esferas gubernamentales en el ámbito municipal deben promover un esquema distinto y comenzar a efectuar la transición de la gestión centralizada hacia la gestión compartida, mediante un modelo más abierto donde exista una mayor interacción entre los actores.

La idiosincrasia por su parte es un concepto referente a las decisiones o ideas personales de una persona, para alcanzar una gobernanza se debe lograr una participación activa de las comunidades, por lo que se hace necesaria la promoción de instrumentos metodológicos que fortifiquen y promuevan la capacidad con que cuentan las organizaciones para que tengan un control de los procesos, a partir de su propia idiosincrasia e interés de transitar por un cambio social, ambiental y cultural (López, López y Rodríguez, 2005).

### **1.6.1 Conceptos de gobernanza e idiosincrasia**

La gobernanza es definida como un nuevo estilo (o proceso) de gobernación diferente al esquema jerárquico y centralizado del gobierno tradicional en el que la burocracia y actores sociales interactúan en redes decisionales caracterizadas por procesos de negociación, cooperación y coproducción en la definición de las políticas públicas (Bassols, 2011).

Actualmente se define a la gobernanza como, la capacidad de una entidad de movilizar y coordinar el poder y los recursos, a través del análisis de los costos de transacciones y de la simetría de la información y se asocia a los modos de coordinar acciones individuales para lograr rápidamente formas de orden social (Espejel, 2014). En este sentido, se propone un concepto integrado llamado gobernanza ambiental que es el conjunto de instituciones, procesos y mecanismos, formales e informales, en los cuales interactúan actores interesados y afectados, tanto sociales, como económicos y gubernamentales en la gestión ambiental (Martínez & Espejel, 2015).

La idiosincrasia es un conjunto de ideas, comportamiento, actitudes, pensamientos, acciones y lenguaje de un individuo o grupo humano que influyen en costumbres sociales y aspectos culturales. En términos ambientales, la idiosincrasia ambiental se entiende, como la manera particular de ser de cada individuo y de nuestra sociedad respecto al cuidado del medio ambiente, por ejemplo, la comodidad de tirar la basura en la calle (o de otras diversas acciones irresponsables), simplemente porque no importa, convirtiéndose en una actitud de desidia. Esto parece confirmar que la conducta humana está hecha de incertidumbre y que cotidianamente adoptamos decisiones y acciones que comprometen nuestro futuro. Por lo anterior, y considerando que la responsabilidad con que tomamos nuestras decisiones varía de acuerdo al conocimiento que poseamos al respecto, se podría considerar si dicha desidia se debe a falta de información. Pero teniendo en cuenta que actualmente la educación ambiental forma parte del sistema educativo (con deficiencias si se quiere), que los medios de comunicación, las instituciones federales y estatales y diversas ONG presentan proyectos y campañas ecológicas permanentes, tal afirmación parece endeble. Ello nos lleva a que debemos adoptar nuevas pautas de comportamiento ético hacia el medio ambiente mientras más tiempo se deje de realizar un comportamiento específico, mayores serán las posibilidades de que dicho comportamiento se produzca. (Coutiño-Molina, 2013)

### **1.6.2 Aspectos de la gobernanza**

Inicialmente la teoría de la gobernanza se interesó por las acciones directivas de las autoridades políticas, en la medida que éstas formaban y determinaban estructuras y procesos socioeconómicos. La gobernanza se utiliza ahora para indicar una nueva manera de gobernar que es diferente del control jerárquico, un modo más cooperativo en el que los actores estatales y los no estatales participan en redes mixtas público privadas (Cerrillo, 2005). La gobernanza está integrada por cinco aspectos:

- a) Planeación. Identificar los proyectos a desarrollar, establecer prioridades para realizarlos de manera ordenada y eficiente, hay que asegurar que los beneficios sean mayores que los costos.
- b) Ejecución. De todo tipo, pero destacando el financiamiento, con esquemas novedosos que permitan la obtención de capital de diferentes fuentes, mediante la adopción de modelos adecuados, mecanismos objetivos y transparentes de riesgos y costo-beneficio.
- c) Visión de largo plazo. No se trata solamente de satisfacer una necesidad priorizada, sino que además hace falta prever los efectos, las consecuencias y los beneficios no inmediatos de los proyectos y asumir adecuadamente el resultado de esa previsión.
- d) Atención a todas las partes interesadas e involucradas. Dialogar con los grupos y las personas para tomar en cuenta sus planteamientos y necesidades específicas y armonizar las diferentes posiciones para que el proyecto ofrezca los mayores beneficios para todos.
- e) Actuación abierta y transparente. Actuar de cara a los demás en los procesos, de manera que la realidad genere una clara percepción de absoluta transparencia, que es una demanda actual en todos los ámbitos.

### **1.6.3 Gobernanza Ambiental**

Los debates sobre la gobernanza son cada vez más frecuentes dentro de las ciencias ambientales debido a una mayor participación de los actores sociales en la gestión ambiental. El término gobernanza fue usado por primera vez en México en 1995, y su definición ha evolucionado conforme al desarrollo social, político y económico del país. El concepto de gobernanza en la investigación ambiental esboza procesos como la

autoorganización comunitaria para el aprovechamiento de recursos naturales, la transformación de las instituciones y la política ambiental, la influencia de la globalización a través de nuevos mecanismos de regulación no gubernamentales y la articulación de redes transnacionales y, en general, el impacto de la política ambiental en la sociedad (Martínez & Espejel, 2015). En este contexto, se ha propuesto el uso de los procesos participativos para incrementar el conocimiento sobre los sistemas ambientales y mejorar la calidad de las decisiones políticas. Funtowicz y Ravetz (1993) sugieren que las decisiones políticas en materia ambiental se deberían formular en una comunidad extendida de iguales, compuesta por todos los actores afectados o interesados.

En la mayoría de los municipios de México, no existe la gobernanza ambiental para la gestión de los RSU, y solo existe la gobernabilidad enfocada en un modelo tradicional construido a partir de una estructura gubernamental jerárquica y centralizada, que es ineficiente en sus funciones y no cumple con sus responsabilidades, acompañada por una nula participación ciudadana y un factor social llamado idiosincrasia. En tanto, los dos factores esenciales para enfrentar la problemática de los RSU son; la participación ciudadana y los programas de cooperación intermunicipal. En este punto es que la gobernanza en materia de RSU representa una alternativa viable y recomendable para la consolidación de la GIRSU (Gran & Bernache, 2016)

## **1.7 SINERGIAS**

El término sinergia proviene del griego, *synergo*”, que traducido literalmente significa “trabajando en conjunto”. De acuerdo con la Real Academia Española, sinergia es la “acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales”. La sinergia comúnmente refleja un fenómeno por el cual actúan en conjunto, varios factores, o varias influencias, observándose así un efecto además del que hubiera podido esperarse operando independientemente.

La sinergia a nivel empresarial se define como la capacidad de una empresa multinegocios para generar, en conjunto, mayor valor económico del que produciría cada unidad estratégica de negocio de manera independiente (Rivas & Londoño-Correa, 2017).

Enfocando la sinergia a el manejo de los residuos, se define como el trabajo en conjunto de los factores involucrados en el manejo de los RSU para incrementar su aprovechamiento. Estos factores son municipalidad y empresas privadas de acopio y/o reciclaje. La municipalidad a su vez se integra por entidades, que están relacionadas directamente en el manejo de los residuos, estas entidades son la sociedad, autoridades y segregadores primarios. En la figura 1.11 muestra la forma en que debe estar formada la sinergia para el MIRSU, siendo las autoridades municipales el pilar, debido a que tienen a su cargo las funciones del MIRSU.

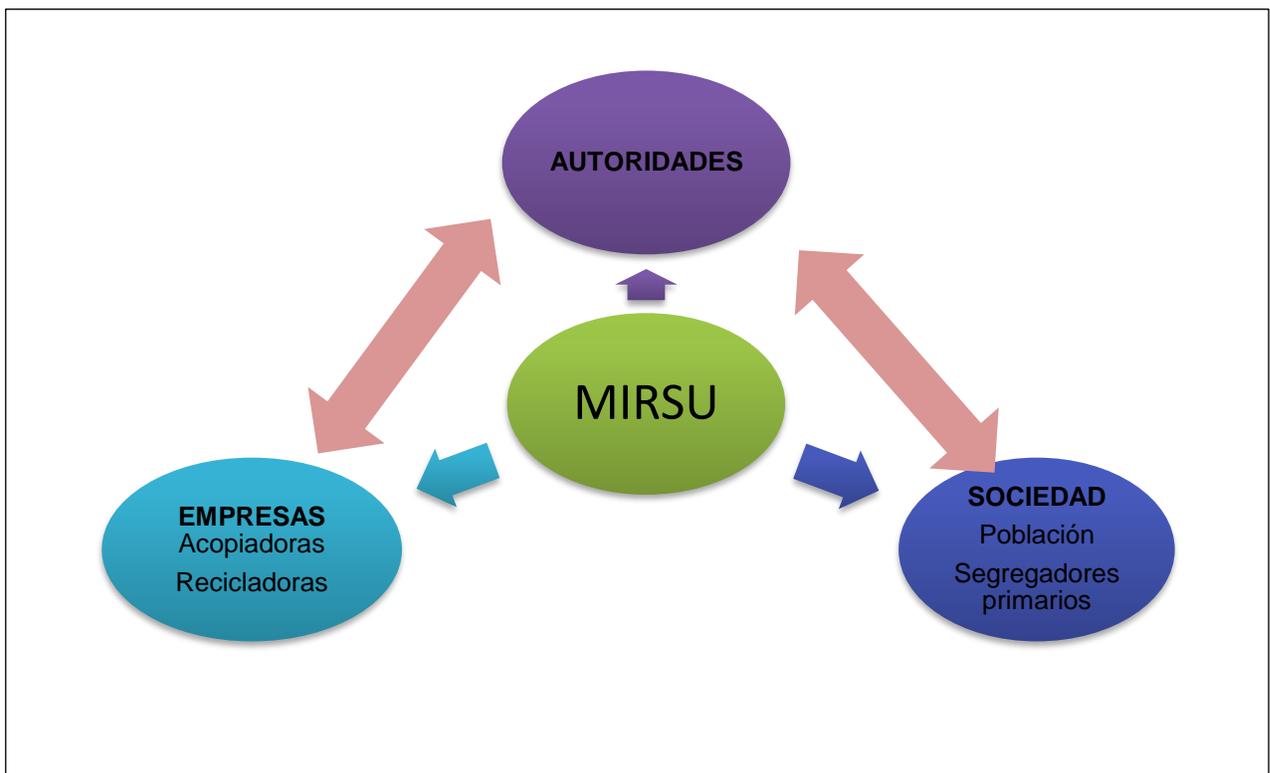


Figura 1.11 Esquema de sinergia entre las entidades involucradas.

Para llevar a cabo una sinergia enfocada al Manejo eficiente de los RSU es necesario identificar los campos de acción sobre los que actuará, los cuales son; análisis del MIRSU, análisis de mercado y revalorización de RSU.

Cuando los campos de acción están definidos el siguiente paso es la formación de la cooperación, la cual debe estar liderada por el foco sinérgico (autoridad municipal) el cual es el responsable de la adquisición de los nuevos contratos, de la selección de las empresas y la regulación ambiental.

Finalmente el tercer paso para la sinergia es gestionar la cooperación, siendo también el foco sinérgico el encargado de la coordinación y la gestión de la red de cooperación. Se deben considerar los efectos que tendrá la sinergia, los cuales se dividen en diferentes niveles involucrados (Selberherr & Girmscheid, 2012).

- a) Nivel de contexto institucional (Municipio). En este nivel se deben considerar los efectos que se tendrán en el contexto conformado por la economía, la ecología, la sociedad y la tecnología.
- b) Nivel de la red interorganizacional. En este nivel los efectos de observación son las empresas involucradas en la red sinérgica o de cooperación y sus interacciones. Se debe garantizar la conformidad del mercado de los precios y servicios dentro de las normas obligatorias de cooperación.
- c) Nivel de la empresa individual. En este nivel los efectos a considerar son; la organización y procesos de las empresas involucradas, que deben estar estructurados, a modo que la cooperación sinérgica no tenga interferencias negativas y sus negocios particulares puedan continuar de manera normal.
- d) Nivel del individuo (Segregadores primarios y población). Por último, pero no menos

importante, las interacciones de los individuos involucrados, en la sinergia hay que examinar, una cultura de confianza y de compromiso, que solo se puede originar si hay una interacción entre las entidades involucradas.

### **1.7.1 Tipos de sinergias**

Según la aplicación de la sinergia dentro de las organizaciones involucradas se pueden dividir en tres tipos (AIDA,2019).

a) Sinergia empresarial. Es cuando dos o más empresas se unen en un mismo proyecto obteniendo mayores ingresos y menores costos. A su vez se dividen de acuerdo con sus objetivos en:

- Sinergia de inversión. Se comparte una planta de trabajo, maquinaria, transporte, entre otras.
- Sinergia de ventas. Se utilizan los mismos canales de distribución, comparten gastos de publicidad, herramienta, transporte o equipos de ventas.
- Sinergia de dirección. Se aprovechan todas las capacidades de un equipo en varios negocios.
- Sinergia de producción. La planificación en la producción es positiva de manera que esta se puede aumentar y reducir los costes.
- Sinergia empresarial de operaciones. La base de los gastos a repartirse es mucho más amplia y los lotes de compra también son más extensos.

b) Sinergias altruistas. Son organizaciones no gubernamentales de derecho ambiental que trabajan atravesando fronteras para defender a los ecosistemas amenazados y a las comunidades que dependen de ellos, debido a que el equilibrio ambiental y los derechos humanos ya no pueden ser protegidos dentro de las barreras políticas de las naciones individuales

- c) Sinergias ambientales. Acciones conjuntas de todos los sectores (industria, gobierno, comercio y sociedad) para el cuidado del medio ambiente (IEU, 2020).

### **1.7.2 Sinergias sobre residuos sólidos. casos de éxito**

En el 2010 con la creación del Directorio de Centros de Acopio de Materiales Provenientes de Residuos en México 2010 se pretendía proporcionar al público en general información relevante sobre el adecuado manejo de los materiales que consumimos y desechamos, con la intención de fomentar una nueva cultura de consumo y del adecuado manejo de los residuos y nuestro país. Es así como se crean sinergias empresariales y municipales para el manejo de los residuos ya que como se había mencionada el hecho de implementar un proyecto de valorización de RSU enfrenta dos tipos de costos; el costo de capital, el terreno, la construcción o mejoras de los edificios a utilizar; y los costos de operación, por lo que en muchas ocasiones se requiere la unión de los sectores público y privado.

Han ocurrido casos de éxito en México donde grandes e importantes empresas junto con el gobierno han logrado eficiente el reciclaje y la valorización de los residuos.

De acuerdo con los datos obtenidos por la Bolsa Mexicana de Valores, se hace un análisis de las situaciones de las empresas, donde se destacan algunas de las acciones empresariales más relevantes (Bello, 2017).

- a) ALFA es una empresa que cuenta con una de las procesadoras de aluminio más grandes del mundo y logra reciclar aproximadamente 483,000 toneladas de aluminio al año.
- b) ALSEA ha logrado transformar 256,357 litros de aceite quemado en biodiesel.
- c) Las dos televisoras más grandes de México (TV Azteca y Televisa) han apoyado en la conservación de hasta 256 hectáreas de bosques de Chiapas e implementan programas y acciones para protección ambiental, ahorro de energía y reciclaje de residuos

En el 2008, cinco municipios del estado de Jalisco comenzaron una sinergia con el objetivo de unir esfuerzos coordinados para prevenir y gestionar los RSU, lo anterior se realizó firmando un convenio de asociación y colaboración intermunicipal, el cual se publicó en el periódico oficial de Jalisco el mismo año y se le dio el nombre de Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos (SIMAR) Sureste. Este proyecto surge ante la problemática del inadecuado manejo de los RSU por parte de la ciudadanía, causando graves daños al ambiente al depositar sin control toneladas de residuos en tiraderos a cielo abierto, ríos, barrancas, carreteras y zonas forestales, contaminando agua, el aire y el suelo. La falta de recursos para frenar este problema y mejorar los servicios y cobertura de recolección de RSU y seguir las políticas públicas fue uno de los factores que motivaron la búsqueda de una fórmula de resolver el problema en beneficio de la sociedad (SIMAR, 2017).

Dentro de los objetivos específicos del SIMAR es la reducción, reutilización, valorización y tratamiento de subproductos a través de la política de las 3 R. En este sentido, se elaboró e implementó en 2013 el Programa Interestatal de valorización de residuos sólido sureste 2013-2020, el cual se divide en cuatro subprogramas (SIMAR, 2013):

- a) Comunicación y difusión de la participación ciudadana
- b) Infraestructura intermunicipal
- c) Valorización de los residuos
- d) Sistema de información y marco legal

Con este programa se busca el involucramiento de la ciudadanía y sector privado para eficientar la valorización de los RSU, y se fijan los criterios para alcanzar el desarrollo sustentable regional, mediante principios de cooperación intermunicipal, autosuficiencia, comunicación, educación y cumplimiento de las políticas públicas.

El programa es una estrategia para regular el esquema de la pepena de residuos valorizables de una manera mas ordenada, eficiente y digna, lo anterior con apoyo a la constitución de la cooperativa de valorización Intermunicipal de Residuos Sureste (CIVAR Sureste) para que se encargue de la administración, operación y aprovechamiento de los materiales valorizables del Rellenos Sanitario Intermunicipal.

Esta es la primera cooperativa constituida para generar empleo a través del aprovechamiento ordenado de los residuos valorizables. Esta cooperación esta conformada por 10 personas que se encargan de acopiar los materiales que tiene un valor económico en el mercado, como el cartón, pet, plástico, metales de segunda clase y vidrio. Entre las acciones socio-económicas del SIMAR Sureste, se encuentra la generación de empleo por el aprovechamiento de los RSU que tengan valor en el mercado, es por ello, que la CIVAR Sureste, es corresponsable en la administración y operación de la Planta de Selección de Residuos (PSR) y tiene como objetivo incrementar los residuos valorizables y reducir el volumen a confinamiento en el relleno sanitario.

En la tabla 1.5 se muestran los kg de residuos recuperados por CIVAR Sureste, en condiciones de clasificación manual en los años 2015, 2016 y 2017. Se pretende que la automatización del proceso, aumenten cada vez mas las cantidades de RSU valorizables recuperados.

Tabla 1.5 Reporte anual de Acopio de Residuos Valorizables

RESIDUOS / AÑO	2015 (kg)	2016 (kg)	2017(kg)
PET	36,076	60,689	17,323
Aluminio	608	1,948	1,455
Chatarra	3,830	7,628	6,152
Cartón	49,496	40,512	27,885
Plástico tipo lechero	1137	3352	2996
Vidrio Claro	0	0	0
Vidrio transparente	0	0	0
Plástico Rígido	1491	2205	1649

Fuente: CIVRS, 2018

En el 2017 el SIMAR Sureste ya estaba conformado por 9 municipios del estado de Jalisco y uno de Michoacán, y procesaba 27,378.32 t de RSU al año de los cuales el 18 % son valorizables inorgánicos (SIMAR, 2017).

Otro caso de éxito de la unión de la Industria en México para atender un tema en favor de todos es ECOCE, ya que ha logrado sinergia con todos los sectores, la industria, el gobierno, el comercio y la sociedad para trabajar juntos por un país mejor y más limpio. ECOCE ha trabajado en conjunto con autoridades de los tres niveles de gobierno en toda la República en campañas de sensibilización y acopio de envases para fomentar la educación ambiental en zonas geográficas afectadas por la mala disposición de los residuos que la sociedad genera, en muchos casos, a través de distintas campañas para ello. Existen 5 empresas con presencia nacional que ofrecen un servicio profesional en el rubro de MIRSU y que cumplen con la normatividad vigente: PASA, Proactiva Medio Ambiente México, Grupo Red Ambiental, TECMED y Proterra de Grupo Domos, estas empresas prestan un servicio integral, desde la recolección hasta la transferencia, tratamiento y disposición final. PASA es la empresa líder con 21 concesiones municipales para el manejo de los RSU, Proactiva Medio Ambiente México es el segundo recolector privado de RSU en el país con 14 concesiones municipal. Ambas empresas están conscientes que se necesitan crear proyectos y alianzas para enfrentar el problema de los residuos.

## 2 METODOLOGÍA

Las etapas requeridas para llevar a cabo esta investigación se muestran en la figura 2.1 y posteriormente se describen las actividades que se realizarán en cada una.

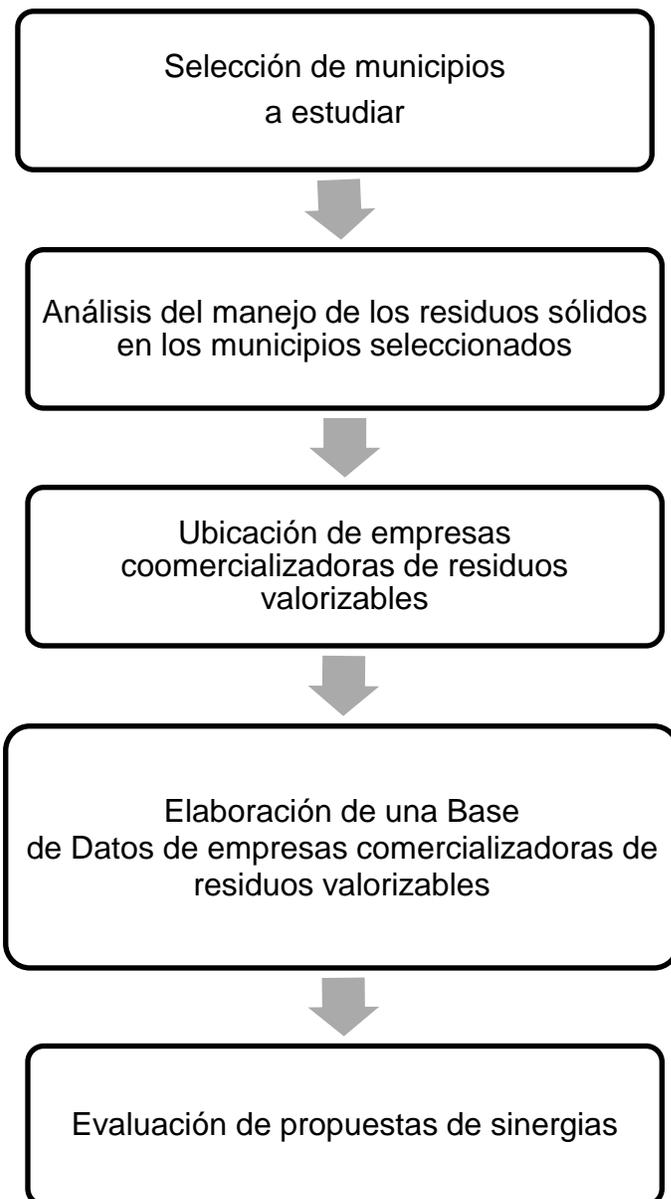


Figura 2.1 Esquema Jerárquico de las variables y los municipios de estudio.

## **2.1 SELECCIÓN DE LOS MUNICIPIOS A ESTUDIAR**

Para llevar a cabo esta etapa, se identificaron los municipios ubicados en la periferia Sur del Estado de México mediante el software “Mapa Digital V6.3.0” del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020) y se agruparon de acuerdo con las Regiones Ambientales (RA) de esta entidad federativa. Se seleccionó la RA con mayor número de municipios periféricos.

Las RA están establecidas en el decreto número 313, por el que se reforma el artículo 126 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México, están localizadas con base al análisis geográfico, sociodemográfico y ambiental de los municipios de la entidad, su objetivo es minimizar el impacto ambiental generado por el cambio climático atendiendo las particularidades geográficas, sociales y culturales de las zonas de la entidad (POGELSM, 2018).

Posteriormente se hizo un listado de variables para analizar la situación del Manejo de RSU en cada municipio y se agruparon en cuatro rubros: Social, Económico, Gobernanza y Medio Ambiente (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Variables a considerar para la selección de los municipios.

SOCIAL	ECONÓMICO	GOBERNAZA	MEDIO AMBIENTE
Población Total del municipio (PTM)	Producto Interno Bruto (PIB)	Recolección de RSU (RRSU)	Cantidad de Rellenos Sanitarios Dentro (RESAD)
Población Total de los municipios colindantes (PTMC)	Ingreso Municipal (IM)	Bando Municipal (BM)	Cantidad de no rellenos Sanitarios Dentro (CNRESAD)
Población Total del municipio más municipios colindantes (PTM+PTMC)	Unidades Económicas (UE)	Plan de Desarrollo Municipal (PDM)	Cantidad de Rellenos Sanitarios Dentro y Fuera (RESADyF)
Densidad poblacional (DP)	Unidades Económicas de Manejo de Residuos (UEMR)	Programa de Manejo y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (PMGIRSU)	Cantidad de no rellenos sanitarios Dentro y Fuera (CNRESADyF)
	Población en situación de pobreza (PP)		

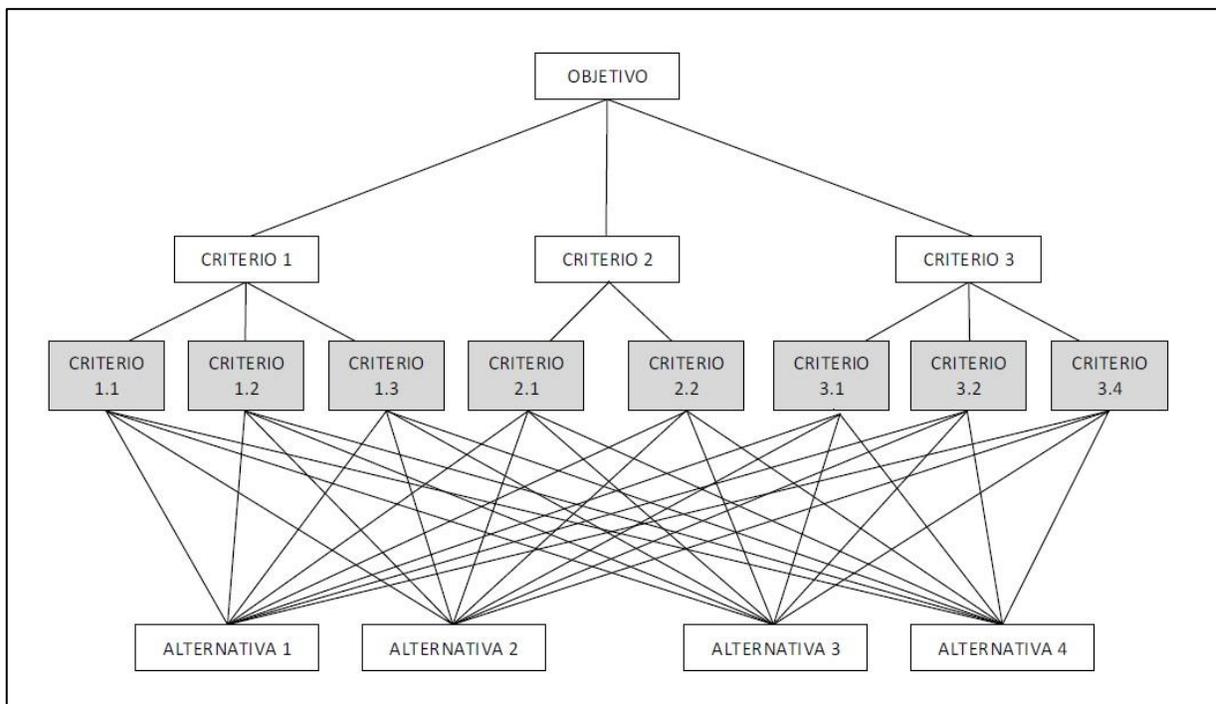
RSU, Residuos Sólidos Urbanos  
Fuente: Santana-Rodríguez, 2017.

Los datos de las variables se localizaron en fuentes oficiales como: Anuario Estadístico y Geográfico por Entidad Federativa 2017 (INEGI, 2017), Estadísticas Básicas Municipales (IGECEM 2018) y Anuario Estadístico del Estado de México (INEGI 2017).

Después se aplicó el método de ponderación de “Proceso Analítico Jerárquico” (AHP, por sus siglas en inglés) usando Microsoft Excel. El AHP es un método de selección de alternativas en función de una serie de criterios normalmente jerarquizados, las cuales están en conflicto. En esta estructura jerárquica, el objetivo final se encuentra en el nivel más elevado y, los criterios y subcriterios en los niveles inferiores, tal y como se muestra en la figura 2.2. Para que el método sea eficaz, es fundamental elegir bien los criterios y subcriterios, los cuales deben estar bien definidos, ser relevantes y mutuamente excluyentes (independencia entre ellos). Es importante que el número de criterios y subcriterios en cada nivel no sea superior a siete, para evitar excesivas comparaciones a pares (Yepes, 2018).

El Método AHP se desarrolló de la siguiente manera:

- a) Se inició seleccionando las variables más interesantes, entre un conjunto de alternativas.
- b) Se definieron los criterios y subcriterios a utilizar para determinar la selección. Lo anterior se puede representar mediante una estructura jerárquica como la de la figura 2.2 con cuatro alternativas, ocho subcriterios y tres criterios.



Fuente: Yepes, 2018.

Figura 2. 2 Esquema Jerárquico.

- c) Una vez definida la estructura jerárquica, se compararon los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizaron matrices de comparación pareadas usando una Escala Fundamental (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Escala Fundamental de comparación de pares.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual Importancia	El criterio A es igual de importantes que el criterio B.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B.
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B.
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B.
9	Importancia Extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B esta fuera de toda duda-
2,4,6,8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar.	
Recíproco de lo anterior	Si el criterio A es de importancia grande frente al criterio B las notaciones serían las siguientes: Criterio A frente al criterio B 5/1 Criterio B frente al criterio A 1/5	

Fuente: Saaty, 1980

- d) La comparación de las diferentes alternativas respecto al criterio del nivel inferior de la estructura jerárquica, como la comparación de los diferentes criterios de un mismo nivel jerárquico, dan lugar a una matriz cuadrada denominada Matriz de decisión. Esta matriz cumple con las propiedades de reciprocidad (si  $a_{ij}=x$ , entonces  $a_{ji}=1/x$ ), homogeneidad (si  $i$  y  $j$  son igualmente importantes,  $a_{ij}=a_{ji}=1$ , y además,  $a_{ii}= 1$  para todo  $i$ ), y consistencia (la matriz no debe contener contradicciones en la valoración realizada). La consistencia se obtiene mediante el Índice de consistencia (*Consistency Index*, CI), donde  $\lambda_{max}$  es el máximo autovalor y  $n$  es la dimensión de la matriz de decisión (Ec. 2.1). Un índice de consistencia igual a cero significa que la consistencia es completa. Una vez obtenido CI, se calcula la proporción de consistencia (*Consistency Ratio*, CR) con la ecuación 2.2 y el índice aleatorio (RI), que indica la consistencia de una matriz aleatoria (Tabla 2.3) el CR es aceptado siempre que no supere los valores indicados en la tabla 2.4. Si en una matriz se supera el CR máximo, hay que revisar las ponderaciones.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Tabla 2.3 Índice aleatorio.

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio (RI)	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Tabla 2.4 Porcentajes máximos de proporción de consistencia.

TAMAÑO DE LA MATRIZ (n)	PROPORCIÓN DE CONSISTENCIA (CR) (%)
3	5
4	9
5 o mayor	10

- e) Una vez verificada la consistencia, se obtuvieron los pesos o ponderaciones que representan la importancia relativa de cada criterio o las prioridades de las diferentes alternativas respecto a un determinado criterio. Para ello, se utilizó el Método de los autovalores, donde hay que resolver la ecuación 2.3, donde  $A$  representa la matriz de comparación,  $w$  el auto vector o vector de preferencia, y  $\lambda_{max}$  el autovalor.

$$A * w = \lambda_{max} * w \quad \text{Ec. (2.3)}$$

## **2.2 ANÁLISIS DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS MUNICIPIOS SELECCIONADOS**

En esta sección se analizó el MIRSU, investigando primero las actividades económicas de los municipios seleccionados y el manejo de los residuos por parte de las autoridades municipales.

### **2.2.1 Análisis de las actividades económicas**

Las actividades económicas de los municipios se investigaron en las Estadísticas Básicas Municipales del Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGCEM, 2018). También se descargaron los Planes de Desarrollo Municipales vigentes en internet y se consultó información de la plataforma de la Secretaría de Educación Pública en la sección “Actividades económicas en tu Municipio” (SEP, 2019).

### **2.2.2 Análisis del manejo de los residuos sólidos**

Se recolectó información del MIRSU en los municipios elegidos mediante la Cédula de Entrevista (CE), aplicada directamente a las autoridades involucradas de los ayuntamientos correspondientes (Figura 2.3). La CE fue elaborada por la Línea de Generación y Aplicación de Conocimiento (LGAC) “Tratamiento de Contaminantes y Gestión Ambiental clave LGAC-2017-TOLU-DAMB-26 del Instituto Tecnológico de Toluca, tomando como base la Guía para la Elaboración de Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos” (SEMARNAT-GTZ, 2006) y fue revisada por expertos de la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplica a Residuos Sólidos, A.C. (SOMERS) y la Red Iberoamericana en Gestión y Aprovechamiento de los Residuos (REDISA). La CE está dividida en 5 módulos: Marco Legal e Institucional, Económico y Financiero, Barrido, Recolección y Disposición Final.

**PROYECTO**  
" UBICACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS INTERMUNICIPALES FUTUROS EN EL ESTADO DE MEXICO Y ESTADOS ALEDAÑOS "

**CÉDULA DE ENTREVISTA PARA APLICACIÓN A AYUNTAMIENTOS**  
**Plan para el manejo, aprovechamiento y valorización de los Residuos Sólidos Urbanos del Estado de México**

**INDICE**

[a\) Color de las celdas](#)  
[b\) Unidades de Medida](#)  
[c\) Abreviaturas utilizadas](#)  
[d\) Glosario](#)

En la Cédula de Entrevista se deberá registrar la información real relacionada con la gestión de sus residuos sólidos. Los tipos de datos que se capturan principalmente en la Cédula de Entrevista son números, texto y lista desplegable. En las lista, solo debe seleccionar la opción que responda la pregunta (celda verde). En los campos numéricos (color azul), si no tiene información dejar en blanco y desplazarse con la tecla tabular, para que no le muestre el mensaje de error de captura, preferentemente evite colocar cero.

Tenga presente la siguiente nomenclatura:

a) Color de las celdas	Colocar datos de tipo numérico	
	Colocar texto	
	Seleccionar dato de una lista	
	Valor capturado por el entrevistador	
	Titulo de las celdas	

Figura 2.3 Cédula de entrevista (CE).

La información sobre la generación, recolección, valorización, costos de transporte y disposición final de RSU se ordenó en una hoja de Excel ®. Con esta información y la composición reportada por López-Gasca (2020), se determinó el potencial de comercialización de RV de cada municipio, al cual se le denominó Escenario Base.

## 2.3 UBICACIÓN DE EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE RESIDUOS VALORIZABLES

Para localizar a las empresas acopiadoras y comercializadoras de RV, se utilizaron los Directorios de Centros de Acopio Federales y Estatales, el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2019) y páginas web (SEMARNAT, 2010; POGELSM, 2011; INEGI, 2019). Posteriormente cada empresa se localizó mediante Mapa Digital V6.3.0 (INEGI, 2020), para determinar el geoposicionamiento de las más cercanas a los municipios del área de estudio.

## **2.4 ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE RESIDUOS VALORIZABLES**

Con la información recabada en la etapa anterior se elaboró una Base de Datos, la cual se integró con lo siguiente: Nombre ó Razón social de la empresa, Actividad económica, Tipo de Manejo, Nombre del residuo, Dirección, correo/página electrónica y Número telefónico. Se seleccionaron las empresas más cercanas a las cabeceras de los municipios elegidos con potencial de sinergia, para generar el menor costo de traslado de los RV.

Se elaboró una Cédula de Entrevista para Empresas Comercializadoras de Reciclables (CEEER), con base en la NTEA-010-SMA-RS-2008 “Norma Técnica Estatal Ambiental que establece los requisitos y especificaciones para la instalación, operación y mantenimiento de infraestructura para el acopio, transferencia, separación y tratamiento de residuos sólidos urbanos y de manejo especial (RME), para el estado de México” (POGELSM, 2009). Esta CEEER se dividió en seis secciones:

- a) Datos Generales
- b) Disposiciones Generales.
- c) Especificaciones para los Centros de acopio C y D, Plantas de separación y Plantas de tratamiento de RSU y RME.
- d) Especificaciones para Centro de Acopio (CA) de RSU y RME.
- e) Especificaciones para Plantas de separación de RSU y RME.
- f) Especificaciones para Plantas de tratamiento de RSU y RME.

Se solicitó visitar las empresas seleccionadas con sus encargados, para aplicar la CEEER y conocer sus instalaciones, sus operaciones y su cumplimiento legal. La CEEER se aplicó a los encargados que aceptaron la visita a sus empresas y se realizó un análisis a la información recabada en cada sección.

## 2.5 EVALUACIÓN DE PROPUESTAS DE SINERGIAS

Se planteó un esquema llamado “Escenario Proyectado”, donde para su elaboración se realizaron cotizaciones en tres empresas de compraventa de materiales reciclables de la zona Metropolitana del Valle de Toluca; y se estimó un valor promedio para cada uno de los RV. Posteriormente con los datos de la composición de subproductos reportados por López-Gasca (2020), se calculó la recuperación de RV en cada municipio, el ingreso bruto por su venta (Ingresos potenciales) y el ahorro por la disposición de los residuos no valorizables.

Con lo anterior, se elaboraron y valoraron económica y ambientalmente el “Escenario cero” y el “Escenario con sinergias”. Para la elaboración de sinergias se eligieron tres municipios cercanos entre ellos y el(los) CA de RV cercanos y/o que cumplieran con la reglamentación para su operación. La evaluación de las propuestas de sinergias se realizó estimando las distancias para el traslado de RSU no valorizables al SDF elegido y de RV a el(los) CA y con ello, el combustible requerido, su costo (considerando un precio de \$20.1/L de diesel) y la Huella de Carbono generada por el traslado en toneladas de bióxido de carbono equivalente de (CO<sub>2</sub>e) PMC, 2016).

### 3. RESULTADOS

En esta sección se presenta los resultados obtenidos conforme a la metodología descrita en el apartado dos; comprende la recopilación de la información, el procesamiento y selección de municipios, análisis del MIRSU en los municipios seleccionados, la elaboración de la base de datos de las empresas acopiadoras y/o recicladoras y dos escenarios de sinergias para los municipios seleccionados.

#### 3.1 SELECCIÓN DE MUNICIPIOS A ESTUDIAR

Con ayuda del software “Mapa Digital V6.3.0” del INEGI (2020), se identificaron 12 municipios en la frontera Sur del Estado en México (Figura 3.1), los cuales se agruparon en las cuatro RA que se muestra en la tabla 3.1. Las RA con el mayor número de municipios fueron la del “Rio Lerma Subcuenca la Laguna” y la del “Sur”.



Fuente: INEGI, 2019

Figura 3.1 Municipios de la periferia Sur del Estado de México.

Tabla 3.1 Municipios de la periferia Sur del Estado de México.

	MUNICIPIO	REGIÓN AMBIENTAL	DISTANCIA AL RELLENO SANITARIO DE TENANGO DEL VALLE (km)
1	Tlatlaya	Sur	360.0
2	Amatepec	Sur	334.4
3	Luvianos	Sur	312.8
4	Tejupilco	Sur	259.6
5	Sultepec	Minera	199.2
6	Zacualpan	Minera	506.0
7	Ixtapan de la Sal	Turística	83.2
8	Tonatico	Turística	105.4
9	Malinalco	Río Lerma: Subcuenca la Laguna	71.4
10	Ocuilan	Río Lerma: Subcuenca la Laguna	62.4
11	Zumpahuacán	Río Lerma: Subcuenca la Laguna	75.0
12	Xalatlaco	Río Lerma: Subcuenca la Laguna	66.2

Se eligió la RA “Río Lerma Subcuenca la Laguna”, debido a que las distancias entre sus municipios y el RESA de Tenango del Valle fueron las más cortas. Cabe mencionar que dicho RESA además de ser el más cercano, opera conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003 y la RA elegida es la más cercana a la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, lugar donde se encuentran la mayor cantidad de unidades económicas dedicadas al comercio de RV (DOF, 2004; CMM, 2015).

La RA “Río Lerma: Subcuenca la Laguna” cuenta con ocho municipios periféricos y se anexaron los municipios de Almoloya de Río y Tonatico, ya que sus RSU se disponen también en el RESA de Tenango del Valle y son vecinos de la RA mencionada. Los municipios candidatos para el estudio de posibles sinergias fueron los diez que se listan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Municipios seleccionados para la evaluación de sinergias.

MUNICIPIOS DE ESTUDIO	“RÍO LERMA: SUBCUENCA LA LAGUNA”	“TURÍSTICA”	“RÍO LERMA: BROTE DE AGUA”
Almoloya del Río			✓
Joquicingo	✓		
Malinalco	✓		
Tenancingo	✓		
Tenango del Valle	✓		
Tianguistenco	✓		
Tonatico		✓	
Ocuilan	✓		
Xalatlaco	✓		
Zumpahuacán	✓		

Se procedió a la recopilación de datos para las variables de la tabla 2.1, esta información se presenta en las tablas 3.3 a 3.6 para los cuatro criterios.

Tabla 3.3 Criterio “Social”

MUNICIPIOS DE ESTUDIO	POBLACIÓN TOTAL DE LOS MUNICIPIOS (PTM) (hab)	POBLACIÓN TOTAL MUNICIPIOS COLINDANTES (PTMC) (hab)	POBLACIÓN TOTAL MUNICIPIOS + MUNICIPIOS COLINDANTES (PTM+PTMC) (hab)	DENSIDAD POBLACIONAL (DP) (hab/km <sup>2</sup> )
Almoloya del Río	11,126	77,147	88,273	1215
Joquicingo	13,857	323,385	337,242	301
Malinalco	27,482	163,160	190,642	131
Tenancingo	97,891	144,646	242,537	595
Tenango del Valle	86,380	111,748	198,128	414
Tianguistenco	77,147	89,040	166,187	610

Fuente: INEGI, 2017

Tabla 3.4 Criterio "Social" (Continuación)

MUNICIPIOS DE ESTUDIO	POBLACIÓN TOTAL DE LOS MUNICIPIOS (PTM) (hab)	POBLACIÓN TOTAL MUNICIPIOS COLINDANTES (PTMC) (hab)	POBLACIÓN TOTAL MUNICIPIOS + MUNICIPIOS COLINDANTES (PTM+PTMC) (hab)	DENSIDAD POBLACIONAL (DP) (hab/km <sup>2</sup> )
Tonatico	12,324	16,927	29,251	137
Ocuilan	34,485	148,058	182,543	89
Xalatlaco	29,572	111,632	141,204	273
Zumpahuacán	16,927	137,697	154,624	84

Fuente: INEGI, 2017

Tabla 3.5 Criterio "Económico"

MUNICIPIOS DE ESTUDIO	a) PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB) (Millones de \$ MNX)	b) INGRESO MUNICIPAL (IM) (\$ MNX)	b) UNIDADES ECONÓMICAS (UE)	b) UNIDADES ECONÓMICAS DE MANEJO DE RESIDUOS (UEMR)	a) POBLACIÓN SITUACIÓN POBREZA (PP) (hab)
Almoloya del Río	171.89	42,682,590	876	19	5,062
Joquicingo	290.3	94,405,000	508	11	9,007
Malinalco	1,221.27	153,467,630	1435	18	18,138
Tenancingo	4,539.98	268,103,650	3996	78	58,930
Tenango del Valle	3,715.32	37,592,6110	4371	104	48,114
Tianguistenco	8,777.07	254,167,857	3709	105	44,434
Tonatico	462.9	85,594,300	677	10	6,827
Ocuilan	697.56	245,882,404	851	18	22,829
Xalatlaco	374.47	98,819,640	980	21	18,601
Zumpahuacán	298.75	119,740,696	289	10	14,236

Fuente: a) INEGI, 2017; b) IGECEM 2018.

Tabla 3.6 Criterio "Gobernanza"

MUNICIPIOS DE ESTUDIO	a) RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RRSU) (t/año)	b) BANDO MUNICIPAL (BM)	b) PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL (PDM)	b) PROGRAMA DE MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS (PMGIRSU)
Almoloya del Río	8,000	1	1	0
Joquicingo	13,000	1	1	0
Malinalco	21,000	1	1	0
Tenancingo	55,000	1	1	0
Tenango del Valle	59,840	1	1	0
Tianguistenco	47,120	1	1	0
Tonatico	10,000	1	1	0
Ocuilan	13,000	1	0	0
Xalatlaco	30,000	1	1	1
Zumpahuacán	3,500	1	1	0

Fuente: a) INEGI, 2017; b) GOEM, 2019.

Tabla 3.7 Criterio "Medio Ambiente"

MUNICIPIOS DE ESTUDIO	CANTIDAD DE RELLENOS SANITARIOS DENTRO (RESAD)	CANTIDAD DE NO RELLENOS SANITARIOS DENTRO (CNRESAD)	CANTIDAD DE RELLENOS SANITARIOS DENTRO Y FUERA (RESADYF)	CANTIDAD DE NO RELLENOS SANITARIOS DENTRO Y FUERA (CNRESADYF)
Almoloya del Río	0	0	1	0
Joquicingo	0	1	1	1
Malinalco	0	0	1	0
Tenancingo	0	0	1	0
Tenango del V.	1	0	1	0
S. Tianguistenco	0	1	1	1
Tonatico	0	1	1	1
Ocuilan	0	0	1	0
Xalatlaco	0	1	1	1
Zumpahuacán	0	0	2	0

Fuente: INEGI, 2017.

Se procedió a realizar el AHP a los diez municipios seleccionados (alternativas) y las variables (criterios y subcriterios) de las tablas 3.3 a 3.6. Se realizó el esquema jerárquico que se muestra en el Anexo A, para determinar las características que pueden hacer más deseable un municipio sobre otro.

Después se realizó la ponderación de los criterios del mismo nivel jerárquico (Tabla 2.2), mediante una matriz pareada criterio por criterio (Tabla B1), donde el CR de la matriz fue de 0.03, comprobando que tiene consistencia menor a 0.9. El vector de esta ponderación muestra la priorización de los criterios, siendo el de Medio Ambiente el de mayor valor de priorización, como se indica en la tabla 3.7.

Tabla 3. 8 Vector de prioridad de los criterios con respecto al objetivo.

CRITERIOS	VECTOR
Medio Ambiente	0.42
Social	0.14
Económico	0.11
Gobernanza	0.33

Se continuó con la ponderación los subcriterios de cada criterio, resultando cuatro vectores de prioridad de los subcriterios respecto a los criterios (Tabla 3.8).

Tabla 3.9 Vectores de prioridad de los subcriterios respecto al criterio.

CRITERIOS	VECTOR DE PRIORIDAD DE LOS CRITERIOS RESPECTO AL OBJETIVO	SUBCRITERIOS	VECTOR DE PRIORIDAD DE LOS SUBCRITERIOS RESPECTO AL CRITERIO
SOCIAL	14%	PTM	0.14
		PTMC	0.09
		PTM+PTMC	0.41
		DP	0.36
		UEMR	0.40
		PP	0.07

Tabla 3.10 Vectores de prioridad de los subcriterios respecto al criterio  
(Continuación).

CRITERIOS	VECTOR DE PRIORIDAD DE LOS CRITERIOS RESPECTO A OBJETIVO	SUBCRITERIOS	VECTOR DE PRIORIDAD DE LOS SUBCRITERIOS RESPECTO AL CRITERIO
ECONÓMICO	11%	PIB	0.13
		IM	0.17
		UE	0.22
		UEMR	0.40
		PP	0.07
MED. AMBIENTE	42%	RESAD	0.32
		CNRESAD	0.09
		RESADyF	0.50
		CNRESADyF	0.10
GOBERNAZA	33%	RRSU	0.07
		BM	0.13
		PDM	0.43
		PMGIRSU	0.37

Posteriormente se procedió a normalizar los subcriterios (variables) con respecto a las alternativas, el resultado fue la obtención de vectores de prioridad de cada alternativa respecto a los subcriterios, los cuales se multiplicaron por los vectores de prioridad de los subcriterios respecto al criterio. Los resultados se presentan en las tablas B2 a B5 (Anexo B).

Se elaboró una matriz con los vectores de prioridad de cada alternativa respecto al criterio y se multiplica por el Vector de prioridad de los criterios respecto al objetivo, sumando a la vez el resultado de cada producto, para finalmente obtener el Vector Global que define la prioridad de cada alternativa con respecto al objetivo (Tabla 3.9).

Para el criterio Social, Tenancingo fue el municipio que encabezó la priorización, en el Económico fue Santiago Tianguistenco, mientras que para Gobernanza y Medio ambiente fue Tenango del Valle; con base a la AHP de datos de fuentes secundarias. En el vector global quedaron priorizados para las sinergias los municipios de Tenango de Valle, Santiago Tianguistenco, Tenancingo y Xalatlaco (Tabla 3.10).

Tabla 3. 11 Vector global.

VECTORES DE PRIORIDAD DE CADA ALTERNATIVA CON RESPECTOS AL CRITERIO					
MUNICIPIOS DE ESTUDIO	SOCIAL	ECONÓMICO	GOBERNANZA	MEDIO AMBIENTE	VECTOR DE PRIORIDAD DE CADA ALTERNATIVA CON RESPECTO AL OBJETIVO
Almoleya del Río	0.14	0.04	0.06	0.05	0.09
Joquicingo	0.13	0.03	0.06	0.09	0.09
Malinalco	0.07	0.06	0.07	0.05	0.06
Tenancingo	0.16	0.20	0.07	0.05	0.12
Tenango del Valle	0.12	0.24	0.08	0.36	0.21
Santiago Tianguistenco	0.13	0.25	0.07	0.09	0.13
Tonatico	0.02	0.03	0.06	0.09	0.05
Ocuilan	0.10	0.06	0.02	0.05	0.07
Xalatlaco	0.07	0.05	0.44	0.09	0.12
Zumpahuacán	0.06	0.03	0.06	0.09	0.07
VECTOR DE PRIORIDAD DE LOS CRITERIOS RESPECTO AL OBJETIVO	0.42	0.14	0.11	0.33	

Tabla 3.12 Orden de prioridad de los municipios.

NO	MUNICIPIO	VALOR DE PRIORIDAD
1	Tenango del Valle	0.21
2	Santiago Tianguistenco	0.13
3	Xalatlaco	0.12
3	Tenancingo	0.12
4	Almoleya del Río	0.09
4	Joquicingo	0.09
5	Ocuilan	0.07

5	Zumpahuacán	0.07
6	Malinalco	0.06
7	Tonatico	0.05

### 3.2 ANÁLISIS DE MUNICIPIOS SELECCIONADOS

En este apartado se presentan las actividades económicas de los municipios seleccionados y el manejo de sus RSU.

#### 3.2.1 Análisis de las actividades económicas

En la tabla 3.11 se muestra que la actividad económica predominante en los 10 municipios es el comercio al por menor y por mayor de artículos como abarrotes, alimentos, artículos de limpieza y hogar, ropa, entre otros. En el caso específico de Tenancingo, Santiago Tianguistenco y Tenango del Valle hay presencia de Industria alimentaria, farmacéutica, de transporte, textil, química entre otras. Almoloya de Río, Zumpahuacán, Tenancingo, Tonicato, Santiago Tianguistenco, Xalatlaco y Ocuilan cuentan con actividades agropecuarias, forestales y de pesca. Malinalco y Tonicato tienen zonas turísticas.

La actividad industrial en Tenancingo, Santiago Tianguistenco y Tenango del Valle brinda un esquema de actividad comercial para RV. En otro esquema, las actividades comerciales y de servicios presentes en todos los municipios son factores que indican una importante generación de RSU con potencial de recuperación de RV (IGECEM, 2018; SEP, 2019).

Tabla 3.13 Actividades económicas de los municipios.

MUNICIPIO	ACTIVIDADES ECONÓMICAS
Almoloya del Río	Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, enseres domésticos, computadoras, artículos para la decoración de interiores, artículos usados, artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal, artículos para el cuidado de la salud. Talleres de prendas de vestir. Actividades agrícolas y forestales.

Tabla 3.11 Actividades económicas de los municipios (continuación).

MUNICIPIO	ACTIVIDADES ECONÓMICAS
Almoloya del Río	Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, enseres domésticos, computadoras, artículos para la decoración de interiores, artículos usados, artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal, artículos para el cuidado de la salud. Talleres de prendas de vestir. Actividades agrícolas y forestales.
Joquicingo	Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal, vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes. Industria alimentaria. Servicios de entretenimiento en instalaciones y otros servicios recreativos.
Malinalco	Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal. Servicios de entretenimiento en instalaciones y otros servicios recreativos, preparación de alimentos y bebidas. Servicios personales. Agricultura, ganadería y turismo.
Tenancingo	Comercio al por mayor y al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado. Comercio al por mayor y al por menor en tiendas de autoservicio y departamentales. Industria alimentaria y farmacéutica. Industria de las bebidas y del tabaco. Servicios de preparación de alimentos y bebidas. Agricultura.
Tenango del Valle	Comercio al por mayor y al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado. Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes. Industria de fabricación de equipo de transporte, prendas de vestir. Servicios de preparación de alimentos y bebidas. Agricultura, Turismo.
Tlanguistenco	Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado. Fabricación de equipo de transporte, maquinaria y equipo, prendas de vestir, productos derivados del petróleo y del carbón. Industria química. Servicios de preparación de alimentos y bebidas. Actividades Agropecuarias.
Tonatico	Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal, artículos para el cuidado de la salud, productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado. Comercio en tiendas de autoservicio y departamentales. Servicios de preparación de alimentos y bebidas. Actividades agropecuarias y turismo.

Tabla 3.11 Actividades económicas de los municipios (continuación).

MUNICIPIO	ACTIVIDADES ECONÓMICAS
Ocuilán	Comercio al por mayor y al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco. Comercio al por menor de artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal, vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes. Cría y explotación de animales. Industria alimentaria. Servicios de preparación de alimentos y bebidas. Servicios personales. Actividades agropecuarias, silvicultura y pesca.
Xalatlaco	Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, artículos de ferretería, tlapalería y vidrios, artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal, productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado. Industria alimentaria. Servicios de preparación de alimentos y bebidas.
Zumpahuacán	Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales, para la industria, y materiales de desecho. Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado, vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes. Servicios de preparación de alimentos y bebidas. Agricultura.

Fuente: SEP, 2019

### 3.2.2 Análisis del manejo de los residuos sólidos

La CE se aplicó a nueve de los diez municipios elegidos, debido a que no hubo respuesta por parte de las autoridades de Tenango del Valle para ser entrevistados, por lo que fue descartado de aquí en adelante de esta investigación.

En la tabla 3.12 se concentra la información relevante con respecto al MIRSU de los municipios seleccionados. De los nueve municipios, el que genera una mayor cantidad de RSU es Santiago Tianguistenco. La recolección se realiza puerta por puerta con excepción de Malinalco, Tonatico y Zumpahuacán. Todos los municipios realizan transferencia de RSU, exceptuando Xalatlaco, que destaca por tener una recolección diferenciada de residuos orgánicos (RO) e inorgánicos; lo cual, le permite recuperar 60

t/semana de RO y producir composta. La composta se usa en jardines públicos y se ofrece gratuitamente a la población. Lo reportado como Información No Disponible (IND), se refiere a que las autoridades no tienen contabilizadas las cantidades a detalle.

Tabla 3.14 Manejo de Residuos en los Municipios del área de estudio.

	Almoloya de Río	Joquicingo	Malinalco	Ocuilan	Tenancingo	Santiago Tianguistenco	Tonatico	Xalatlaco	Zumpahuacán
RSU Recolectados (t/mes)	720	720	360	540	2100	2400	375	840	240
RSU Recolectados-Sector Informal (t/mes)	0	0	0	180	0	0	0	0	0
Entrega a camiones por generadores	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO
Contenedores descentralizados (No.)	1	0	1	0	7	4	NO	NO	NO
Recupera reciclables de RSU por recolectores	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Vehículos recolectores	2	2	8	IND	17	10	IND	5	3
Frecuencia semanal (días / semana)	6	6	6	IND	6	7	IND	6	5
No. de empleados	2	IND	17	12	41	20	4	22	1
Realiza transferencia	SI	IND	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI
Cuenta con estación de transferencia (ET)	NO	IND	SI	SI	SI	SI	SI	NA	NO
Tipo de ET (Carga directa/Carga indirecta/Carga combinada)	CD <sup>1</sup>	IND	CI <sup>2</sup>	CD	CC <sup>3</sup>	CD	CD	NA	CD
Cantidad de RSU transferidos (Ton/día)	24	IND	18	20	62.5	80	18	NA	12
Cantidad (No.) de vehículos en la estación de transferencia	NA	IND	2	4	1	3	NA	NA	NA
Realiza tratamiento	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO

<sup>1</sup>CD=Carga Directa, <sup>2</sup>CI= Carga Indirecta, <sup>3</sup>CC= Carga Combinada

En cuanto al potencial de RV, la tabla 3.13 muestra información sobre la recuperación que realizan los municipios. Los RV que se recuperan en mayor cantidad son: cartón, HDPE, PET, fierro y aluminio; que son los RV mejor cotizados.

Tabla 3.15 Residuos Valorizables registrados.

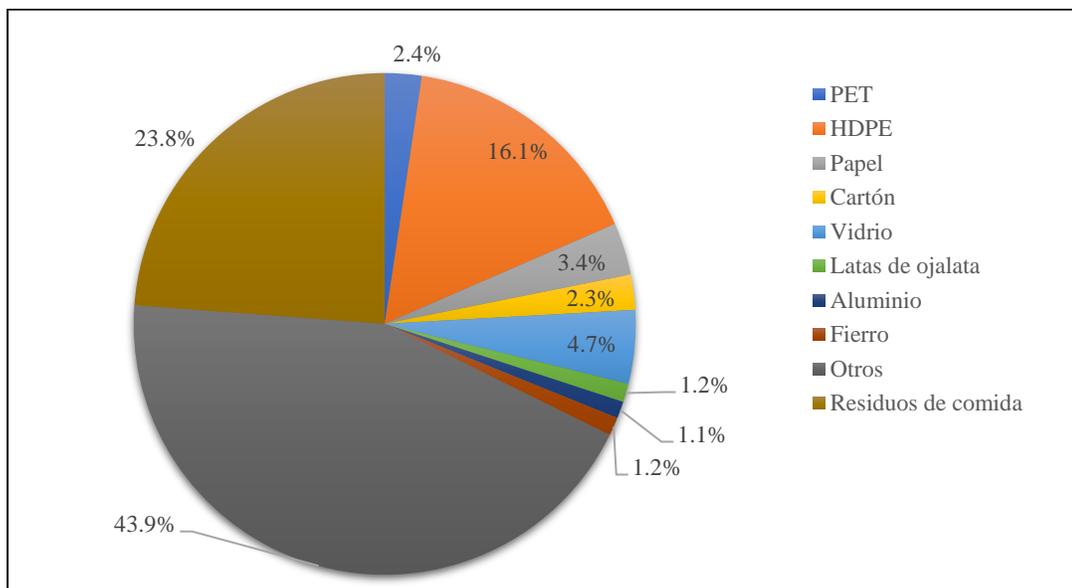
Municipio	Cartón (t/sem)	Papel (t/sem)	HDPE (t/sem)	PET (t/sem)	Vidrio (t/sem)	Aluminio (t/sem)	Latas de hojalata (t/sem)	Fierro (t/sem)	RO (t/sem)
Almoloya de Río	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	0
Joquicingo	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	0
Malinalco	0.1	IND	0.1	1.5	0.1	0.1	0.08	IND	0
Ocuilan	0.3	IND	IND	1	IND	IND	0.1	1	0
Tenancingo	0.06	IND	IND	0.18	IND	0.024	0.01	IND	0
Santiago Tianguistenco	0.21	IND	IND	0.7	IND	0.02	IND	IND	0
Tonatico	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	0
Xalatlaco	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	60
Zumpahuacán	0.1	0.2	0.25	0.2	IND	0.08	0.1	IND	0
Rango de precios (\$MN/t)	800- 500	1000	2000	6000- 3000	200	1100- 1600	1500	2000	0

IND, Información no disponible

La tabla 3.14 muestra el escenario actual de la generación, recolección y costos de disposición final de RSU en los municipios. Tenancingo y Santiago Tianguistenco resultaron ser los municipios con mayor recolección de RSU, con 2100 y 2400 t/mes respectivamente; mientras que Tonatico, Malinalco y Zumpahuacán fueron los municipios con menor recolección (375,360 y 240 t/mes respectivamente).

De acuerdo con la caracterización reportada por López-Gasca (2020), puede haber una recuperación de hasta el 32.7% del total de los RSU generados (Figura 3.2.), destacando plástico rígido (HDPE), vidrio, papel, PET y cartón; sin embargo, la recuperación reportada de RV por los responsables del manejo de los RSU de los municipios, fue menor al 1%; solo en Malinalco, Ocuilan y Zumpahuacán rebasa el 1% pero con respecto a los RSU recolectados y son los que más recuperan RV. También se evidencia que

Almoloya de Río, Joquicingo, Tonicato y Xalatlaco carecen de información, por lo que no es posible estimar los porcentajes de recuperación (Tabla 3.14).



Fuente: López-Gasca (2020).

Figura 3.2 Caracterización de RSU de Xalatlaco, Estado de México.

En cuanto a la eficiencia de recolección, Almoloya del Río y Joquicingo superaron el 100%, los que significa que recolectan más de lo que generan; ésto se puede atribuir a la recolección de RSU generados por pobladores de otros municipios, o bien, a que sus habitantes al comercializar productos fuera del municipio traen consigo los RSU generados de sus actividades económicas, para que su municipio los disponga. Santiago Tianguistenco y Tonicato reportan una eficiencia de recolección superior al 80%, mientras que Malinalco, Ocuilan y Zumpahuacán reportan menos del 50% de eficiencia.

Con la información proporcionada, se estimaron los ingresos económicos por la venta de RV que se muestran en la tabla 3.14, destacando Malinalco y Ocuilan (\$26,120.00 MXN/mes y \$25,560.00 MXN/mes), seguidos de Zumpahuacán con \$11 240.00 (once mil doscientos cuarenta pesos 00/MXN) mensuales. Almoloya de Río, Joquicingo, Tonicato y Xalatlaco no brindaron información.

En cuanto a costos mensuales por transporte y disposición final de RSU, Santiago Tianguistenco y Tenancingo reportaron cifras superiores al medio millón de pesos mensual. Los municipios restantes reportaron cifras entre los noventa mil y doscientos mil pesos, 00/MXN mensuales. El costo por disposición se consideró de \$220.40 MXN/t (Tabla 3.14). Esta información se utilizó como base para proponer escenarios de recuperación de RV y reducción de costos por disposición de RSU, para elaborar las propuestas de sinergias.

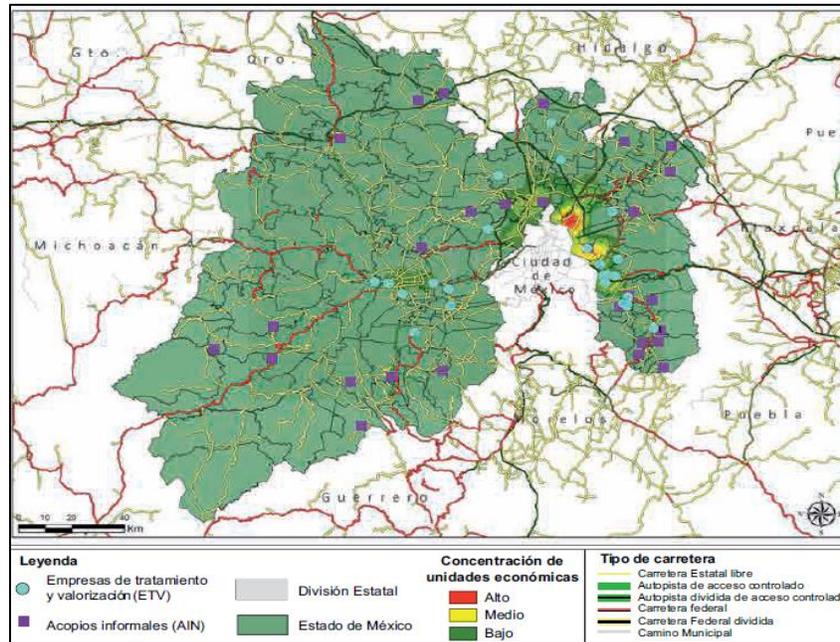
Tabla 3.16 Escenario Base

Municipio	Generación de RSU (t/mes)	Generación de RV (t/mes)	Recolección de RSU (t/mes)	Recolección de RV (t/mes)	% de RV con respecto a Generación	% de RV con respecto a recolección	Eficiencia recolección	Ingresos por venta de RVI (\$/mes)	Costo de DF en RESA (\$/t)	Costo total por DF en RESA (\$/mes)	Costo de transporte (\$/mes)	Costo Total (\$/mes)
Almoloya de Río	423.06	138.34	720.00	IND	IND	IND	1.70	IND	220.40	158,688.00	27,830.44	186,518.44
Joquicingo	526.90	178.86	720.00	IND	IND	IND	1.37	IND	IND	158,688.00	12,497.57	171,185.57
Malinalco	1,044.98	341.71	360.00	7.92	0.76	2.20	0.34	26,120.00	220.40	79,344.00	41,472.32	120,816.32
Ocuilan	1,311.26	428.78	540.00	9.60	0.73	1.78	0.41	25,560.00	220.40	119,016.00	68,546.21	187,562.21
Tenancingo	3,722.21	1,217.16	2,100.00	1.10	0.03	0.05	0.56	2,445.60	220.40	462,840.00	43,651.56	506,491.56
Santiago Tlanguistenco	2,933.44	959.24	2,400.00	3.72	0.13	0.16	0.82	8,908.00	220.40	528,960.00	54,136.90	583,096.90
Tonatico	468.61	153.23	375.00	IND	IND	IND	0.80	IND	IND	82,650.00	61,592.77	144,242.77
Xalatlaco	1,124.45	367.69	840.00	IND	IND	IND	0.75	IND	IND	185,136.00	58,521.20	243,657.20
Zumpahuacán	643.63	210.47	240.00	3.72	0.58	1.55	0.37	11,240.00	220.40	52,896.00	41,600.03	94,496.03

### 3.3 UBICACIÓN DE EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE RECICLABLES

El 72 % de las empresas de acopio para reciclaje de RV se localizaron en Chalco, Tenango del Valle, Toluca, Tecámac, Ecatepec y Amecameca, los cuales son los seis destinos más frecuentes en el Estado de México. Tenango del Valle ocupa el segundo lugar en la venta de RV, destacando la venta de cartón, PET y HDPE (CMM, 2015).

El mapa de la figura 3.3 muestra la distribución espacial y ubicación geográfica de 28 centros de acopio informal y de 23 empresas de tratamiento y valorización de RSU; también presenta la concentración del total de Unidades Económicas registradas en el DENUE (2019), dedicadas al comercio de RV en el Estado de México. En el mapa se puede observar que los centros de acopio informales y empresas de tratamiento y valorización de RSU están concentrados al noreste de la Ciudad de México, corroborando lo reportado por Aguilar-Vera *et al.* (2019), los cuales son accesibles a través de autopistas, carreteras federales y estatales libres.



Fuente: adaptado de Aguilar-Vera *et al.*, 2019

Figura 3.3 Distribución espacial de centros de acopio informales y empresas de tratamiento y valorización.

También en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca se concentran empresas de tratamiento y valorización de residuos y hacia el Sur existen acopios informales (Figura 3.3). Debido a la cercanía, se eligieron como municipios potenciales para sinergias: Santiago Tianguistenco, Xalatlaco y Almoloya de Río; además de que tienen las siguientes características. Santiago Tianguistenco ocupa el segundo lugar dentro del vector de ponderación, además de que tiene una importante actividad económica; Xalatlaco obtuvo el tercer lugar en el vector de ponderación y es el único que cuenta con un sistema de recolección diferenciada; mientras que Almoloya de Río ocupa el cuarto lugar y tiene una recolección superior a lo que genera (Figura 3.4).

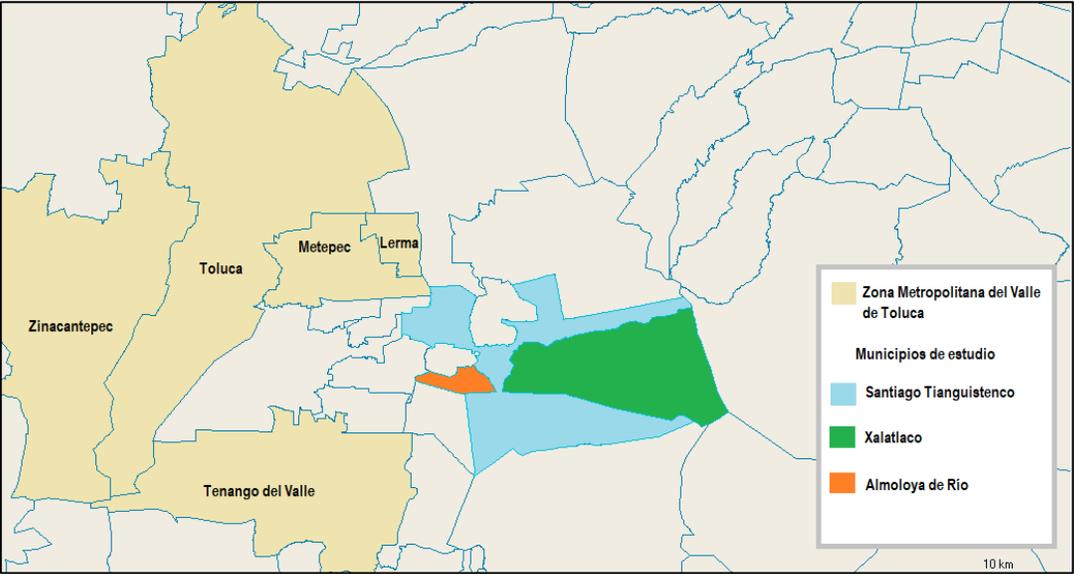


Figura 3.4 Municipios potenciales para sinergias.

### 3.4 ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS

Con ayuda de Google Maps (Google, 2020), se logró localizar 26 empresas cercanas a los tres municipios con potencial de sinergias (Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río y Xalatlaco), las cuales se listan en la tabla C1.

De las 26 empresas detectadas, 13 aceptaron ser visitadas. En el mapa de la figura 3.5 se indica la posición de las diez empresas más cercanas a los tres municipios elegidos (CA1 a CA10) y en la figura 3.6 se muestra la posición de tres empresas que acopian RV de las diez empresas y otras empresas pequeñas (CA11 y CA13), dos en Tlachaloya y una en Lerma. En octubre 2020 se visitó cada una de las empresas, logrando aplicar la CEECR a las empresas CA1 a CA5 y CA9 a CA13; las empresas CA6, CA7 y CA8 no se encontraron en operación.

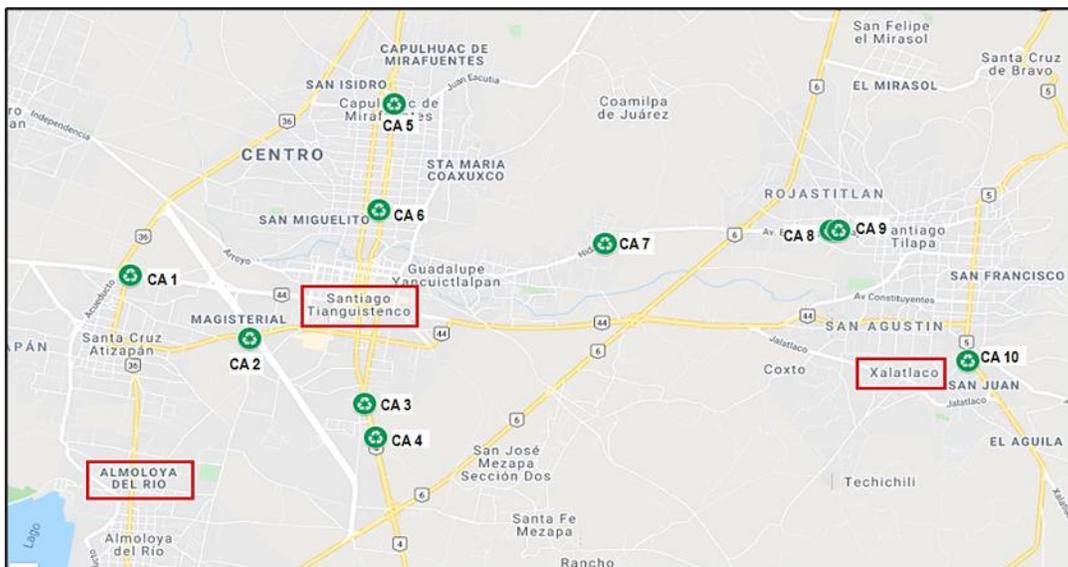


Figura 3.5 Ubicación de empresas comercializadoras de residuos valorizables cercanas a los municipios seleccionados.

Al realizar las entrevistas y preguntar sobre las principales zonas de comercio de RV, los encargados informaron que sus empresas llevan los RV a otras empresas más grandes para el acopio o reciclaje. El papel y cartón se comercializan en empresas ubicadas en el Parque Industrial de Lerma; los metales se venden a empresas ubicadas en Tlachaloya 1ra. y 2da. sección en Toluca; el PET es comprado por el Centro de reciclaje PetStar, ubicado al Norte de Toluca; de manera que estos RV son los de mayor comercio (Figura 3.6).

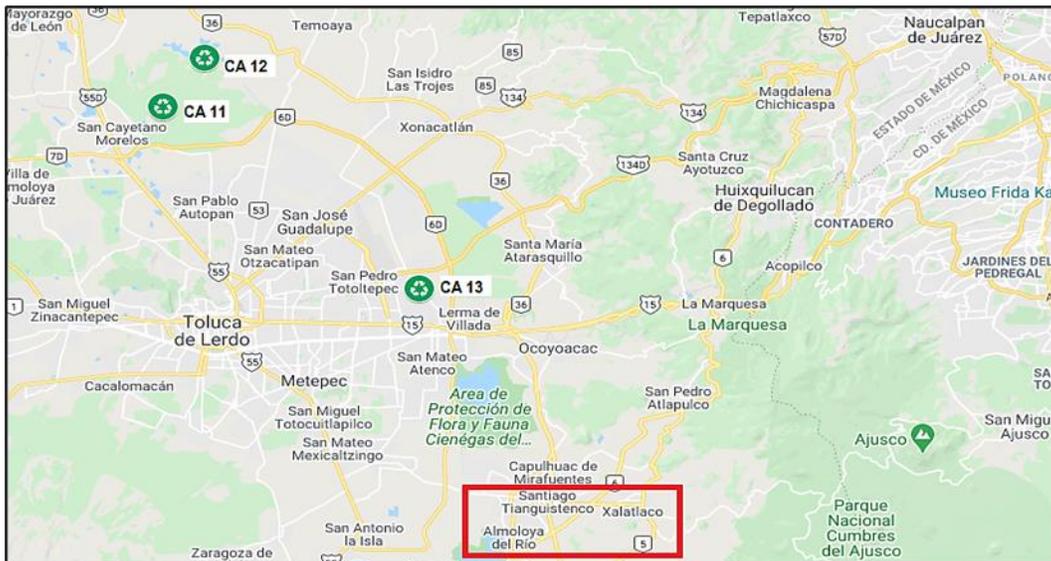


Figura 3.6 Ubicación de empresas comercializadoras de residuos valorizables fuera de la zona de estudio.

De acuerdo con la información recabada en la CEERC, todas las empresas entrevistadas son Centros de Acopio (CA) y por sus dimensiones, de menor a mayor, se clasifican en A, B, C y D (Tabla 3.15). Los CA más grandes son del tipo C (CA1, CA2 y CA12) y del tipo D (CA2 y CA13). Con excepción del CA13, todos los CA pueden ser catalogados como “Plantas de Separación de Residuos”. El CA13 es la única empresa que es una Planta de Tratamiento Tipo III de Tratamiento Mecánico, que comprende procesos físicos para la separación, reducción de volumen y de tamaño (POGELSM, 2011); también es una de las dos empresas que tiene Nombre y/o Razón social ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, las demás empresas no proporcionaron un nombre oficial,

sino el nombre como se les conoce popularmente entre la población. Cabe mencionar que se percibió desconfianza de los encargados y hasta cierto temor, de que la información recabada se proporcionara a las autoridades municipales, debido a la incertidumbre por la concesión de la comercialización de RV (Chávez y col.,2020).

Tabla 3.175 Clasificación de las empresas por tipo de Centro de Acopio

EMPRESA	POR TIPO DE CENTRO DE ACOPIO				PLANTA DE SEPARACIÓN DE RESIDUOS	PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS
	Menor 250 m <sup>2</sup>	Mayor o igual a 250 m <sup>2</sup> y menor a 600 m <sup>2</sup>	Mayor o igual a 600 m <sup>2</sup> y menor a 2000 m <sup>2</sup>	Mayor o igual a 2000 m <sup>2</sup>		
	A	B	C	D		
CA1			X		Si	NO
CA2				X	Si	NO
CA3			X		Si	NO
CA4		X			Si	NO
CA5		X			Si	NO
CA6 CA7 CA8	Cerrados cuando se realizó la visita física					
CA9	X				Si	NO
CA10	X				SI	NO
CA11		X			SI	NO
CA12			X		SI	NO
CA13				X	SI	SI

En la figura 3.7 se presenta el porcentaje de respuesta de cada empresa en la sección “Datos generales”. Donde CA1, CA4 y CA9 respondieron el 43% de las preguntas de forma satisfactoria, la empresa CA13 respondió el 93%, mientras de las empresas respondieron menos del 50%.

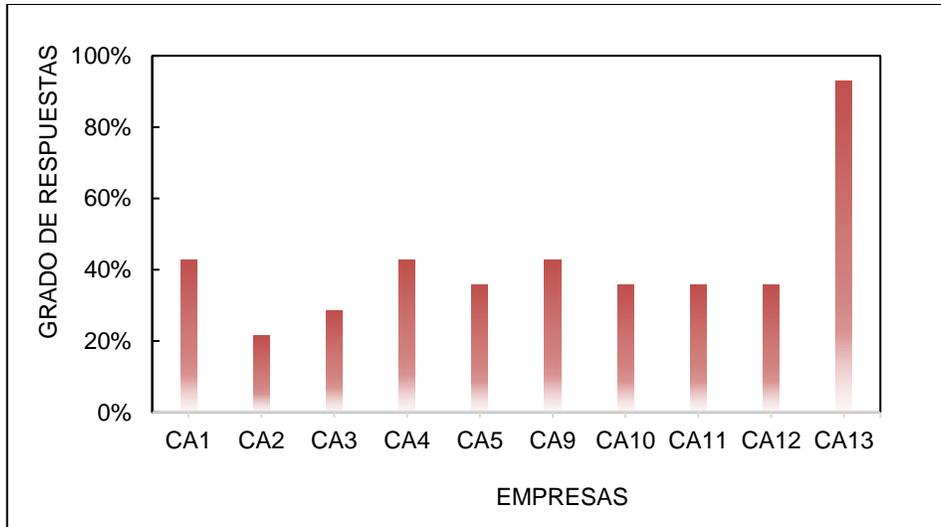


Figura 3.7 Respuestas por empresa en la sección uno.

En cuanto a las preguntas de la sección uno “Datos Generales”, solo la CA13 informó contar con los requisitos legales como: registro como empresa de manejo de residuos, acta constitutiva, poder notarial y representante legal. Ninguna empresa proporcionó RFC. Las 10 empresas describieron brevemente sus actividades y los años de operación; sin embargo, solo cinco proporcionaron el nombre del responsable de la empresa.

La sección “Disposiciones generales” consta de una serie de preguntas enfocadas a la estructura organizacional, tipo de instalaciones y personal que labora en las empresas, entre otros datos. La empresa CA13 cumplió el 100% de los requisitos generales para operar como empresa de manejo de RSU, seguida de CA1 (54%) y de CA5 y CA12 (46%). El resto de las empresas cumplieron menos del 40% de los requisitos (Figura 3.8).

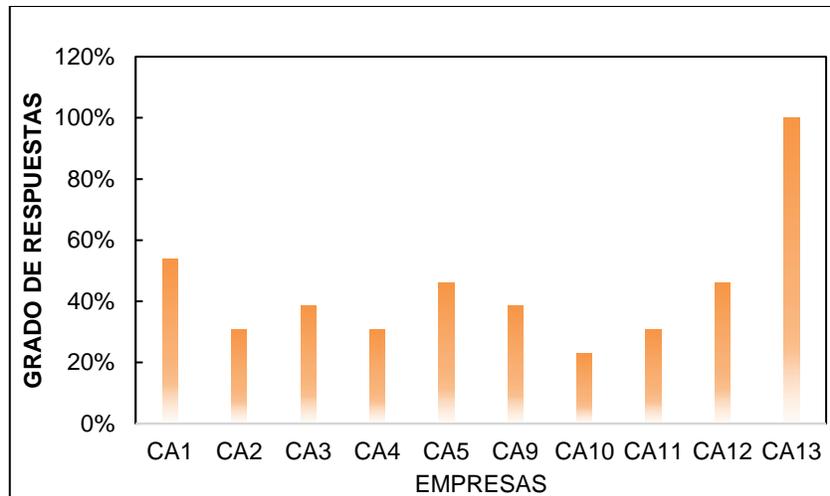


Figura 3.8 Respuestas por empresa en la sección dos.

De la información obtenida, ocho empresas reportaron contar con algún medio de comunicación como teléfono, fax o correo, sus instalaciones cuentan con sanitarios, comedor o vestidores. Solo dos empresas cuentan con maquinaria y equipo para realizar las actividades de manejo de residuos. Todas tienen un local, bodega o almacén para trabajar y nueve tienen algún tipo de oficina.

En cuanto al personal, solo la mitad de los CA informaron contar con personal capacitado; las personas que aprenden de manera empírica y en la mayoría de los CA no se tienen procedimientos de capacitación. Solo la empresa CA13 cuenta con personal profesional enfocado a salvaguardar el medio ambiente y asesorar al dueño para el cumplimiento regulatorio ambiental, también es una de las cuatro empresas que realizan servicios a terceros, cuenta con un “Manifiesto de Impacto ambiental”, una estructura organizacional y un currículum empresarial, también fue la única que mostró su licencia de uso de suelo. De acuerdo con la información recabada, cinco empresas aseguraron tener documentos, pero no los mostraron.

El personal que labora dentro de los CA, básicamente está conformado por un encargado y ayudantes, el número de trabajadores oscila de uno a cinco, con excepción del CA13, que cuenta con 16 trabajadores en varios puestos (director, administrativos, ayudantes y choferes). Solo en los CA5 y CA13, los trabajadores cuentan con seguro médico

público, los demás comentaron que envían con médicos particulares a sus trabajadores en caso de accidente o enfermedad. Reportaron Jornadas laborales de ocho a nueve horas de lunes a viernes y sábados medio día, con una hora de comida. El nivel de estudio de los empleados en su mayoría es Básico; solo los CA1, CA3 y CA9 tienen un trabajador con Bachillerato General. Los CA5 y CA13 tienen al menos un empleado profesionalista. Solo se tuvo oportunidad de conocer a los dueños de los CA4, CA11 y CA13.

En la sección “Especificaciones para los centros de acopio C y D, plantas de separación y plantas de tratamiento de RSU y RME”, la información recabada fue sobre los planes de operaciones, los equipos de atención a emergencia y protección del personal. En el gráfico de la figura 3.9 se muestra que solo el CA13 cumplió la mayoría de las especificaciones para operar como CA tipo “C y D, planta de separación y planta de tratamiento de residuos”, con el 82% de preguntas contestadas satisfactoriamente. Mientras que la empresa CA11 alcanzó el 36%, las demás cumplieron con menos del 30%.

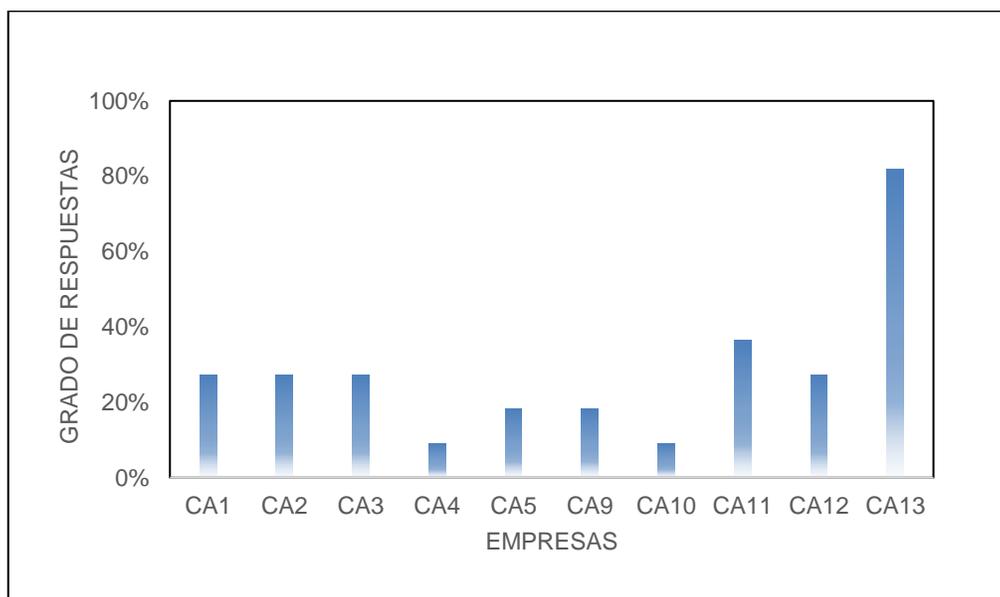


Figura 3.9 Respuestas por empresa en la sección tres.

Por otro lado, solo el CA13 cuenta con Plan de operaciones, un proyecto de aseguramiento ambiental, manuales de operación, procedimientos para la atención de contingencias y kits de fugas y derrames. Siete empresas reportaron contar con extintores y botiquines para emergencias, tres con equipo capacitado en protección civil y atención a contingencias, uniforme o equipo de protección personal (EPP). Ninguna empresa cuenta con bitácoras operacionales.

Con respecto a las instalaciones, los CA1, CA2, CA9 y CA10 informaron tener un almacén parcialmente techado; los CA3, CA4, CA5 y CA11 reportaron instalaciones sin techo; mientras que los CA12 y CA 13 cuentan con instalaciones totalmente techadas.

Entre los RV reportaron al PET, plástico duro, papel, cartón y metales ferrosos y no ferrosos, como los de mayor comercio. Las cantidades son variables, por ejemplo, de PET informaron que colectan de 1-4 t/mes. Así mismo, hubo CA que no brindaron información (IND), ya sea porque no llevaban un registro de entrada/salida de RV, o bien porque se negaron a dar la información. Las cantidades de residuos no valorizables que ellos generan van desde 80 hasta 600 kg mensuales, dependiendo del tamaño del CA. Los residuos no valorizables o resto son enviados al RESA de Tenango del Valle, con apoyo de la recolección municipal, la cual se paga con una cuota voluntaria; con excepción de los CA11, CA12 y CA13, quienes los llevan en transporte propio. En la figura 3.10 se muestra que los RV mayormente recolectados en los CA son el Bronce (54.5%), el cartón (17.4%) y el fierro (17.3 %).

En la figura 3.11 se presentan las cantidades aproximadas mensuales de RV que reportaron las empresas CA1, CA2, CA3, CA4, CA5, CA9, CA10, CA11. Las empresas con mayores entradas de RV fueron los CA1, CA3, CA4 y CA 11. Cabe mencionar que algunos de estos datos no son representativos, ya que solo los CA1, CA9 y CA11 mencionaron contar con registros completos de entradas de RV. La empresa CA11 solo comercializa materiales metálicos, mientras que las demás comercializan PET, plásticos, papel, cartón, metales y vidrio.

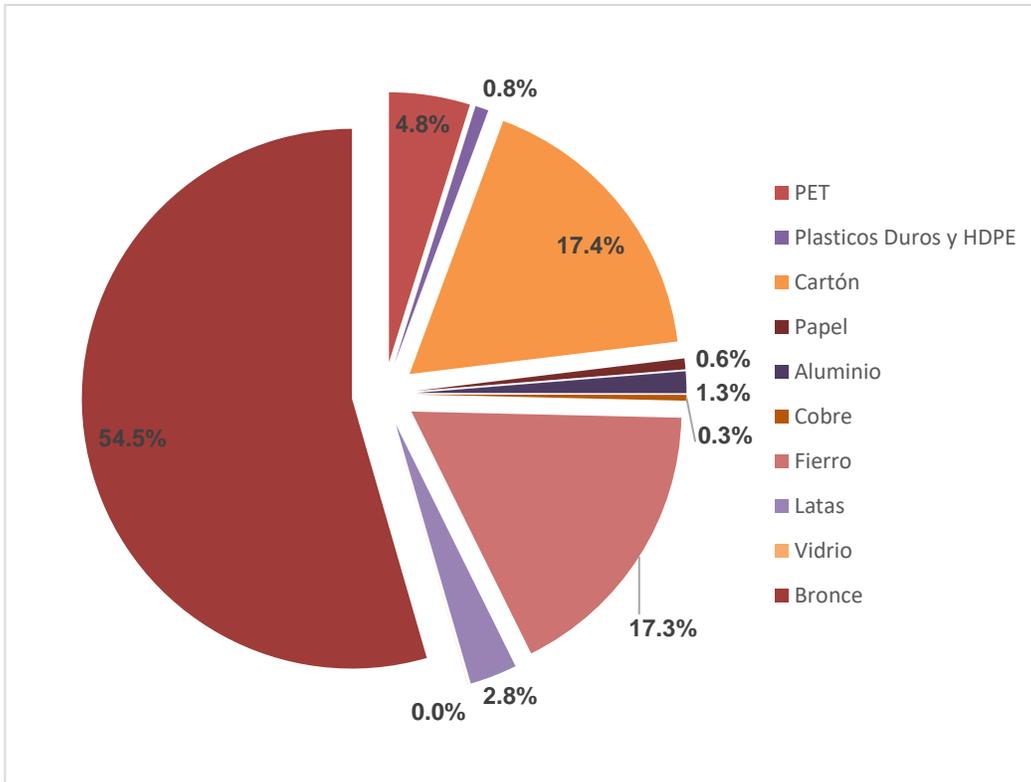


Figura 3.10 Residuos valorizables que se recuperan en las empresas.

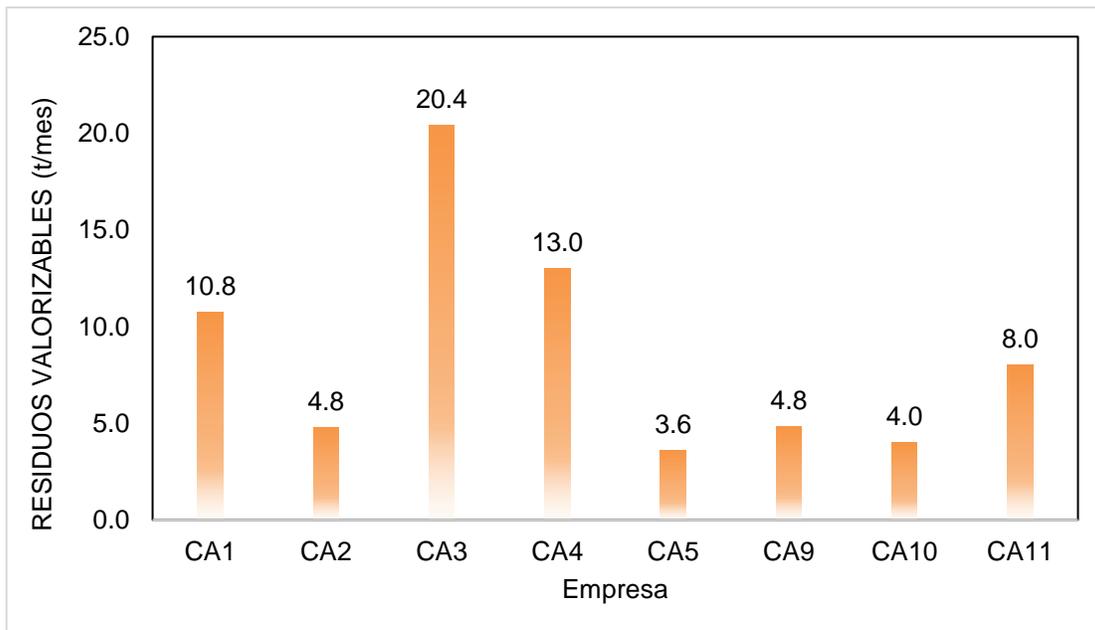


Figura 3.11 Cantidades de Residuos Valorizables recibidos en las empresas.

Los CA12 y CA13 reciben 33.0 y 64.8 t/mes de RV, respectivamente, ya que son acopiadores de pequeños negocios; sin embargo, el CA12 solo acopia metales, mientras que el CA13 acopia principalmente papel y cartón. Los CA1, CA5, CA9 y CA13 realizan servicios de recolección a otras empresas, servicios a domicilio, escuela o pequeños negocios; sin embargo, los CA1 y CA9 no tiene registros de las cantidades de RV que colectan a terceros; por otro lado, el CA5 colecta 6.3 t/mes de metal y cartón, pero no es una recolección constante. Finalmente, el CA13 realiza servicios a grandes comercios y empresas, reportando que en cuatro de ellas logra colectar hasta 22.4 t/mes de papel y cartón, además de recibir residuos de otras 10 empresas grandes y 100 pequeños centros de acopio informales.

En la sección “Especificaciones para centros de acopio de RSU y RME” de la CEECR, los CA4, CA11 y CA12 cumplieron el 55% de requisitos, el CA3 cumplió el 64% y CA13 el 91%. Siete de las empresas informaron tomar medidas para no afectar el tránsito durante la carga y descarga de materiales, pues no cuentan con un área de carga, o bien descargan dentro de sus instalaciones, nueve cuentan con área de recepción y almacenamiento de materiales y todas cuentan con básculas para el correcto pesado de los RV que reciben. Dos cuentan con equipos para la carga y descarga de materiales; cuatro cuentan con áreas de almacenamiento, clasificación y acondicionamiento de materiales; mientras que seis se ubican a una distancia mínima de 100 m de lugares públicos.

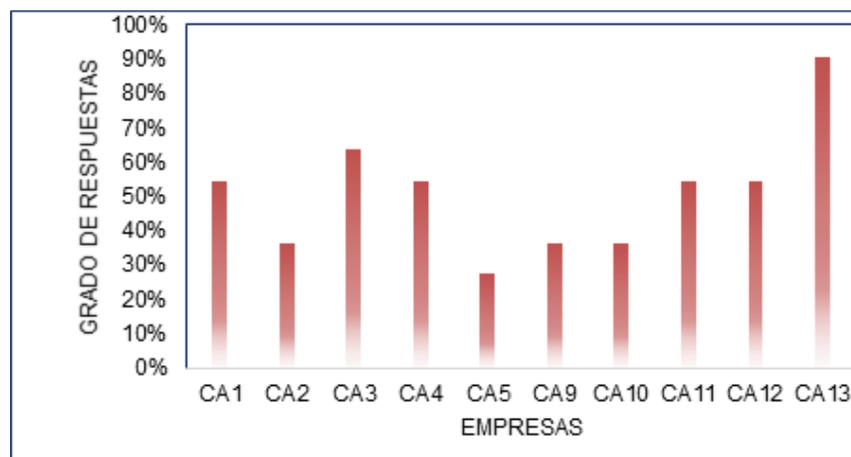


Figura 3.12 Respuestas por empresa en la sección cuatro.

En la sección cinco “Especificaciones para plantas de separación de residuos sólidos urbanos y de manejo especial”, solo el CA13 tuvo un cumplimiento de requisitos arriba del 50%, el CA12 alcanzó el 41%, mientras que el resto de CA tuvieron menos del 25% (Figura 3.13).

El CA13 fue la única empresa que se encontró fuera de traza urbana y en zona industrial. Esta empresa cuenta con dispositivos mecánicos para la separación de residuos, bandas de transporte y alimentación, así como dispositivos de control del proceso. Además, realiza estudios de ruido perimetral. Algunos de los CA solo cumplen con lo básico, como tener zonas de carga y descarga, barda perimetral, zonas de acondicionamiento de subproductos y contenedores para almacenamiento y traslado de éstos. Dos CA tienen un programa de control de fauna nociva, un sistema de control de incendios y montacargas o equipos similares para la carga de materiales.

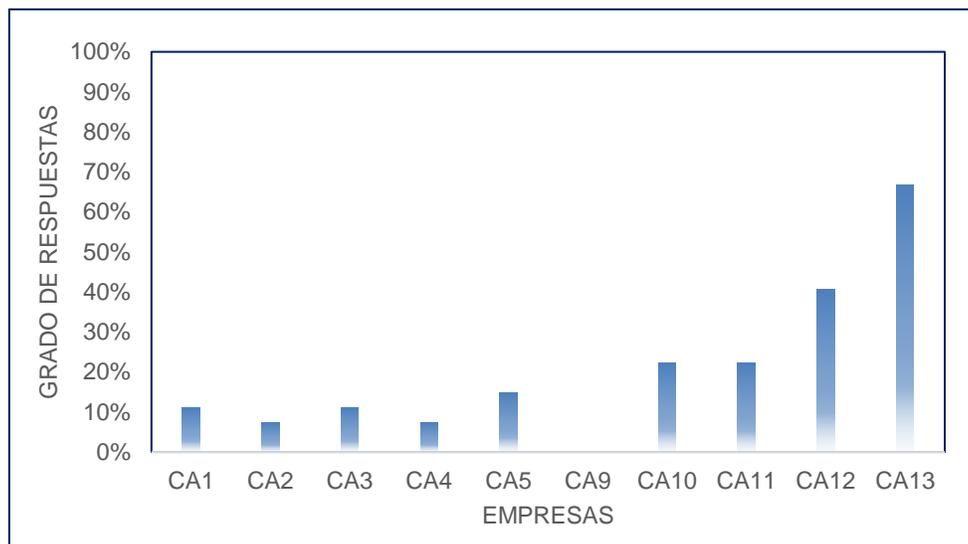


Figura 3.13 Respuestas por empresa en la sección cinco.

Finalmente, la sección “Especificaciones para Plantas de tratamiento de RSU y RME”, se aplicó únicamente al CA13, por ser “Planta de tratamiento de tipo III: tratamiento mecánico, donde se acondicionan los residuos mediante procesos físicos: reducción de volumen y reducción de tamaño (POGELSM, 2009). Esta sección cuenta con 11 requisitos, de los cuales ocho aplican al CA13 y este cumple siete.

### 3.5 EVALUACIÓN DE PROPUESTAS DE SINERGIAS

Tomando como base la caracterización de López-Gasca (2020), donde se muestra que es posible una recuperación de hasta el 32.7% del total de los RSU (Figura 3.2.), se elaboró el “Escenario Proyectado” que se presenta en la tabla 3.16. En este escenario Tenancingo y Tianguistenco resultaron los municipios con mayores ingresos por la venta de RV, superando \$ 1,000,000.00 (un millón de pesos, 00/100 MXN) mensuales; en tercer lugar, estaría Xalatlaco con casi \$ 500,000.00 (quinientos mil de pesos, 00/MXN) mensuales; en cuarto lugar estarían Almoloya del Río y Joquicingo, con ingresos de \$ 428,088.00 (cuatrocientos veintiocho mil pesos, 00/100 MNX); seguidos de Ocuilan, Tonalico, Malinalco y Zumpahuacán; y se evitaría que se dispusieran en el RESA o en SNC un total de 2,712.47 t/mes de RSU. En el Escenarios Base (Tabla 3.14) se estimaron costos por transporte y disposición entre \$ 90,000.00 (noventa mil pesos, 00/MXN) y \$ 500,000.00 (quinientos mil de pesos, 00/MXN); mientras que para el “Escenario Proyectado”, los costos por disposición estimados se redujeron en promedio 24.64% (columna “Ahorro por disposición” en Tabla 3.16).

Este ejercicio muestra el potencial económico que tiene el recolectar de manera diferenciada los RSU y la posibilidad de que, mediante la cooperación intermunicipal, además de reducir costos, se incremente la recuperación de los RV, con lo que se evitaría disponer una parte significativa de RSU. Por lo tanto, se visiona que trabajaran en conjunto tres municipios de la RA “Río Lerma: Subcuenca la Laguna”, como propuesta para sinergias con empresas comercializadoras de RV, lo cual se detalla a continuación:

- a) El primero de los municipios para esta propuesta es Santiago Tianguistenco, cuyo ingreso máximo por la venta mensual de RV sería de \$1,426,960.00 (un millón cuatrocientos veintiséis mil novecientos sesenta pesos, 00/MXN).
- b) El segundo municipio es Xalatlaco, que tendría ingresos mensuales de \$499,436.00 (cuatrocientos noventa y nueve mil cuatrocientos treinta y seis, 00/MXN).

- c) El tercero es Almoloya del Río, cuyos ingresos mensuales alcanzarían los \$428,088.00 (cuatrocientos veintiocho mil ochenta y ocho pesos, 00/MNX).

Estos ingresos son brutos y se deben restar los costos de transporte a las empresas comercializadoras de RV, los cuales se verían reducidos si trabajan en conjunto los tres municipios; además, aprovechando la Estación de Transferencia (ET) de Santiago Tianguistenco, que podría servir como centro de acopio de residuos no valorizables, se reducirían los costos de transporte para la disposición.

Para la implementación de sinergias entre estas municipalidades y las empresas comercializadoras de RV, se deben considerar entre otros aspectos (Rivas & Londoño-Correa, 2017; Selberherr & Girmscheid, 2012):

- a) Capacidad de almacenamiento de las empresas para el acopio de RSU, tipo de maquinarias y equipos, cantidad de unidades transportistas y mano de obra.
- b) Las rutas adecuadas para la recolección de residuos con ayuda del Mapa Digital V6.3.0 de INEGI (2020), así como los gastos de transporte.
- c) El estudio de los impactos ambientales benéficos para el MIRSU, con base en indicadores como; disminución de emisión de gases de efecto invernadero, ahorro de agua, ahorro de materias primas, etc.
- d) La evaluación económica para determinar el costo-beneficio, considerando los precios de compra/venta de los RSU valorizables y gastos de inversión, utilizando indicadores financieros a precios de mercado como: Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Neto (VPN) y la Relación Beneficio / Costo (B/C).

Si logran trabajar de manera intermunicipal Santiago Tianguistenco, Xalatlaco y Almoloya de Río, se obtendrían varios beneficios, entre ellos la creación de empleos, apoyos en impuestos municipales, implementación de sistemas para el MIRSU y mejoramiento de espacios públicos. Para tener éxito es recomendable la creación de programas como el de “Basura y predial”, implementado por el Honorable

Ayuntamiento de Orizaba, Veracruz, con el que ha logrado recuperar y aprovechar 2,700 t/mes de RV, pues además de promover la separación de residuos en la fuente (casa habitación y comercios), coadyuvan al ciudadano a cumplir con el pago de sus contribuciones municipales; este programa le ha permitido a Orizaba convertirse en una ciudad ejemplar, limpia y sustentable (HAO, 2019).

Para evaluar las sinergias entre los municipios, considerando que el 32.7% de sus RSU son RV, se eligió el CA13, debido a que cumple todos los requisitos de la CEECR y a la cantidad de RV que se requerirían comercializar (1295 t/mes = 46.25 t/día); es decir; se necesitaría de un CA grande, en comparación con los otros CA identificados (Tabla 3.15).

En la tabla 3.17 se muestran los valores estimados mensuales para el “Escenario Cero” y el “Escenario con sinergias”. En el “Escenario Cero”, Almoloya y Xalatlaco debe transportar en unidades recolectoras (compactadores) sus RSU desde su Cabecera municipal (consideración en este trabajo) hasta el RESA de Tenango; mientras que Santiago Tianguistenco, los transporta en compactadores de su Cabecera a su ET y de ahí los traslada en góndolas (30 t) hasta el RESA de Tenango.

Para el caso del “Escenario con sinergias”, se consideró que los RSU y los RV de cada municipio se trasladaran de sus Cabeceras municipales a la ET de Santiago Tianguistenco, donde se transferirían a cuatro góndolas para llevar los RSU no valorizables al RESA de lunes a viernes, mientras que ocho compactadores (de un total de 16 de los tres municipios), se usarían para llevar los RV al CA13 dos veces por semana. De esta forma habría una disminución mensual en el consumo de combustible de 57.3% (\$64,090.56 MXN), de 4599 km/mes que representan 27.3 % menos de kilómetros recorridos y 31.28% de reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub>e (PMC, 2016).

Tabla 3.186 Escenario Proyectado para los municipios seleccionados.

Municipio	Recolección de RSU (t/mes)	RV potencialmente recolectados (t/mes)	Ingresos potenciales de RV (\$/mes)	Cantidad de RSU a disposición final sin RV (t/mes)	Costo unitario de disposición final (\$/t)	Costo de disposición Final sin RV (\$/mes)	Costo de transporte (\$/mes)	Costo total (\$/mes)	Ahorro por disposición (\$/mes)
Almoloya de Río	720.00	235.44	428,088.00	484.56	220.40	106,797.02	27,830.44	134,627.46	51,890.98
Joquicingo	720.00	235.44	428,088.00	484.56	220.40	106,797.02	12,497.57	119,294.59	51,890.98
Malinalco	360.00	117.72	214,044.00	242.28	220.40	53,398.51	41,472.32	94,870.83	25,945.49
Ocuilan	540.00	176.58	321,066.00	363.42	220.40	80,097.77	68,546.21	148,643.98	38,918.23
Tenancingo	2,100.00	686.70	1,248,590.00	1,413.30	220.40	311,491.32	43,651.56	355,142.88	151,348.68
Santiago Tianguistenco	2,400.00	784.80	1,426,960.00	1,615.20	220.40	355,990.08	54,136.90	410,126.98	172,969.92
Tonatico	375.00	122.63	222,962.50	252.38	220.40	55,623.45	61,592.77	117,216.22	27,026.55
Xalatlaco	840.00	274.68	499,436.00	565.32	220.40	124,596.53	58,521.20	183,117.72	60,539.47
Zumpahuacán	240.00	78.48	142,696.00	161.52	220.40	35,599.01	41,600.03	77,199.04	17,296.99

Tabla 3.17 Comparación entre escenarios cero y con sinergias.

Municipios	ESCENARIO CERO					ESCENARIO CON SINERGIAS					
	Distancia al SDF (km/mes)	Consumo de combustible (L/mes)	RSU llevados al RESA (t/mes)	Emisiones (t CO <sub>2e</sub> /mes)	Distancia de la cabecera municipal a ET (km/mes)	Distancias del ET al CA (km/mes)	Distancia de la ET al RESA (km/mes)	Consumo de combustible (L/mes)	RV A CA13 (t/mes)	RSU llevados al RESA (t/mes)	Emisiones <sup>a)</sup> (t CO <sub>2e</sub> /mes)
Almoleya del Río	2573	772	720	333	288				235.44	485	
Santiago Tianguistenco	7666	2792	2400	1109	2744	3148.8	4336	2367	784.8	1615	1262
Xalatlaco	6586	1976	840	392	1709				274.68	565	
Total	16825	5540	3960	1833	4741	3148.8	4336	2367	1295	2665	1262

CA13, Centro de Acopio 13; CO<sub>2e</sub>, Dióxido de Carbono Equivalente; ET, Estación de transferencia de Santiago Tianguistenco; RESA, Relleno Sanitario de Tenango; RSU, Residuos Sólidos Urbanos; RV, Residuos Valorizables

Fuente: PMC, 2016 a)

## CONCLUSIONES

- Para el objetivo del establecimiento de sinergias mediante el método AHP, los criterios de Medio Ambiente y de Gobernanza tuvieron los valores más altos dentro del vector prioridad; destacando respectivamente los subcriterios de Rellenos Sanitarios dentro y fuera de los municipios (RESADyF) y Programa de Desarrollo Municipal (PDM).
- Conforme al método AHP y a la cercanía con la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, los municipios seleccionados en orden descendente para estudiar fueron Santiago Tianguistenco, Xalatlaco y Almoloya de Río; donde la presencia de la industria fue un indicador del posible flujo comercial de RV, lo cual se corroboró mediante los posibles ingresos estimados en el “Escenario Base”.
- La recuperación actual de RV en los nueve municipios del área de estudio es menor a 1.0% del total de los RSU generados, lo cual indica la falta de conocimiento del potencial que tienen y que se evidenció en el “Escenario Proyectado” (32.7 %).
- En los municipios seleccionados existe falta de información sobre el presupuesto y las erogaciones para el manejo de RSU; así como de registro en cuanto a la generación, la recolección y la disposición, con lo cual se carece de control y la posibilidad de mejora.
- La falta de información sobre el presupuesto y las erogaciones para el manejo de RSU; así como de registro en cuanto a la generación, la recolección y la disposición; limitan el diseñar de estrategias apropiadas para el control y la mejora de dicho manejo en los municipios seleccionados.
- El establecimiento de sinergias entre las alcaldías y los CA pequeños de los municipios del área de estudio se ve limitado por la falta de apoyo de las municipalidades para el crecimiento y regularización de CA pequeños; así como porque las empresas recicladoras de RV se concentran en la Zona Metropolitana del

Valle de Toluca y en la Zona Metropolitana de la Cd. de México; ocasionando que los CA pequeños tengan que comercializar con CA grades a precios inferiores a los del mercado.

- La implementación del MIRSU en las municipalidades del área de estudio, bajo la recuperación de RV establecida en este trabajo (32.7%), permitiría el generar ingresos brutos mensuales en el rango de \$142,696.00 (ciento cuarenta y dos mil seiscientos noventa y seis pesos, 00/MXN) a \$1,426,960.00 (un millón cuatrocientos veintiséis mil novecientos sesenta pesos, 00/MXN); así como ahorros por disposición de RSU entre \$17,297.00 (diecisiete mil doscientos noventa y siete pesos, 00/MXN) y \$172,970.00 (ciento setenta y dos mil novecientos setenta pesos, 00/MXN).
- La evaluación de la propuesta de sinergias entre Almoloya de Río, Xalatlaco, Santiago Tianguistenco y el CA13, evidenciaron beneficios económicos del 57.3% en el consumo de combustible y ambientales del 31.28% como de emisiones de CO<sub>2e</sub>; lo cual puede ser realidad, si se construyen canales de comunicación y colaboración entre las autoridades municipales y los responsables de los CA pequeños.

## REFERENCIAS

AIDA. (2019). Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente. Recuperado el 19 de marzo del 2019 de <https://www.escri-net.org/es/miembro/asociacion-interamericana-para-defensa-del-ambiente-aida>

Aguilar-Villanueva, Luis F. (2010). *“Gobernanza: el nuevo proceso de gobernar”*. Fundación Friedrich Naumann para la Libertad, México.

Aguilar Vera R. A. Cram Heydrich S. Sánchez Salazar M.T. Murillo López S.C. y Araiza Aguilar J.A. (2019). *“La valorización de los residuos sólidos urbanos en el Estado de México, una visión geográfica”*. Rev. Int. Contam. Ambie. 35 (3) 693-704. Doi: 10.20937/RICA.2019.35.03.14

APPA. (2016). Asociación de Empresas de Energías Renovables. *“Energías renovables 2016 reporte de la situación mundial”*. Recuperado el 19 de marzo del 2019 de [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR\\_2016\\_KeyFindings\\_SPANISH.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_KeyFindings_SPANISH.pdf)

Bassols, Mario. (2011). *“Gobernanza: una mirada desde el poder”*. *Gobernanza; teoría y prácticas colectivas*, Anthropos Editorial-uam unidad Iztapalapa, Barcelona, pp. 7-35.

Aznar Bellver J. y Guijarro Martínez F. (2012). *Nuevos Métodos de Valoración. Modelos Multicriterio*. Editorial Universitat Politècnica de Valencia.

Bello Sánchez Jade Monserrat. (2017). *“Diseño de un plan de valorización de residuos orgánicos para las empresas restauranteras de la zona turística de Acapulco”*. Ciudad de México, 2017. Pp 14.84

Cerrillo i Martínez Agustí. (2005). *“La gobernanza hoy: 10 textos de referencia”*. Editorial INAP, Madrid, España.

Chávez S., Llaven Y., Valadez A., Navarro M., Santos J. y Juárez V. (2020). *“Recicladores protestan por plan de privatizar el sector”*. La jornada. Consultado el 13 de marzo del 2020 en <https://www.jornada.com.mx/2020/02/19/estados/027n1est>

CMM. (2015). *“Estudio de valorización y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos en el Estado de México”*. Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente.

Coutiño-Molina J. (2013). *“Idiosincrasia y ambiente: una reflexión hipotética”*. Persona y Bioética, vol.17 núm. 1, enero-junio, 2013, p.p.116-117. Cundinamarca, Colombia. Recuperado el 19 de mayo del 2019 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83228613010>

Cucchiella F., D’Adamo Idiano, & Gastaldi M. (2017). *“Sustainable waste management: Waste to energy plant as an alternative to landfill”*. *Energy Conversion and Management*, 131, 18-31. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.11.01>

Dahlin J., Nelles M. & Herbes C. (2017). *“Biogas digestate management: Evaluating the attitudes and perceptions of German gardeners towards digestate-based soil amendments”*. *Resources, Conservation and Recycling*. 118. 27-38. Germany. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.11.020>

De la Fuente Fernández Santiago. (2011). *“Análisis de conglomerados”*. Recuperado el 30 de mayo del 2019 de <http://www.fuenterrebollo.com/Economicas/ECONOMETRIA/SEGMENTACION/CONGLOMERADOS/conglomerados.pdf>

DOF. (2003). *“Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”*. Diario Oficial de la Federación (DOF), Distrito Federal, México, 8 de octubre de 2003. Última reforma publicada el 19 de enero del 2018.

DOF. (1985). NMX-AA-61-1985. *“Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de la generación”*. Diario Oficial de la Federación (DOF). Recuperado el 22 de mayo del 2019 de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium-bin/sumario.pl?Id=20190530182151>

DOF. (1985). NMX-AA-015-1985. *“Protección al ambiente - contaminación del suelo – residuos sólidos municipales - muestreo - método de cuarteo”*. “Diario Oficial de la Federación (DOF). Recuperado el 22 de mayo del 2019 de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium-bin/sumario.pl?Id=20190530182151>

DOF. (1985). NMX-AA-019-1985. *“Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-peso volumétrico in situ”*. Diario Oficial de la Federación (DOF). Recuperado el 22 de mayo del 2019 de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium-bin/sumario.pl?Id=20190530182151>

DOF. (1985). NMX-AA-022-1985. *“Protección al ambiente-contaminación del suelo residuos sólidos municipales-selección y cuantificación de subproductos”*. Diario Oficial de la Federación (DOF). Recuperado el 22 de mayo del 2019 de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium-bin/sumario.pl?Id=20190530182151>

Espejel J. (2014). *“Gobernabilidad, gobernanza y urbanización en México”*. Revista Iberoamericana de Ciencias, vol.1 núm. 1, p.p. 15-28. Zumpango, México. Recuperado el 22 de mayo del 2019 [www.reibci.org/publicados/2014/mayo/4568401.pdf](http://www.reibci.org/publicados/2014/mayo/4568401.pdf)

EUROSTAT. (2018) . "Waste statistics". Oficina europea de estadística (EUROSTAT). Recuperado el 11 de marzo del 2019 de [https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Waste\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Waste_statistics)

Funtowicz, Silvio y Jerome Ravetz. (1993). "*Science for the postnormal age*", *Futures*, 25, Elsevier, Maryland Heights, pp. 735-755.

Guzmán-Chávez M., Macías-Manzanares C., (2015). "*El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México*". *Estudios Sociales*, vol. 20, núm. 39, enero-junio, 2012, pp. 235-261 Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, México. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-45572012000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572012000100009)

Gran J. & Bernache G. (2016). "*Gestión de residuos sólidos urbanos, capacidades del gobierno municipal y derechos ambientales*". *Sociedad y Ambiente*, año 4, vol. 1, núm. 9, noviembre de 2015-febrero de 2016, pp. 73-101. Recuperado el 19 de mayo del 2019 de <http://revistas.ecosur.mx/sociedadyambiente/index.php/sya/article/download/1634/1575/>

GOEM. (2019). Programa de protección civil para basureros, 2018. Gobierno del Estado de México. Recuperado el 04 de noviembre del 2019 de <http://cgproteccioncivil.edomex.gob.mx/sites/cgproteccioncivil.edomex.gob.mx/files/files/programas%20de%20Prevencion/Programas%20pdf/programas2019/PE%20Basureros%202019.pdf>cgproteccioncivil.

HAO. (2019). "*Limpia pública y ecología*". Honorable Ayuntamiento de Orizaba (HAO). Recuperado el 05 de abril del 2019 de <http://ww2.orizaba.gob.mx/Dependencias/Limpia-p%C3%BAblica>

- Ibáñez Julio Ricardo y Corroccoli Mario Daniel. (2002). *“Valorización de Residuos”*. ANUARIO 2002 – F.C.E. – U.N.P.S.J.B. 44. Recuperado el 30 de mayo del 2019 de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/valoriza-residuos.pdf>
- INEGI. (2019). “Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2019”. Información para la actualización e incorporación de unidades económicas al DENU; datos a noviembre de 2019. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 22 de noviembre del 2019 de <http://www3.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/477>
- INEGI. (2017). *“Anuario estadístico y geográfico de México 2017”*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. (2017). *“Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2017”*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México. Recuperado el 11 de enero del 2019 de [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/AEGEUM\\_2017/702825097912.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/AEGEUM_2017/702825097912.pdf)
- INEGI. (2016). *“Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2016”*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México.
- IGCEM. (2018). *“Estadísticas Básicas Municipales”*. Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México.
- Jense Velasco Andrés. (2016) . *“Potencial para la valorización energética de residuos urbanos en México, a través del coprocesamiento en hornos cementeros”*. Programa de Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos en México. GIZ México. Recuperado el 14 de marzo del 2019 de

[https://www.giz.de/de/downloads/giz2016-es-EnRes-Potencial\\_para\\_la\\_valorizacion\\_energetica.pdf](https://www.giz.de/de/downloads/giz2016-es-EnRes-Potencial_para_la_valorizacion_energetica.pdf)

Kaza Silpa, Loisa Yao, Perinaz Bhada and Frank Van Woerden. (2018). "*What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*". World Bank Group. Urban Development Series. Pp 1-176. Recuperado el 30 de mayo del 2019 de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>

López, E., López, C. & Rodríguez, A. (2005). "*Avances y perspectivas de un modelo de educación ambiental en la zona indígena chontal de Tabasco. México*". Obtenido desde:  
[http://anea.org.mx/eventos/comie2007/Extenso/PonenciaLopezE\\_RodriguezA\\_RicaldeC.pdf](http://anea.org.mx/eventos/comie2007/Extenso/PonenciaLopezE_RodriguezA_RicaldeC.pdf)

López-Gasca S.O. (2020). "*Propuesta de ubicación y prediseño de un relleno sanitario intermunicipal, entre Morelos y el Estado de México*". Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Toluca.

Malinauskaite J., Jouhara H., Czajczynska D. , Stanchev P. , Katsou E. , Rostkowski P., Thorne R.J., Colon J., Ponsa S. , Al-Mansour F., Anguilano L., Krzyzyska R., Lopez I.C. , Vlasopoulos A., Spencer N.. 2017. "*Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe*". Energy 141 (2017) 2013 and 2044.  
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.128>

Márquez Arias Antonio. (2018). Reciclajes A. Márquez. "*Empresa Mexicana de Reciclaje de Materiales Ferrosos y no Ferrosos*". México. Recuperado el 28 de mayo del 2019 de <http://www.reciclajesamarquez.es/quienessomos/>

Martínez N. & Espejel I. (2015). “*La investigación de la gobernanza en México y su aplicabilidad ambiental*”. *Economía, Sociedad y Territorio*. Vol. XV, núm. 47, 2015, 153-183. Recuperado el 22 de mayo del 2019 de

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212015000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212015000100007)

ONU. (2015). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas. Consultado el 20 de septiembre 2019 de

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

Pasquali M. (2019). “*México: población total desde 2014 hasta 2024 (en millones de habitantes)*”. Statista. Consultado el 19 de junio 2020 de

<https://es.statista.com/estadisticas/635250/poblacion-total-de-mexico-en-2020/>

PMC. (2016). Calculadora para Huella de Carbono. Plataforma Mexicana del Carbono (PMC) S. A. de C.V. Consultado el 30 de junio de 2021 en

<http://www.mexico2.com.mx/calculadora.php>

POGELSM. (2011). “*Norma Técnica Estatal NTE-013-SMA-RS-2011, que establece las especificaciones para la separación en la fuente de origen, almacenamiento separado y entrega separada al servicio de recolección de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para el estado de México*”. Gaceta del Gobierno (G.G.). Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México, Registro DGC num.001 1021 Características 113282801. Toluca, Estado de México. Recuperado el 28 de mayo del 2019 de

[https://sma.edomex.gob.mx/residuos\\_solidos](https://sma.edomex.gob.mx/residuos_solidos)

POGELSM. (2018). Decreto número 313. Por el que se reforma el artículo 126 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México. Gaceta del Gobierno

(G.G.). Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México, Registro DGC num. 001 1021 Características 113282801. Toluca, Estado de Mexico. Recuperado el 24 de septiembre del 2019 de [http://legislacion.edomex.gob.mx/decretos\\_del\\_legislativo](http://legislacion.edomex.gob.mx/decretos_del_legislativo)

Rivas L. & Londoño-Correa D. (2017). “*Revisión del tema de sinergias corporativas: origen, resultados y beneficiarios*”. Estudios Gerenciales, 33(143), 153-162. doi: <https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.04.004>

Rodríguez-González, Román y Argimiro Rojo-Salgado. (2009) “*Ordenación y gobernanza en las áreas urbanas gallegas*”. Netbiblo, Oleiros.

Santana Rodríguez D. (2017). “*Diseño de un relleno sanitario intermunicipal sustentable*”. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Ambiental. Instituto Tecnológico de Toluca. Pp. 30.

Selberherr J. & Girmscheid G. (2012). “*Value Creation through Synergies of Cooperation – The Development of a New Business Model*”. IFAC Proceedings Volumes, 45(6), 1227-1232. doi: <https://doi.org/10.3182/20120523-3-RO-2023.00182>

SEMARNAT. (2008). “*Curso gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial*”. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Recuperado el 09 de enero del 2019 de [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/residuos/login.php?going\\_to=index.php](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/residuos/login.php?going_to=index.php).

SEMARNAT. (2010). “*Directorio de centros de acopio y materiales provenientes de residuos en México 2010*”. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México. Recuperado el 30 de marzo del 2019 de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>

SEMARNAT. (2017). *“Información sobre Residuos Sólidos Urbanos”*. Secretaria del medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México. Recuperado el el 14 de marzo del 2019. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>

SEMARNAT. (2016). Información de la situación del Medio Ambiente en México 2015 Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 29 de mayo del 2019 de [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15\\_completo.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf)

SEMARNAT. (2019). *“Busca SEMARNAT sinergias para fortalecer la gestión de residuos sólidos urbanos en el país”*. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 05 de febrero del 2019 de <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/busca-semarnat-sinergias-para-fortalecer-la-gestion-de-residuos-solidos-urbanos-en-el-pais?idiom=es>

SEMARNAT-GTZ. (2006). *“Guía para la elaboración de programas municipales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos”*. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Recuperado el 15 de noviembre del 2019 de [https://www.oaxaca.gob.mx/semaedeso/wpcontent/uploads/sites/59/2016/02/Gu%ADa\\_PMPGIRSU.pdf](https://www.oaxaca.gob.mx/semaedeso/wpcontent/uploads/sites/59/2016/02/Gu%ADa_PMPGIRSU.pdf)

SEP. (2019). *“Actividades económicas en tu municipio”*. Secretaría de Educación Pública.

SIMAR Sureste. (2016). *“Informe de Actividades 2016”*. Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos Sureste. México. Recuperado el 28 de mayo del 2019 de

<http://simarsureste.org/wp-content/uploads/2017/05/INFORME-DE-ACTIVIDADES-2016.pdf>

SIMAR Sureste. (2017). *“Informe de actividades 2017”*. Sistema Intermunicipal de Residuos Sureste. Pp 41

SIMAR Sureste. (2013). *“Programa Interestatal de Valorización de Residuos Sólidos Sureste”*. Sistema Intermunicipal de Residuos Sureste. 2013-2020. Pp 28-4

SMA. (2018). *“Estudio de valorización y aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos en el estado de México”*. Secretaria del medio ambiente del estado de México (SMA). Recuperado el 30 de mayo del 2019 de [https://sma.edomex.gob.mx/disposicion\\_final\\_residuossolidosurbanos](https://sma.edomex.gob.mx/disposicion_final_residuossolidosurbanos)

IEU. (2020). *“Sinergias ambientales en el desarrollo sostenible del Valle de Aburrá”*. Instituto de Estudios Urbanos (IEU). Universidad Nacional de Colombia. Consultado el 14 de junio del 2021 en <http://ieu.unal.edu.co/medios/noticias-del-ieu/item/sinergias-ambientales-en-el-desarrollo-sostenible-del-valle-de-aburra>

Tirado-Soto M. & Zamberlan F. (2013). *“Networks of recyclable material waste-picker’s cooperatives: An alternative for the solid waste management in the city of Rio de Janeiro”*. Waste Management. 33(4). 1004-1012. Brazil. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.025>

Torres, L. (2005). *“Elaboración de composta”*. Recuperado el 09 de enero del 2019 de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/documents/fichasaapt/elaboraci%C3%B3n%20de%20composta.pdf>

Ullca, J. (2006) . *“Los rellenos sanitarios”*. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, núm. 4, 2006, pp. 2-17. Ecuador.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047388001>

Yañez-Vargas A. (2008). *“Impacto ambiental y metodología de análisis”*. BYOCYT (Biología, Ciencia y Tecnología), 1(2), 7-15, 2008. México. Recuperado el 27 de mayo del 2019 de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/biocyt/article/view/16844/16041>

# ANEXO A

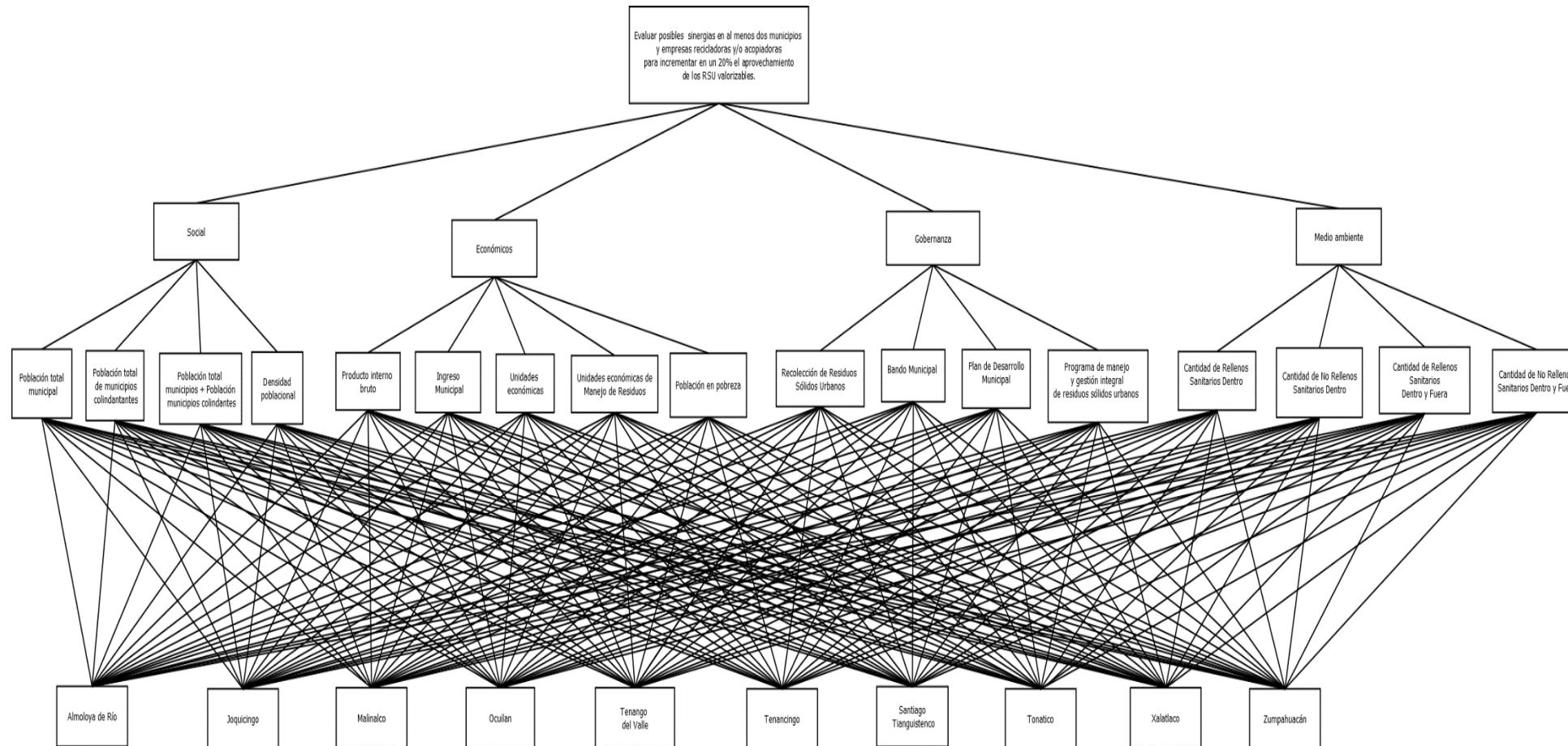


Figura A1 Esquema Jerárquico de las variables y los municipios de estudio

## ANEXO B

Tabla B1 Matriz de ponderación de criterios.

	PONDERACIÓN				MATRIZ NORMALIZADA				AXP	
	MEDIO AMBIENTE	SOCIAL	ECONOMICO	GOBERNAZA	MEDIO AMBIENTE	SOCIAL	ECONOMICO	GOBERNANZA		MATRIZ PROMEDIO
MEDIO AMBIENTE	1	3	5	1	0.39	0.43	0.50	0.35	0.42	1.71
SOCIAL	0.3	1	1	0.5	0.13	0.14	0.10	0.18	0.14	0.55
ECONOMICO	0.2	1	1	0.3	0.08	0.14	0.10	0.12	0.11	0.44
GOBERNANZA	1	2	3	1	0.39	0.29	0.30	0.35	0.33	1.36
SUMA	2.5	7.0	10.0	2.8					1.00	4.07

Tabla B2 Vector de prioridad de las alternativas con respecto al criterio "Social"

MUNICIPIOS DE ESTUDIO	VECTORES DE PRIORIDAD DE LAS ALTERNATIVAS CON RESPECTO A LOS SUBCRITERIOS				VECTOR DE PRIORIDAD DE CADA ALTERNATIVA RESPECTO AL CRITERIO
	PTM	PTMC	PTM+PTMC	DP	
Almoloya del Río	0.03	0.05	0.05	0.32	0.14
Joquicingo	0.03	0.22	0.18	0.08	0.13
Malinalco	0.07	0.11	0.10	0.03	0.07
Tenancingo	0.24	0.12	0.15	0.15	0.16
Tenango del Valle	0.21	0.08	0.11	0.11	0.12
Santiago Tianguistenco	0.19	0.06	0.09	0.16	0.13
Tonatico	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02
Ocuilan	0.08	0.17	0.15	0.02	0.10
Xalatlaco	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07
Zumpahuacán	0.04	0.09	0.08	0.02	0.06
VECTOR DE PRIORIDAD DE LOS SUBCRITERIOS RESPECTO AL CRITERIO	0.14	0.09	0.41	0.36	

Tabla B3 Obtención del Vector de prioridad de las alternativas con respecto al criterio "Económico"

MUNICIPIOS DE ESTUDIO	VECTORES DE PRIORIDAD DE LAS ALTERNATIVAS CON RESPECTO A LOS SUBCRITERIOS					VECTOR DE PRIORIDAD DE CADA ALTERNATIVA RESPECTO AL CRITERIO
	PIB	IM	UE	UEMR	PP	
Almoloya del Río	0.01	0.02	0.05	0.05	0.02	0.04
Joquicingo	0.01	0.05	0.03	0.03	0.04	0.03
Malinalco	0.06	0.09	0.08	0.05	0.07	0.06
Tenancingo	0.22	0.15	0.23	0.20	0.24	0.20
Tenango del Valle	0.18	0.22	0.25	0.26	0.20	0.24
Santiago Tianguistenco	0.43	0.15	0.21	0.27	0.18	0.25
Tonatico	0.02	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03
Ocuilan	0.03	0.14	0.05	0.05	0.09	0.06
Xalatlaco	0.02	0.06	0.06	0.05	0.08	0.05
Zumpahuacán	0.01	0.07	0.02	0.03	0.06	0.03
VECTOR DE PRIORIDAD DE LOS SUBCRITERIOS RESPECTO AL CRITERIO	0.13	0.17	0.22	0.40	0.07	

Tabla B4 Obtención del Vector de prioridad de las alternativas con respecto al criterio "Medio Ambiente"

MUNICIPIOS DE ESTUDIO	VECTORES DE PRIORIDAD DE LAS ALTERNATIVAS CON RESPECTO A LOS SUBCRITERIOS				VECTOR DE PRIORIDAD DE CADA ALTERNATIVA RESPECTO AL CRITERIO
	RESAD	CNRESAD	RESADyF	CNRESADyF	
Almoloya del Río	0.00	0.00	0.09	0.00	0.05
Joquicingo	0.00	0.25	0.09	0.25	0.09
Malinalco	0.00	0.00	0.09	0.00	0.05
Tenancingo	0.00	0.00	0.09	0.00	0.05
Tenango del Valle	1.00	0.00	0.09	0.00	0.36
Santiago Tianguistenco	0.00	0.25	0.09	0.25	0.09
Tonatico	0.00	0.25	0.09	0.25	0.09
Ocuilan	0.00	0.00	0.09	0.00	0.05
Xalatlaco	0.00	0.25	0.09	0.25	0.09
Zumpahuacán	0.00	0.00	0.18	0.00	0.09
VECTOR DE PRIORIDAD DE LOS SUBCRITERIOS RESPECTO AL CRITERIO	0.32	0.09	0.50	0.10	

Tabla B5 Obtención del Vector de prioridad de las alternativas con respecto al criterio "Gobernanza"

MUNICIPIOS DE ESTUDIO	VECTORES DE PRIORIDAD DE LAS ALTERNATIVAS CON RESPECTO A LOS SUBCRITERIOS				VECTOR DE PRIORIDAD DE CADA ALTERNATIVA RESPECTO AL CRITERIO
	RRSU	BM	PDM	PMGIRSU	
Almoloya del Río	0.03	0.10	0.11	0.00	0.06
Joquicingo	0.05	0.10	0.11	0.00	0.06
Malinalco	0.08	0.10	0.11	0.00	0.07
Tenancingo	0.21	0.10	0.11	0.00	0.07
Tenango del Valle	0.23	0.10	0.11	0.00	0.08
Santiago Tianguistenco	0.18	0.10	0.11	0.00	0.07
Tonatico	0.04	0.10	0.11	0.00	0.06
Ocuilan	0.05	0.10	0.00	0.00	0.02
Xalatlaco	0.12	0.10	0.11	1.00	0.44
Zumpahuacán	0.01	0.10	0.11	0.00	0.06
VECTOR DE PRIORIDAD DE LOS SUBCRITERIOS RESPECTO AL CRITERIO	0.07	0.13	0.43	0.37	

## ANEXO C

Tabla C1 Empresas comercializadoras cercanas a los municipios con potencial de sinergias.

NOMBRE/RAZON SOCIAL	ACTIVIDAD	ACOPIO/RECICLAJE	RESIDUO	DIRECCIÓN
Planeta Verde	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Plásticos	Av. 16 de septiembre, barrio San Juan, Xalatlaco, 52680. Xalatlaco, México.
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Desechos en general	C. Profesor Calos Hank González , 115, Pueblo de Almoloya del Río, México.
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Metales	C. Adolfo López Mateos, # 40, Pueblo Almoloya del Río, 52540, Almoloya del Río, México.
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Metales	C. Don Catarino Gonzalez Benitez, Col. La Conchita, 52600, Santiago Tianguistenco de Galeana, México.
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Metales	Av. Lic. Benito Juárez, 52600, Santiago Tianguistenco de Galena, México.
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Metales	C. Av. Mariano Abasolo, Cd. Tianguistenco, 52600, Santiago Tianguistenco de Galeana, México
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Papel y cartón	Av.Ejército del trabajo, pueblo Santiago Tilapa, 52650, México
Tlachaloya 1ra Sección	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Chatarra	Av. Independencia s/n Tlachaloya Primera Sección

Tabla C1 Empresas comercializadoras cercanas a los municipios con potencial de sinergias (Continuación).

NOMBRE/RAZON SOCIAL	ACTIVIDAD	ACOPIO/RECICLAJE	RESIDUO	DIRECCIÓN
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Metales	Carretera Santiago-Marqueza, Pueblo Satiago Tilapa, 52650, México
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Papel y cartón	Av. Lic. Benito Juárez, 52600, Santiago Tianguistenco de Galena, México.
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Papel y cartón	C. Victoriano Gonzalez , # 341, 52600, Santiago Tianguistenco de Galeana, México.
Sin nombre	Trituradora de Plástico	Trituradora	Plásticos	Colonia Guadalupe Yancuitlapan(Gualupita), 52600, México
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Metales	C. General Vicente Guerrero, Barrio de San Miguelito, 52700, Capulhuac de Mirafuentes, México.
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Papel y cartón	Av. Miguel Hidalgo, Col. San Isidro, 52700, Capulhuac de Mirafuentes, México
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Plásticos	Av. Jose María Morelos, # 1618, Barrio San Isidro, 52700, Capulhuac de Mirafuestes, México.
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	PET y cartón	C. Nicolás Bravo, Barrio de San Miguelito, 52700, Capulhuac de Mirafuentes, México.

Tabla C1 Empresas comercializadoras cercanas a los municipios con potencial de sinergias (Continuación).

NOMBRE/RAZON SOCIAL	ACTIVIDAD	ACOPIO/RECICLAJE	RESIDUO	DIRECCIÓN
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	PET/Plásticos	C. Molino de San Cayetano, Barrio de San Miguelito, 52700, Capulhuac de Mirafuentes, México.
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Plásticos	C. Boulevard Santa Cruz Atizapán, Paraje la Huerta, 52500, Santa Cruz Atizapán, México.
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Papel y cartón	Pueblo San Nicolás Tlazala, San Nicolás Tlazala, 52700, México.
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Madera y Desechos en general	Av. Libertad, Col. Santa Cruz Atizapán, 52500, Santa Cruz Atizapan, México
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Plásticos	Av. Libertad, Col. Santa Cruz Atizapán, 52500, Santa Cruz Atizapan, México
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Metales	Av. Libertad, Col. Santa Cruz Atizapán, 52500, Santa Cruz Atizapan, México
Maderería San pedro	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Desechos en general	C. Segunda de Cuauhtémoc, 15, Pueblo San Pedro Tlaltizapán, 52540, México.
Sin nombre	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Madera y metales	Av. 5 de mayo, Pueblo San Pedro Tlaltizapán, 52540, México.
Alonso morales	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Chatarra	Camino a San Carlos, El Cerrillo piedras blancas, Toluca
Comercializadora de papel y cartón del centro de S.R.L	Compra/ venta de material reciclable	Acopio	Papel y Cartón	16 de septiembre No. 150 Col. Emiliano Zapata, San Mateo Atenco