



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Planeación Urbana y Regional
Maestría en Estudios de la Ciudad



T E S I S

Manejo integral de residuos sólidos urbanos a través de basura cero en la Zona Metropolitana de Toluca

Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento:
Ordenamiento ambiental y vulnerabilidad urbana

Presenta

L. en P.T. Moisés Gómez Cruz

Tutor académico: Dr. en C. Salvador Adame Martínez
Tutoras adjuntas: Dra. en C.E. Rosa María Sánchez Nájera
Mtra. en D.M. Guadalupe del Carmen Hoyos Castillo

Toluca, Estado de México, julio del 2021

Índice

Introducción	5
Planteamiento del problema	14
Justificación	18
Objetivos e Hipótesis	22

Capítulo 1. Marco teórico conceptual sobre residuos sólidos y enfoque de basura cero para el desarrollo urbano sustentable

1.1. Desarrollo sustentable	28
1.1.1. Crecimiento y desarrollo	30
1.1.2. Concepto de desarrollo sustentable	33
1.1.3. Sustentabilidad y sostenibilidad	36
1.1.4. Dimensiones del desarrollo sustentable	39
1.2. Ciudad	42
1.2.2. Desarrollo urbano	44
1.2.3. Desarrollo urbano sustentable	45
1.2.4. Metabolismo urbano	47
1.3. Residuos sólidos urbanos	48
1.3.1. Características y clasificación	50
1.3.2. Manejo integral de residuos sólidos urbanos	51
1.3.3. Los residuos sólidos urbanos de la ZMT ante las principales zonas metropolitanas de México	56
1.4. Economía circular y basura cero	57
1.5. Conclusión parcial	64

Capítulo 2. Marco de referencia sobre basura cero y economía circular

2.1. Casos internacionales	68
2.1.1. Economía circular, Euskadi 2018, marco de seguimiento europeo	68
2.1.2. Basura cero en San Francisco, California	70
2.1.3. Basura cero en Nueva Zelanda	71
2.1.4. Hacia cero residuos en la ciudad de Tshwane, Sudáfrica	72
2.1.5. Hacia un entorno de cero residuos en Taiwán	74
2.1.6. Basura cero en ciudad de Rosario, Argentina	77
2.2. Casos nacionales	79
2.2.1. Basura cero como alternativa de incineración, Movimiento Pro Salud, Apaxco, México	79
2.2.2. Hacia una economía circular en Cuautlancingo, Puebla	80
2.2.3. Modelo circular de compostaje residencial en la Ciudad de México	84
2.3. Marco normativo y de planeación sobre residuos sólidos urbanos	90
2.3.1. Ámbito internacional	90
2.3.2. Ámbito nacional, México	92
2.3.3. Estado de México y municipios	95

2.4. Conclusión parcial	98
Capítulo 3. Metodología sobre el manejo de residuos sólidos urbanos a través del enfoque de basura cero	
3.1. Caracterización del área de estudio	101
3.2. Diagnóstico del manejo de los RSU a través de los planes de desarrollo	103
3.3. Diseño de la metodología para la evaluación del manejo integral de RSU	104
3.4. Conclusión parcial	112
Capítulo 4. Resultados y discusión	
4.1. Diagnóstico de los RSU en la ZMT según documentos municipales	114
4.2. Resultado de las variables e indicadores de la metodología del manejo integral de los RSU	123
4.2.1. Etapa de generación	125
4.2.2. Etapa de prevención y disminución	127
4.3.3. Etapa de separación	129
4.2.4. Etapa de recolección	131
4.2.5. Etapa de transferencia	135
4.2.6. Etapa de disposición final	136
4.3. Criterios para la evaluación del manejo integral de los RSU	142
4.4. Lineamientos generales del manejo de RSU a través de basura cero para la ZMT	166
4.5. Conclusión parcial	169
Conclusiones	171
Referencias	176
Anexos	188

Resumen

El estudio de los residuos sólidos urbanos (RSU) en la ciudad es de gran trascendencia, ya que su manejo deficiente genera problemas de salud y de contaminación ambiental, estos problemas se deben a diversos factores como los son el crecimiento de la población y por lo tanto el aumento en la generación de residuos, falta de educación ambiental y de participación en la población, pero sobre todo la forma en cómo se produce y se consume.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo, evaluar el manejo integral de los RSU a través de los principios de basura cero y economía circular en los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) y con ello crear lineamientos generales de gestión de los residuos.

Se elaboró un marco teórico – conceptual, donde se abordan aspectos relacionados con los RSU, y un marco de referencia con base a casos de estudio a nivel internacional y nacional sobre residuos con enfoque de basura cero, además se analizó el marco jurídico y normativo en México, Estado de México y a nivel local.

Se diseñó una propuesta metodológica desde el enfoque de basura cero y economía circular, empezando con un diagnóstico de los RSU en la Zona Metropolitana de Toluca por medio de los Planes de Desarrollo Municipal y los Planes Municipales de Desarrollo Urbano de cada municipio, como también del apoyo de bases de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para así incidir en propuestas para mejorar el manejo y de esta forma coadyuvar en la sustentabilidad urbana.

Por último, se concluyó con una serie de lineamientos guiados a través de acciones para mejorar el actual manejo de los RSU de la ZMT, además de describir que el diagnóstico del manejo de los RSU sirvió para la elaboración de la evaluación por técnica de semáforo, y llegar al objetivo de la tesis, además de describir recomendaciones del trabajo y con ello incidir en el desarrollo urbano sustentable y mejorar la calidad de vida de las personas y su ambiente.

Palabras Clave: Residuos sólidos urbanos, Biodiversidad, Desarrollo sostenible, Basura cero, Economía circular.

Introducción

La generación de los residuos sólidos urbanos constituye una de las mayores preocupaciones y un desafío mundial de las sociedades contemporáneas (AIDIS, 2006 citado en Sáez y Urdaneta, 2014), ya que su manejo es un problema común en la mayoría de las ciudades. La generación es el resultado de diversos factores tales como: el crecimiento demográfico, la deficiente educación de la población, escasa participación comunitaria, los procesos productivos que no han logrado cumplir con la normatividad ambiental y un modelo económico que tiene efectos negativos en los hábitos de consumo de la población (De Valle, 2005 citado en Inga, 2015).

La generación de residuos sólidos superará drásticamente el crecimiento de la población en más del doble para 2050. Aunque se están viendo mejoras e innovaciones en la gestión de residuos sólidos a nivel mundial, por eso, es un tema complejo y se requiere tomar medidas urgentes al respecto (Kaza et al., 2018).

Los residuos se definen formalmente como los materiales o productos que se desechan ya sea en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, que se contienen en recipientes o depósitos, y que necesitan estar sujetos a tratamiento o disposición final con base en lo dispuesto en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) (GF, 2003).

Según el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN), elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), estos pueden ser sólidos (ya sea de naturaleza orgánica o inorgánica), líquidos (que incluyen a los que se vierten disueltos como parte de las aguas residuales) y los que escapan en forma de gases. Todos ellos, en función de su composición, tasa de generación y manejo pueden tener efectos muy diversos en la población y el ambiente (SEMARNAT, 2016).

En algunos casos, sus efectos pueden ser graves, sobre todo cuando involucran compuestos tóxicos que se manejan de manera inadecuada o se vierten de manera accidental, los residuos se clasifican en tres grupos de acuerdo a sus características y orígenes: el primer grupo es de los residuos sólidos urbanos (RSU), el segundo grupo el de residuos de manejo especial (RME) y el tercer y último grupo es de residuos peligrosos (RP) (SEMARNAT, 2016).

Por lo tanto, los residuos sólidos urbanos (RSU) son aquellos que se producen en las casas habitación como consecuencia de la eliminación de los materiales y/o productos que se utilizan en las actividades domésticas (por ejemplo, residuos sólidos de los productos de consumo y sus envases, embalajes o empaques, o residuos orgánicos provenientes de alimentos o productos perecederos); o que provienen también de cualquier actividad que se realiza en establecimientos y los resultantes de lugares públicos siempre que no sean considerados como residuos de otra índole (GF, 2003).

La generación de los RSU y su problemática en las ciudades ha llevado a la discusión política a generar estrategias de gestión (Petts, 1994). Además, la reducción de su generación y manejo no involucra sólo efectos ambientales y de salud pública, sino también implica el consumo de recursos naturales.

Por lo tanto, el manejo de los residuos, procura reducir su generación y conseguir su adecuada disposición final, también puede dar como resultado colateral la reducción, tanto de la extracción de recursos (evitando su agotamiento), como de energía y agua que se utilizan para producirlos, así como la disminución de emisión de gases de efecto invernadero. Todo ello se acompaña de importantes beneficios económicos, sociales y ambientales (SEMARNAT, 2016).

Pero el manejo de los residuos sólidos constituye a nivel mundial un problema para las grandes ciudades, factores como el crecimiento demográfico, la concentración de población en las zonas urbanas, el desarrollo ineficaz del sector industrial y/o empresarial, los cambios en patrones de consumo y las mejoras del nivel de vida, entre otros, han incrementado la generación de residuos sólidos en los pueblos y ciudades (Ojeda y Quintero, 2008; AIDI-IDRC, 2006 citado en Sáez y Urdaneta, 2014).

Por ejemplo, en la primera década del siglo XXI, los países del mundo industrializado han cuadruplicado su producción de desechos domésticos, incrementándose esta cifra entre un 2 a 3% por año. Diariamente se consume y se tira a la basura gran cantidad de productos de corta duración, desde los pañales del bebé hasta bolsas de plástico (USAID, 2011 citado en Inga, 2015).

Paradójicamente, el aumento en la cantidad de desechos tiende a correlacionarse con los crecientes niveles de ingreso. Por consiguiente, la disposición de desechos es un problema creciente asociado con los mayores niveles de prosperidad económica (Inga, 2015).

Según el 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) de acuerdo a Kaza et al. (2018), se estimó que la generación global de residuos en 2016 alcanzó los 2,010 millones de toneladas en total. La distribución por grandes regiones fue Asia Oriental y el Pacífico fueron la 1ª región a nivel mundial en generación de residuos sólidos con 468 millones de toneladas al año aproximadamente; Europa y Asia Central ocuparon el 2º lugar con 392 millones de toneladas; Asia del Sur ocupó el 3º lugar con 334 millones de toneladas; el 4º lugar lo ocupó Norte América con 298 millones de toneladas; América Latina y el Caribe el 5º lugar con 231 millones de toneladas; el 6º lugar África subsahariana con 174 millones de toneladas; y el 7º lugar Oriente Medio y África del Norte generando 129 millones de toneladas (Kaza et al., 2018).

A nivel internacional una de las formas de abordar los RSU ha sido a través de “basura cero” (los residuos vistos como un recurso), tal como lo refiere Ghinea y Gavriles (2019) citado en Franco y Carpio (2019), la recolección de los residuos considerando su separación (plásticos, cartón, vidrio, etc.) es el factor clave para promover e implementar su manejo y gestión.

El término que ha surgido de Cero Residuos, en inglés *Zero Waste (ZW)* o basura cero, es promovido por *Zero Waste International Alliance (ZWIA)* misma que ha desarrollado políticas relacionadas con el objetivo de crear conciencia en la sociedad y empresas sobre los beneficios obtenidos cuando los residuos se consideran como un recurso. La ZWIA definió "Basura cero como un objetivo que es ético, económico, eficiente y visionario, para guiar a las personas a cambiar sus estilos de vida y prácticas para emular ciclos naturales sostenibles, donde todos los materiales descartados están diseñados para convertirse en recursos para que otros los utilicen", objetivos similares a los de la Economía Circular (EC). También basura cero puede considerarse como el “diseñar y administrar productos y procesos para evitar y eliminar sistemáticamente el volumen y la toxicidad de los desperdicios y materiales, conservar y recuperar todos los recursos y no quemarlos ni enterrarlos. Idealmente, la

implementación de cero residuos eliminará todas las descargas a tierra, agua o aire que sean una amenaza para la salud planetaria, humana, animal o vegetal” (ZWIA, 2015 citado en Franco y Carpio, 2019).

Connett y Sheehan (2001), señalan que la combinación de prácticas comunitarias como la reutilización, reparación y reciclaje y las prácticas de la industria para lograr ZW (*Zero West*) está promoviendo la necesidad de desarrollar comunidades y empresas sostenibles. Basura cero también se considera una solución alternativa para los problemas de manejo de desperdicios. Este concepto puede estimular la producción y el consumo sostenibles, la recuperación, el reciclaje y restringe la incineración y el vertido de residuos (Zaman, 2015 citado en Franco y Carpio, 2019).

Es importante destacar que EC. ha inspirado modelos de negocio alternativos que permiten volver a examinarlo, como el nuevo enfoque de sustentabilidad, entendiendo este concepto como el estado de equilibrio de las preocupaciones económicas, ambientales y sociales de la sociedad (Dresner, 2002 citado en Franco y Carpio, 2019). Y sobre todo hacer mención que son distintos conceptos, ya que Economía Circular es una guía a la sociedad civil, pública y sectores privados hacia prácticas de cero residuos o basura cero (Franco y Carpio, 2019).

Por otra parte, en octubre del 2018 se celebró el Día Mundial del Hábitat con el tema “Gestión municipal de desechos sólidos”, el propósito fue crear conciencia sobre las medidas para abordar los desafíos en el Manejo de Residuos Sólidos Municipales. La campaña tuvo como eslogan “Ciudades que gestionan bien los residuos” busca, además, concertar esfuerzos y realizar actividades, para ONU-Hábitat (2018), son:

- Crear conciencia de que la situación, de los residuos sólidos municipales, es un reto mundial que todos nosotros necesitamos abordar.
- Facilitar un entorno para desarrollar políticas, diálogos y alianzas.
- Promover la creación de soluciones innovadoras al reto del manejo de residuos sólidos municipales.
- Movilizar recursos para hacer frente a los desafíos municipales de residuos sólidos.

El Día Mundial del Hábitat 2019, tuvo como sede la Ciudad de México, y su eslogan fue: “Las tecnologías de vanguardia como una herramienta innovadora para transformar los

residuos en riqueza y prosperidad”. Se trata de poder usar tecnologías como datos en internet y vincularlos a dispositivos para un mayor control y gestión en cuanto al manejo de los RSU, hacer conciencias para productores en hacer cosas más duraderas, usar la nanotecnología para poder generar menos volumen de RSU, hacer uso de tecnologías más limpias, ahorradoras de energía, entre otros (ONU-Hábitat, 2019).

Por ello la ONU-Habitat invita a las autoridades locales a: I) apoyar la recopilación de datos sobre fuentes y depósitos de desechos en su ciudad y II) comprometerse con la gestión integrada y sostenible de residuos y unirse a la campaña *Waste Wise Cities* (ONU-Hábitat, 2019).

Por lo que invita a todas las personas: a) Reconsiderar los desechos como un recurso valioso; b) crear e implementar un entorno legislativo que prevea una economía circular; c) investigar sobre nuevas tecnologías de vanguardia que tengan el potencial de mejorar sustancialmente la gestión de residuos y d) invertir en soluciones alternativas para alcanzar una economía circular (ONU-Hábitat, 2019).

Algunas experiencias internacionales de basura cero, se encuentran la de San Francisco, California, Estados Unidos, en 1989 cuando en California se estableció la ley AB939, en donde se señala que todos los condados y ciudades debían lograr para el año 1995 apartar de rellenos sanitarios o incineradores el 25% de residuos que eran reciclables o aprovechables, y para el año 2000 el 50% de los mismos (Panarisi, 2015). De esta manera, se empezó separando papel, vidrio y plástico, con lo que se logró desviar más del 50% en el año 2003. Como consecuencia de este proceso, se definió llegar al año 2010 desviando el 75% de sus residuos y para el año 2020 conseguir la meta de basura cero (Panarisi, 2015).

San Francisco genera aproximadamente 1.8 millones de toneladas de basura por año. La recolección está a cargo de una empresa privada, y es la propia compañía la que cobra el servicio a los usuarios de acuerdo con la cantidad de residuo que deposite. En cuanto a los contratos, los mismos se extienden de los cinco a los veinte años y se otorgan a una sola empresa, actualmente la Norcal Inc., que controla a través de subsidiarias todo el circuito, desde la recolección y clasificación hasta el reciclado y venta de los materiales producidos. Del total de los recaudado, la empresa debe pagar al Estado un costo de aproximadamente el 33%, de esa manera se financian las campañas que publicitan la separación (Panarisi, 2015).

Desde el año 2004, la ciudad separa su basura en reciclables, orgánicos, y los que van directamente al relleno sanitario. Luego, los camiones pasan una vez por semana para recoger los contenedores, botes verdes (orgánicos) y otra para encargarse de los recipientes azules (reciclables) y los negros (desperdicios para su disposición final). San Francisco es considerada como la ciudad líder en gestión de residuos (Panarisi, 2015).

Por otro lado, en Nueva Zelanda, basura cero se estableció a través de un fideicomiso sin fines de lucro y con una visión a largo plazo que contemplará el comportamiento de la sociedad para lograr la sustentabilidad, el desarrollo de políticas a nivel local, regional y nacional que permitieran la consecución de los objetivos, al mismo tiempo el desarrollo de tecnología y sistemas efectivos para el tratamiento de residuos (Knight, 2006 citado en Cabrera, 2014).

La *Zero Waste New Zealand Trust* que es el nombre de la institución que ejecuta el programa de manejo de residuos; trabaja con diferentes actores. El control de la basura se da con la coordinación del gobierno central, los consejos locales y regionales. El gobierno central se encarga de elaborar la estrategia de gestión de residuos y la legislación en materia de residuos y manejo de recursos; los consejos regionales se encargan de los planes a nivel regional y de los residuos peligrosos; por último, los consejos locales tienen a su cargo el manejo de los residuos sólidos urbanos, la infraestructura y plantas de tratamiento propias o contratadas fuera de los municipios (Knight, 2006 citado en Cabrera, 2014).

En marzo de 2005 se presentaron cifras de los avances de la implementación de la estrategia, en Nueva Zelanda, algunos resultados fueron los siguientes: en el año 2002, solo el 42% de las autoridades correspondientes contaban con planes de manejo de residuos y para el 2005 la cifra se incrementó hasta alcanzar el 82%, mientras, el 72% había cumplido con los objetivos de la estrategia nacional. Así, para ese mismo año, más del 70% de las autoridades territoriales ofrecían servicio de recolección diferenciada de residuos sólidos (Knight, 2006 citado en Cabrera, 2014).

Por otra parte, la generación de residuos tiene una correlación positiva entre el desarrollo económico y la urbanización, los países y economías de altos ingresos están más urbanizados y por lo tanto generan más residuos per cápita y totales. La región de América Latina y el Caribe ocupó el 5to lugar para el 2016 en producción total de residuos proyectados y el 3er

lugar en rendimiento de basura per cápita, generando al día aproximadamente 0.99 kg de residuos (Kaza et al., 2018).

El nivel de manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe varía de una región a otra, aunque por lo general se caracteriza por ser deficiente. La cantidad de residuos por persona ha venido aumentando constantemente mientras que su calidad se ha ido reduciendo. En los últimos 30 años, la generación de RSU per cápita en América Latina ha aumentado de 0.2-0.5 kg/día a 0.5-1.0 kg/día. (USAID, 2011 citado en Inga, 2015). En tanto la composición de los residuos producidos por los hogares y por las empresas ha pasado de ser casi totalmente biodegradables a un grado de biodegradabilidad mucho menor, con cantidades crecientes de plásticos, aluminio, papel, cartón, cajas de empaques y materiales peligrosos (Inga, 2015).

En las grandes ciudades de los países de América Latina y el Caribe, el manejo de los residuos sólidos ha representado un problema debido, entre otras cosas, a los altos volúmenes de residuos sólidos generados; cuando el manejo de éstos no es el adecuado, puede afectar la salud de los ciudadanos y al medio ambiente (Sáez y Urdaneta, 2014). En algunos países de la región las etapas del manejo de residuos sólidos son: generación, almacenamiento, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final (Ochoa, 2009).

Igualmente, en la región de América Latina y el Caribe, la cobertura de recolección de residuos es bastante alta en comparación con las tendencias mundiales. A nivel urbano, alrededor del 85 por ciento de los desechos se recolectan, la mayoría se realiza puerta a puerta, mientras que, en las comunidades rurales, la cobertura de recolección de residuos es de alrededor del 30 por ciento. En cuanto al reciclaje, en algunas ciudades grandes promedian casi 4,000 recicladores activos. Respecto a la eliminación y el tratamiento de los residuos generados anualmente, aproximadamente el 4.5% es reciclaje, compostaje 1%, digestión anaeróbica (producción de biogás) 1% y el 93.5% restante es distribuido en depósito en rellenos sanitarios, sin especificar, controlados y tiraderos a cielo abierto (Kaza et al., 2018).

En el caso de Curitiba, Brasil, Panarisi (2015), describe que, si bien no existen plazos concretos para llegar a reducir totalmente su disposición en rellenos sanitarios, vale mencionar la experiencia de esta ciudad a partir del grado de compromiso por parte del Estado y de sus habitantes con respecto a la temática. Existe un lema en la ciudad que está incorporado en la enseñanza curricular de los niños y que expresa que “la basura no es

basura”. Esta educación que reciben los curitibanos desde edades muy tempranas se complementa con la presencia de diversos programas que permitieron aumentar cada año la cantidad de materiales reciclables. De acuerdo con Panarisi (2015), entre los programas más importantes se destacan:

- Basura por alimento: se canjean kilos de residuos por vegetales y frutas desarrolladas en huertas orgánicas, boletos de transporte y libros para los niños.
- Programa Ecoliko: es el tipo de recolección puerta a puerta, en el cual el municipio pasa a retirar en días alternos la basura de los hogares que forman parte del programa.
- Separación en establecimientos educativos: a partir de los conocimientos y la práctica que adquieren los niños sobre la temática, ellos mismos les enseñan a los padres cuál es la mejor manera de separar los residuos en sus respectivos hogares.

México por su parte, en la región de América Latina y el Caribe, ocupa el lugar número 12 en tasas de generación de basura, en el 2016 generaba casi 1.15 kg de residuos per cápita al día (Banco Mundial, 2018), además, el crecimiento de la generación marcha a la par del gasto del consumo final privado y el PIB nacional, es decir, que a mayor nivel de consumo mayor volumen de residuos. Entre 2003 y 2012, el producto interno bruto (PIB) y la generación de residuos crecieron a la misma tasa (alrededor de 2.77% anual) (SEMARNAT, 2016).

En las décadas de 1960 y 1970, en el país, los esfuerzos para contrarrestar el mal manejo de los residuos se enfocaron en el área de la ingeniería sanitaria (Durán, 1997). En esas décadas se empieza a reconocer los perjuicios causados por los residuos sólidos y su mal manejo (Stone y Johnson, 1978), además de que surgieron estrategias para reducir los daños como el diseño e implementación de los rellenos sanitarios, y las prácticas que son la reutilización y el reciclaje como nuevas alternativas en el tratamiento de los desechos (Blum, 1976 citado en Guzmán y Macías, 2012), las cuales serían más eficientes para reducir los residuos sólidos urbanos y los costos de su manejo.

Por otra parte, los primeros acuerdos de carácter internacional bajo los cuales comenzarían a crear marcos legislativos de carácter nacional para promover la prevención de los daños causados por la contaminación, particularmente en el ámbito del manejo de los residuos sólidos, comenzaron a formularse a mediados de la década de 1990, bajo el cobijo de la Cumbre de la Tierra en Río 1992 (Durán, 1997; Weng, 2009).

Las alternativas de manejo de residuos sólidos se perfeccionaron y aumentaron con la investigación y los adelantos tecnológicos. Desde las primeras muestras de preocupación sobre cómo darle solución al incremento de los residuos sólidos y su compleja gestión se dio empuje a la propuesta de las 3Rs: reducir, reutilizar y reciclar (Guzmán y Macías, 2012).

En la década de 1990 se propone el principio “el que contamina paga”, su objetivo era que el productor de bienes adquiriera la responsabilidad de los residuos que produce y de sus posibles efectos sobre el medio ambiente y pagar por los daños causados. Aunque este principio podría hacer permisible la contaminación, su intención era propiciar el compromiso compartido que implica la generación de desechos y desalentar la contaminación provocada por ellos. Uno más es el *Unit pricing* o precio por unidad (también descrito como *Pay as you throw*, es decir, paga el que produce la basura y de acuerdo a la cantidad que se desecha), que se refiere al pago por residuos sólidos desechados y es una medida para reducir su producción, estimular el reciclaje y promover la equidad en el pago del servicio (Guzmán y Macías, 2012). Y añaden que, aunque tales medidas tuvieron sus ventajas y desventajas, algunos estudios mostraban ser eficientes al reducir la generación de desechos, pero también pareciera aumentar esta generación al solo pagar un impuesto sin dejar de generar desechos

En los primeros años, de la primera década del siglo XXI, se ha dado un fenómeno conocido como *Not in my backyard – Nimby* (no en mi patio trasero) que expresa el rechazo al establecimiento de sitios disposición final cerca de los centros de población (Ray, 2008). Ahora en los últimos años de la segunda década del siglo XXI, se da el fenómeno de basura cero que empieza a ser aplicable en algunas ciudades del mundo, como lo reporta Paranisi (2015)

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en el 2019, publicó una iniciativa titulada “Visión nacional hacia una gestión sustentable: cero residuos”, y se destaca evitar el desperdicio de alimentos y aprovechar el potencial orgánico y energético de los residuos, transformar los tiraderos a cielo abierto en bancos de materiales y crear mercados para materias primas recicladas, fomentar la industria de re manufactura y reciclar para integrar la economía circular en los procesos educativos, fortalecer el seguimiento al desempeño de la Gestión Sustentable de los Residuos (SEMARNAT, 2019).

Por lo tanto, ya se empiezan aplicar los principios de basura cero, tal es el caso del tratamiento de RSU hacia una economía circular en Cuautlancingo, Puebla (Díaz y Tinoco, 2019), estudio donde se descubrió la deficiencia de algunas etapas de basura cero, pero también aspectos positivos como la participación de la sociedad y de empresas junto con el gobierno, que pueden lograr la eficacia de basura cero, el municipio de Cuautlancingo considera muy importante la concientización y educación a la población por eso a partir de 2015 se impartieron talleres gratuitos, por ello trabaja con la industria para reciclar sus residuos, y apoyar acciones a cuidar el medio ambiente, también se trabaja para crear composta con residuos orgánicos en colaboración con la Universidad Autónoma de Puebla y la sociedad, actualmente recicla el 16% de los residuos totales.

Así como el modelo circular de compostaje residencial en la Ciudad de México (Plasencia et al., 2019), en donde los residuos orgánicos representaron entre el 45% y el 55% del total de los RSU, por lo tanto, el municipio de Atizapán de Zaragoza participa en un programa de abono municipal, donde 43 zonas residenciales participan, otras zonas no participan por desconocimiento, los residuos orgánicos llegan para ser transformados en abono, hay deficiencias como la poca difusión de este proyecto, falta de compromiso del gobierno y sociedad, cabe aclarar que el compostaje no se vende, sólo se regala para usarlo en parques o a petición de los ciudadanos, no hay retorno de la inversión.

Planteamiento del problema

La urbanización y el crecimiento económico están creando una posible "bomba de tiempo" con respecto a los efectos negativos resultantes de una mala gestión de los residuos sólidos, si no se abordan, además de los enormes costos, los efectos importantes a la salud humana y el medio ambiente se dejarán sentir en las naciones en todos los niveles de desarrollo, todas las ciudades, independientemente de su tamaño y capacidad financiera, pueden mejorar el estado actual de la gestión de los residuos sólidos para convertirse en "ciudades sabias en materia de residuos". Reduciendo el costo operacional y al mismo tiempo minimizando los impactos negativos en la salud y el medio ambiente (ONU-Hábitat, 2018).

Las ciudades de todo el mundo generaron más de 1,300 millones de toneladas de residuos sólidos en 2010. Como impulsoras de la actividad económica y receptoras de millones de migrantes rurales cada año, las ciudades esperan ver que este número aumente a 2,200 millones de toneladas anuales para 2025. Existe una correlación entre la generación de RSU, la riqueza (Producto Interno Bruto, PIB per cápita) y la urbanización. Las proyecciones futuras estiman que la producción mundial de desechos podría alcanzar hasta 27 mil millones de toneladas para 2050, un tercio de las cuales podrían generarse en Asia, con un porcentaje significativo, según lo proyectado por el Banco Mundial (ONU-Hábitat, 2018).

En el caso de América Latina y El Caribe ha prevalecido el manejo de los residuos bajo el esquema de “recolección y disposición final” dejando rezagados el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de los residuos, así como la disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada (AIDIS-IDRC., 2006, citado por Sáez y Urdaneta, 2014). En muchos países de la región se utilizan los rellenos y/o tiraderos a cielo abierto sin las debidas especificaciones técnicas; se continúa con la práctica de recolección sin clasificación y/o separación de los desechos desde el origen (AIDIS-IDRC, 2006 citado en Sáez y Urdaneta, 2014).

Además es de señalarse que los trabajadores de las unidades recolectoras de “basura” están expuestos a constantes riesgos de tipo sanitario por el manejo que hacen de los residuos sólidos urbanos, lo mismo sucede con los pepenadores en los rellenos sanitarios o tiraderos, aunado esto a la deficiencia en la administración tanto pública como privada del sector son aspectos que revelan la crisis que presenta en la región por la falta de manejo de residuos sólidos (AIDIS-IDRC, 2006 citado en Sáez y Urdaneta, 2014).

Entre 2003 y 2015 la generación de residuos creció a una tasa de alrededor de 2.8% anual en México y se transita hacia una composición con un menor predominio de residuos orgánicos, en la década de los años cincuenta, el porcentaje de residuos orgánicos oscilaba entre 65 y 70% de su volumen, mientras que en 2012 esta cifra se redujo a 52.4% (SEMARNAT y INECC, 2018)

Según la cifra más reciente publicada en 2015 de SEMARNAT (2016), la generación de RSU consiguió 53.1 millones de toneladas lo que representó un aumento del 61.2% con respecto a 2003 (10.24 millones de toneladas más generadas en ese período). Si se expresa por

habitante, alcanzó 1.2 kilogramos en promedio diariamente en el mismo año, el incremento en la generación de residuos sólidos urbanos puede explicarse como resultado de múltiples factores, reconociéndose entre los más importantes el crecimiento urbano, el desarrollo industrial, las modificaciones tecnológicas y el cambio en los patrones de consumo de la población (SEMARNAT, 2016).

Para el caso del Estado de México, ocupó el primer lugar con 6.7 millones de toneladas, representando el 16.1% del total nacional (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2015). En la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), de acuerdo con los Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU) y los Planes de Desarrollo Municipal (PDM) los municipios de mayor generación de residuos sólidos urbanos (RSU) diarios son: Toluca con 901.5 toneladas, siendo el centro administrativo de la zona metropolitana, en segundo lugar, Metepec con 230 toneladas, en tercer lugar, Mexicaltzingo generando 123 toneladas, en cuarto lugar, Zinacantepec con 110 toneladas y, sigue Lerma con 100 toneladas al día (PMDU y PDM, Anexo 1).

En la revisión de los PDM y los PMDU de los municipios de la ZMT, no se contempla todo el proceso del manejo de los RSU, según refiere Ochoa (2009), de seis fases del manejo de residuos sólidos urbanos, tales diagnósticos solo contemplan tres fases: la recolección, traslado y disposición final, señalando como primordial el cubrir la recolección, como también señala Jiménez (2015), al reducirse en los municipios la noción de las etapas del manejo integral de los RSU. Además, se observa desinterés en la mayoría de los municipios por tratar de reducir la cantidad de residuos, y reportan que carecen de un sitio de disposición final y sitios de transferencia.

De la revisión de los 16 planes municipales de la ZMT (Anexo 1), sobre la frecuencia de la recolección semanal de RSU, se registran tres condiciones: el 50% de municipios (8) no la reportan, el 31.3% reportan entre cinco y siete veces (5 municipios) y el 18.7% de los municipios (3) de uno a cuatro veces, además los municipios de Chapultepec, Metepec, Otzolotepec, Tenango del Valle y Toluca la cobertura de la recolección de los RSU es de un 70% a un 90%.

El municipio con más unidades recolectoras es Toluca con 134, mientras que los demás municipios cuentan de 1 a 30 unidades. Por otro lado, Ocoyoacac reporta más personas

trabajando (52). En cuanto a la generación de RSU a nivel ZMT el municipio de Toluca que genera el 48% del total de RSU, Metepec produce el 12%, seguido de Mexicaltzingo con el 11%, Zinacantepec el 6% y Lerma un 5%, mientras que 11 municipios restantes generan entre el 1% y el 4%, además de que el municipio que más reporta en generación per cápita es Metepec con casi 1.5 kg al día.

Los municipios de la ZMT que cuentan con sitios de disposición final son: Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec (también tira en San Antonio la Isla), Mexicaltzingo, Rayón, San Antonio la Isla (aunque no lo mencione el Plan Municipal, se hace mención por otros municipios que depositan sus RSU en el del municipio), Xonacatlán y Zinacantepec.

En cuanto a los aspectos de reducir, aprovechar, reciclar, generar menos residuos sólidos desde la generación, se consideraron los siguientes planes: Plan de Desarrollo Municipal de Chapultepec 2019 – 2021, Plan de Desarrollo Municipal de Lerma 2019 – 2021, Plan de Desarrollo Municipal de Rayón 2013 – 2015, Plan Municipal de Desarrollo Urbano de San Mateo Atenco 2011, Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Temoaya 2015, Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Tenango del Valle 2011, Plan de Desarrollo Municipal de Xonacatlán, 2016 – 2019 y el Plan de Desarrollo Municipal de Zinacantepec 2019 – 2021. Lo que indica que el 50% de los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca no señalan el reducir la generación de RSU, reciclar, reutilizar y/o aprovechar.

En la Zona Metropolitana de Toluca algunos de los RSU se depositan en tiraderos a cielo abierto, y se estima que el costo asciende a 130 millones de pesos anuales, esto afecta seriamente a los ecosistemas naturales y urbanos, además de que representan un peligro potencial para los mantos acuíferos, lo cual es insostenible a largo plazo (Rodríguez y Montesillos, 2016). En la ZMT según Rodríguez y Montesillos (2016), el municipio de San Mateo Atenco es el único que cuenta con una estación de transferencia, donde los RSU se almacenan y se separa un porcentaje hasta que son transportados al sitio de disposición final, en el resto de los municipios de la zona los vehículos recolectores acuden directamente al sitio de disposición final.

Esto es muy importante ya que la generación de residuos está relacionada con el proceso de urbanización en la ZMT, además de un aumento en el consumo de bienes y servicios, lo que generará una mayor cantidad de residuos. Por lo anterior, el propósito del presente trabajo de

investigación es implementar el enfoque de basura cero en los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca con la finalidad de llegar a un desarrollo urbano sustentable. Lo que generará una menor cantidad de residuos, los cuales en su manejo no ha sido integral debido a que solo cubre tres de las seis etapas del manejo integral de los RSU.

Esto es muy importante ya que la generación de RSU está directamente relacionada con el proceso de urbanización y en la ZMT se continua con este proceso.

Justificación

El manejo de residuos sólidos es una pieza crítica en su gestión, aunque a menudo pasada por alto, para planificar ciudades y comunidades sostenibles, saludables e inclusivas para todos. Sin embargo, la gestión de residuos puede ser la partida de mayor presupuesto para muchas administraciones locales. Los municipios de los países de bajos ingresos están gastando alrededor del 20 por ciento de sus presupuestos en gestión de residuos (Kaza et al., 2018).

En la medida que los países cuentan con mayores ingresos se favorece una mayor gestión de residuos, y es que existe una relación directa entre crecimiento económico con un aumento en la generación de residuos per cápita. Además, una rápida urbanización y un rápido crecimiento de la población crean centros de población grandes (ciudades), y con ello una “mayor” eficiencia en la recolección y su tratamiento, sin embargo, la eliminación de los residuos se torna más complejo (Kaza et al., 2018).

En México, el punto de partida para entender la agenda ambiental de los municipios es el patrón de desarrollo actual, no es sustentable, por lo que el reto para los gobiernos municipales es implementar una estrategia viable de desarrollo sustentable en su jurisdicción y participar en la gestión ambiental en su región, más allá de sus fronteras municipales (Bernache, 2015).

Los principales elementos del problema de la basura en municipios urbanos de México son: a) el creciente volumen de RSU que se generan y que demandan mayor infraestructura para recolección y disposición de los mismos; b) los costos económicos para el pago de personal y parque vehicular para la recolección; c) la disposición final de residuos en sitios, ya que no

siempre se cuenta con infraestructura completa para el control de la contaminación; d) falta de estrategias para su gestión sustentable de residuos; y la escasa participación social en los procesos de gestión, particularmente en lo que se refiere a minimizar la producción y separar los residuos (Bernache, 2015).

La generación de residuos está íntimamente ligada al proceso de urbanización. En general se reconoce que éste se acompaña por un mayor incremento del poder adquisitivo de la población que conlleva a estándares de vida con altos niveles de consumo de bienes y servicios, lo que produce un volumen superior de residuos (SEMARNAT, 2016).

De acuerdo con el Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2016, dentro de las regiones, para el 2012 el patrón de generación de RSU ha sido heterogéneo: en la Región Frontera Norte se generó el 16% con 6.9 millones de toneladas, en la Región Norte se generó un 11% con 4.4 millones de toneladas, en la Región Centro se generó un 51% con 21.3 millones de toneladas, en la Región Sur un 10% con 4.3 millones de toneladas y en el Distrito Federal un 12% con 4.9 millones de toneladas (SEMARNAT, 2016).

Es decir que más del 50% de la generación de RSU se produce en la parte central integrada por los estados de Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Estado de México, Michoacán, Colima, Guerrero y Morelos. De todos estos el Estado de México es la entidad federativa más poblada, y ocupa el primer lugar en generación de RSU, con un promedio de 16,187 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos y de manejo especial (GEM, 2018).

De acuerdo con el Plan de Desarrollo del Estado de México 2017- 2023 (GEM, 2018), se desea observar al Estado de México ordenado, sustentable y resiliente al cambio climático, pero además lograr el manejo sustentable de los residuos sólidos urbanos con un enfoque de basura cero, entre otros aspectos.

El Plan también retoma los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 (ONU y CEPAL, 2016), uno de ellos es adoptar medidas para combatir el cambio climático y mitigar sus efectos, fomentar la reducción, reciclaje y reutilización de desechos urbanos, industriales y agropecuarios, así como mejorar su gestión. Entre las líneas de acción se encuentran el promover la cultura de reciclaje, reducción de residuos, fomentar la separación

de los RSU, impulsar el saneamiento de los tiraderos clandestinos, aprovechar los residuos sólidos urbanos y agropecuarios para generación de biogás, todo relacionado con una visión metropolitana.

El Plan sin duda se apega a los ODS que la ONU y CEPAL (2016), formularon para el crecimiento sustentable de las ciudades, el enfoque de basura cero pretende contribuir a ese mejoramiento de las condiciones de vida de la Zona Metropolitana de Toluca a través del manejo de los residuos sólidos urbanos.

De acuerdo con SEDATU, CONAPO e INEGI (2018), consideran que una zona metropolitana es el conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 100 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan los límites del municipio, incorporando dentro de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica. También se incluyen aquellos municipios que por sus características particulares son relevantes para la planeación y política urbana de las zonas metropolitanas en cuestión.

Adicionalmente, se contempla en la definición de zonas metropolitanas a los municipios con una ciudad de más de 500 mil habitantes; los que cuentan con ciudades de 200 mil o más habitantes ubicados en la franja fronteriza norte, sur y en la zona costera; y aquellos donde se asienten capitales estatales, estos últimos cuando no están incluidos en una zona metropolitana (SEDATU, CONAPO e INEGI, 2018).

Por otro lado, la delimitación de una zona metropolitana se realiza por medio de las instituciones de SEDATU, CONAPO e INEGI (2018), y tiene dos objetivos, 1) identificar, como zona metropolitana a una agrupación de centros de población conurbados de dos o más municipios, 2) acotar un centro de población considerable ubicado en un solo municipio; y, por otra parte, se refiere al acotamiento de los límites físico-espaciales de esa zona metropolitana.

Con relación al primer objetivo, de identificación, se toman en cuenta los siguientes criterios:

- Tamaño de la población, integración física y funcional y distancia entre los centros de población, ubicación fronteriza, densidad media urbana y decisiones de planeación y política pública (SEDATU, CONAPO e INEGI, 2018).
- Papel en el desarrollo nacional por sus funciones en el desarrollo social y económico, la toma de decisiones y gobernanza, y la seguridad nacional; considerando también el tamaño de la población y la ubicación geográfica (SEDATU, CONAPO e INEGI, 2018).

Referente al segundo objetivo, de acotamiento físico espacial, se considera el área completa del municipio aislado o de los municipios conurbados que constituyen la zona metropolitana.

Con respecto a los procesos de conurbación, con el continuo crecimiento de la mancha urbana, son elementos básicos para identificar una zona metropolitana. Estos son comunes, en particular, los casos donde una ciudad se expande con tal intensidad que se rebasan los límites políticos administrativos de una demarcación municipal. Esta característica suele ir acompañada de modificaciones en un límite menos visible. (SEDATU, CONAPO e INEGI, 2018).

La delimitación de los municipios metropolitanos se reduce a tres grupos: los centrales, los exteriores, identificados a partir de los criterios estadísticos y geográficos, y los definidos como exteriores bajo los criterios de planeación y política urbana. Los tipos de municipios muestran la estructura de los flujos y desplazamientos predominantes entre el centro y la periferia (SEDATU, CONAPO e INEGI, 2018).

Para el caso de este trabajo el área de estudio es la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) integrada por 16 municipios, a saber: Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Oztolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Tenango del Valle, Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec, de acuerdo a la clasificación de SEDATU, CONAPO e INEGI en el 2018.

En la ZMT se genera un volumen importante de RSU y cuenta con varios rellenos sanitarios que no cumplen con la normatividad, son inadecuados. Esto es relevante mencionar ya que se requiere tener un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos conforme a la norma técnica y así evitar una serie de impactos negativos a la salud de la población y al ambiente.

Dentro de los principales problemas de origen sanitario-ecológico que se presentan en la entidad y en la ZMT se originan en los “basureros a cielo abierto”, además de incendios dentro de ellos, problemas de inseguridad, existe la proliferación de plagas; malos olores y transmisión de enfermedades por vía de insectos y roedores; contaminación debido a su dispersión por acción de las lluvias y/o del viento (GEM, 2018).

Aplicar el enfoque de basura cero en los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca lograría reducir la generación de residuos sólidos y conseguir un manejo integral de los residuos, a fin de proponer lineamientos manejo para reducir los residuos de manera importante los residuos que llegan a los sitios de disposición final. Con ello se estaría contribuyendo en la sustentabilidad urbana del área de estudio.

Pregunta de investigación

¿La Zona Metropolitana de Toluca a través de los Planes de Desarrollo Municipal y los Planes Municipales de Desarrollo Urbano contempla en el manejo integral de los residuos sólidos urbanos el enfoque de basura cero y economía circular?

¿Cómo el enfoque de basura cero para los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca puede mejorar el manejo integral de los residuos sólidos urbanos y esto a su vez en un desarrollo urbano sustentable al reutilizar, reciclar, aprovechar y reducir su generación y disposición final?

Hipótesis

La evaluación del actual manejo integral de los residuos sólidos urbanos, es factible apoyado del enfoque de basura cero y de la economía circular, en los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT).

Objetivos

Objetivo general:

Evaluar el manejo integral de los residuos sólidos urbanos a través de los principios de basura cero y economía circular para coadyuvar en su manejo, en los municipios de la ZMT y con ello incidir en el desarrollo urbano sustentable.

Objetivos específicos:

- Elaborar el marco teórico - conceptual sobre residuos sólidos urbanos (RSU) con enfoque de basura cero para su manejo sustentable en el contexto del urbanismo sustentable.
- Elaborar el marco de referencia de los RSU a partir de la revisión de casos de estudio ámbitos internacional, nacional y estatal.
- Analizar el marco jurídico y normativo relacionado con los RSU en México, en el Estado de México y municipios.
- Elaborar una propuesta metodológica desde el enfoque de basura cero y economía circular que permita diagnosticar el manejo integral de los residuos sólidos urbanos en la zona de estudio.
- Realizar la evaluación de los RSU en los municipios de la ZMT, a partir del diagnóstico de los PDUM, PMD y de INEGI.
- Proponer lineamientos de manejo de los residuos sólidos urbanos a través del enfoque de basura cero, a fin de coadyuvar en la sustentabilidad urbana.

Metodología

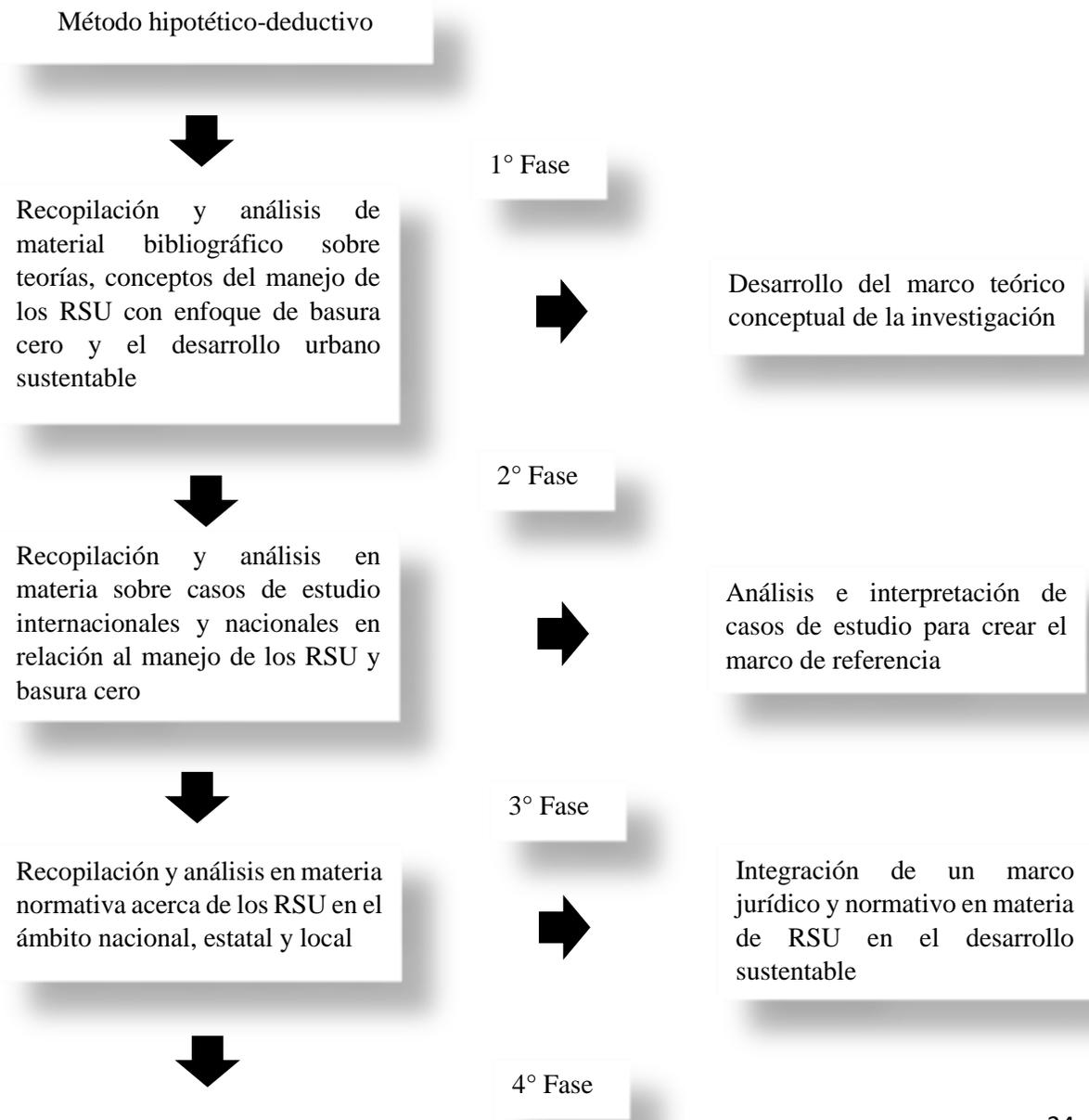
La metodología para esta investigación es hipotético deductivo y de tipo cuantitativo. Esto permitió el cumplimiento de los objetivos y por lo tanto de probar la hipótesis de trabajo. A continuación, se reportan las fases de la investigación (figura 1).

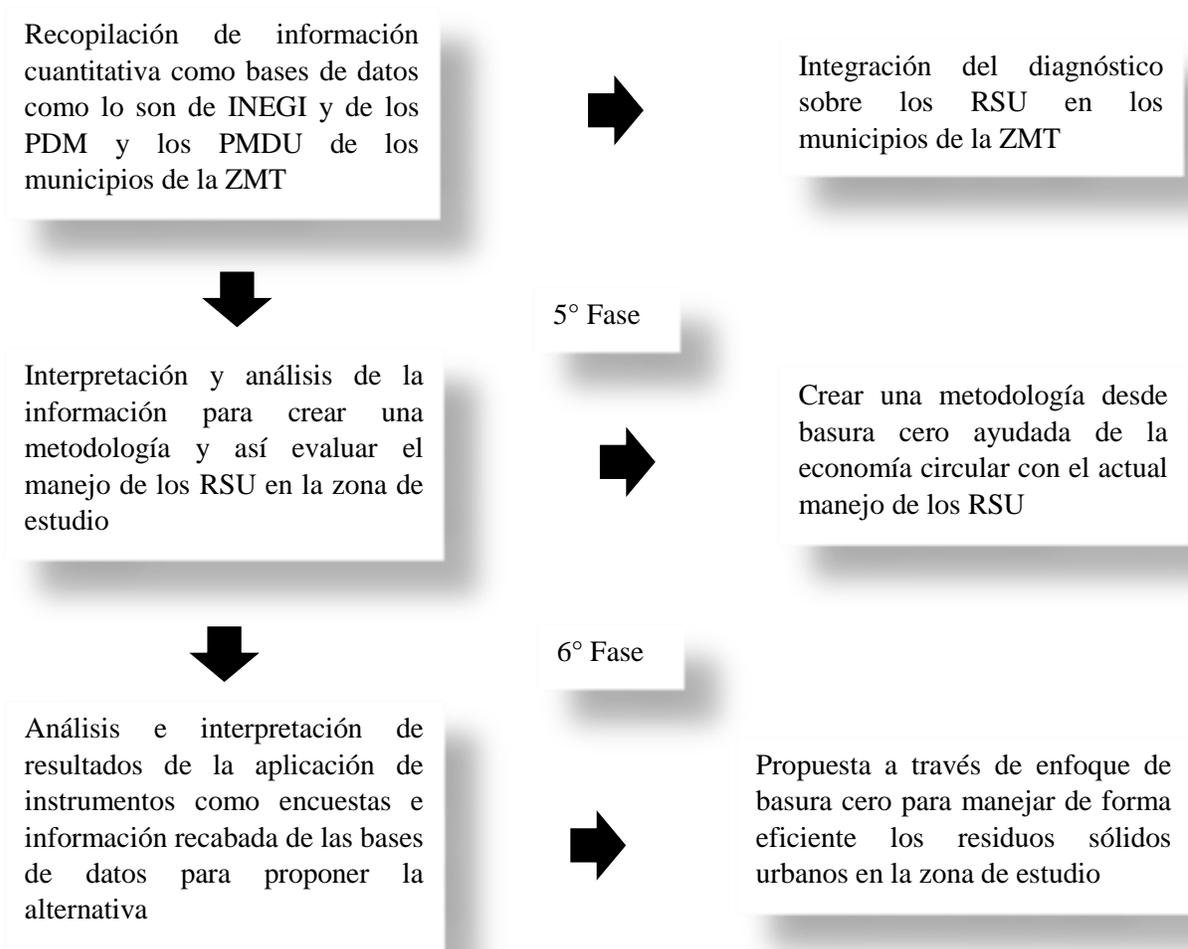
Primera fase. Consistió en recabar la información bibliográfica y estadística, para su análisis y síntesis, que permitió la elaboración del marco teórico conceptual de la investigación, en donde se abordó: el proceso de urbanización; el desarrollo sustentable, sus enfoques y

dimensiones; el desarrollo urbano sustentable; el manejo de residuos sólidos urbanos con el enfoque de basura cero.

Segunda fase. Se hizo una revisión de literatura sobre casos de estudio y sus metodologías para el manejo de residuos sólidos urbanos y de basura cero, tanto en el ámbito internacional como el nacional. Esto permitió entender y analizar lo que se hace en otras ciudades del mundo y de México, y comprender cómo es el manejo de los RSU. Con el análisis anterior se elaboró el Marco de Referencia de la presente investigación.

Figura 1. Proceso de la investigación





Fuente: Elaboración Propia.

Tercera fase. Se analizó el marco jurídico y la normatividad en materia de RSU, a nivel internacional y nacional en materia de residuos sólidos urbanos.

Cuarta fase: Comprende el análisis y síntesis de información cuantitativa de las condiciones del manejo actual de los residuos sólidos urbanos en la zona de estudio, creando un diagnóstico para comprender el comportamiento con relación al problema actual, con los Planes de Desarrollo Municipal (PDM) y los Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU) de los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT)

Quinta fase. En esta fase y con el apoyo de las metodologías reportadas en la literatura se diseñó la metodología de la investigación para describir las variables e indicadores con

respecto al manejo de los residuos sólidos urbanos y a basura cero. Posteriormente se recabó la información estadística en bases de datos oficiales, que ayudaron a su evaluación.

Sexta fase: Corresponde al análisis e interpretación de los resultados obtenidos en las dos fases anteriores, con la información estadística y herramientas que ayudaron a formular una solución y propuesta de alternativa para la problemática de los RSU. Además de analizar las primeras fases para complementar la propuesta, que pueda contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas y sobre todo mejorar el actual manejo de con los Residuos Sólidos Urbanos a través de basura cero y a mejorar el medio ambiente de manera sustentable.



ZMT



CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL
SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS Y ENFOQUE DE
BASURA CERO PARA EL DESARROLLO
URBANO SUSTENTABLE

Capítulo 1. Marco teórico conceptual sobre residuos sólidos y enfoque de basura cero para el desarrollo urbano sustentable

En el presente capítulo se reportan los conceptos relacionados con la temática de estudio, mismos que soportan su parte teórica. Se abordan conceptos de desarrollo, crecimiento, desarrollo urbano, sustentabilidad urbana, el metabolismo urbano, características, clasificación y la integralidad de los residuos sólidos urbano con un enfoque de basura cero, que se pretende abarcar en el capítulo para lograr un desarrollo urbano sustentable en el contexto del fenómeno urbano del proceso metropolitano de la zona de estudio.

1.1. Desarrollo sustentable

La idea de desarrollo sostenible surgió de la necesidad de introducir cambios en el sistema económico existente basado en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recursos y el beneficio como único criterio de la buena marcha económica. Desde los años sesenta del siglo XX, distintos foros internacionales, se han ocupado de estudiar estos temas, planteando los problemas ecológicos derivados del medio de desarrollo económico en el que estamos inmersos con la intención de integrar las necesidades del medio ambiente con dicho modelo de crecimiento (Larrouyet, 2015).

Así a principio de los setenta del pasado siglo, Ignacy Sachs, consultor de Naciones Unidas para temas de medio ambiente y desarrollo, propuso la palabra “ecodesarrollo” para conciliar el aumento de la producción que reclamaban urgentemente los países del Tercer Mundo, con el respeto a los ecosistemas que permitirían mantener las condiciones de la habitabilidad de la tierra (Larrouyet, 2015).

Este término empezó a utilizarse en los círculos internacionales relacionados con el "medioambiente" y el "desarrollo". A pedido del entonces jefe de la diplomacia norteamericana, Henry Kissinger, quién había manifestado su desaprobación del término “ecodesarrollo”, el presidente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente debió retocar el término “ecodesarrollo” y sustituirlo por “desarrollo sostenible” (Larrouyet, 2015).

En 1972 el informe Meadows del Club de Roma sobre “Los límites del crecimiento” puso la voz de alarma y el inicio del proceso de concienciación al plantear límites al crecimiento económico y cambio en el manejo de los ecosistemas con efectos catastróficos para los sistemas económicos y ecológicos (Larrouyet, 2015).

La Conferencia Científica de las Naciones Unidas también conocida como la Primera Cumbre para la Tierra, celebrada en Estocolmo (Suecia) en 1972, adoptó una declaración que enunciaba los principios para la conservación y mejora del medio humano y un plan de acción que contenía recomendaciones para la acción medioambiental internacional (Jackson, 2020).

Ya en 1987 el informe de Brundtland, conocido también como “Nuestro futuro común” de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, definió por primera vez el concepto de “desarrollo sostenible” como aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes a través de sus recursos, sin comprometer los recursos de las generaciones futuras, para satisfacer sus necesidades (Larrouyet, 2015).

Este concepto pretendía establecer relaciones entre los aspectos ambientales, económicos y sociales. Unos años más tarde, en 1992, en la Cumbre de la Tierra de Naciones Unidas realizada en Río de Janeiro se elaboró la Declaración sobre Medio Ambiente y Desarrollo, que asume por primera vez, y a nivel mundial, el desarrollo sostenible como guía para la formulación de políticas de desarrollo racional y regional, es decir la integración entre desarrollo y medio ambiente. El principal resultado obtenido de esta cumbre fue un documento titulado Agenda 21 en el que se define una estrategia general de desarrollo sostenible para todo el mundo, Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto, Universidad Nacional de Quilmes haciendo especial hincapié en las relaciones Norte—Sur, entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo (Larrouyet, 2015).

En 1992 la Unión Europea elabora el V Programa de acción de la Comunidad en materia de medio ambiente que se titulaba “Hacia un desarrollo sostenible”. Este Programa reconoce que el camino hacia el desarrollo sostenible será largo y que el medio ambiente depende de las acciones colectivas que se tomen en la actualidad (Larrouyet, 2015).

Las aproximaciones ambientalistas al desarrollo surgen en un contexto en que en el mundo afloran problemas de contaminación de las aguas de ríos, lagos y mareas, masiva y acelerada

desforestación, contaminación en las ciudades, avance de la desertificación, entre otros, resultado en buena medida de modelos y estilos de desarrollo que consideren a los recursos naturales como inagotables y el lucro el fin supremo de los agentes económicos (Larrouyet, 2015).

La piedra angular de la acción sobre cambio climático, en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, resultó ser la adopción del Protocolo de Kyoto en Japón en diciembre de 1997, que constituye la acción más influyente en materia de cambio climático que se haya emprendido hasta la fecha. Su objetivo era reducir las emisiones totales de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero de los países industrializados en al menos un 5% respecto de los niveles de 1990 (Jackson, 2020).

La Cumbre de Johannesburgo (Sudáfrica) en el 2002, fue la mayor reunión internacional que se haya celebrado sobre la sostenibilidad y reunirá a miles de participantes, entre ellos jefes de Estado y de Gobierno, dirigentes de empresas y representantes de la sociedad civil, para promover el desarrollo sostenible adoptado hace diez años en la Cumbre de Río (DIPNU, 2002).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se gestaron en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el desarrollo sostenible, llevada a cabo en Río de Janeiro en 2012, conocida también como “Río +20”. El propósito fue crear un conjunto de objetivos mundiales relacionados con los desafíos ambientales, políticos y económicos con que se enfrenta nuestro mundo (PNUD, 2020).

1.1.1. Crecimiento y desarrollo

El término de ambos conceptos ha sido tema de discusión por su similitud y diferencias, el concepto de crecimiento refiere al planteamiento inicial enfocado principalmente a la generación de riqueza, hacia la vinculación con otros conceptos complementarios, producto de la necesidad de tomar en consideración las capacidades humanas, institucionales y naturales dentro de una visión a largo plazo (Solano, 2007).

Etimológicamente, el término desarrollo proviene del francés antiguo “*des*” y “*veloter*” que significa desempacar, desenvolver, expandir, adquirir gradualmente una forma o función específica (López, 2014).

Según Díaz y Escárcega (2009), de acuerdo con la teoría del desarrollo y crecimiento económico, se considera que fue J. Schumpeter quien propuso por primera vez el término desarrollo, en su obra “Teoría del Desarrollo Económico”, Schumpeter hace mención que “el desarrollo se define por la puesta en práctica de nuevas combinaciones. Este concepto abarca cinco aspectos que se entrelazan entre sí: 1) La introducción de un nuevo bien o de una nueva calidad de un bien [...], 2) La introducción de un nuevo método de producción [...], 3) La introducción de un nuevo mercado [...], 4) La conquista de una nueva fuente de aprovisionamiento de materias primas o de bienes semi-manufacturados [...], 5) La creación de una nueva organización de cualquier industria” y quien lleva a cabo estas características, señala que es la empresa como tal y los empresarios (Schumpeter, 1957 citado en Díaz y Escárcega, 2009).

Sunkel y Paz (1978), de igual modo describen que, el desarrollo también es concebido como un proceso de cambio social, un proceso deliberado que persigue como finalidad última la igualdad de oportunidades sociales, políticas y económicas, tanto en el plano nacional como en relación con sociedades que poseen patrones más elevados de bienestar material (Sunkel y Paz, 1978 citado en Díaz y Escárcega, 2009).

Por otro lado, la Organización de la Naciones Unidas, (ONU) según Bifani (1999), define el desarrollo como el mejoramiento sustancial de las condiciones sociales y materiales de los pueblos, en el marco del respeto por sus valores culturales; a lo largo de sucesivas décadas de desarrollo, las Naciones Unidas han hecho esfuerzos para dejar en claro algo que parece tan obvio, como que crecimiento no equivale a desarrollo, pese a ello, en la práctica se siguió dando prioridad, tanto en niveles nacionales como internacionales de cooperación o de programas específicos, tanto de Naciones Unidas como de los organismos de Bretton Woods, a los aspectos de crecimiento en el supuesto que de lograrse esto, “por goteo” iba a producir el desarrollo (Bifani, 1999).

El desarrollo es un fenómeno social e histórico, tanto porque su contenido es exclusivamente social, en tanto fenómeno, porque por sus formas, expresiones y percepciones se manifiesta

en una dimensión espaciotemporal determinada, que es reflejada por la conciencia social. Por tanto, desarrollo se refiere a niveles en el avance ascendente del individuo social, genéricamente considerado como ente humano, es decir, en sus relaciones sociales (Becerra, 2005).

Conviene mencionar que para que exista desarrollo económico, es necesario más que una simple acumulación de bienes y de servicios, cambios cualitativos en la calidad de vida y en la felicidad de las personas, aspectos que incluyen espacios sociales culturales y satisfacción de necesidades materiales y espirituales (Guimarães, 2003).

Por otro lado, el crecimiento se mide como el aumento porcentual del producto interno bruto (PIB) o el producto nacional bruto (PNB) en un año. Puede ocurrir de dos maneras: una economía puede crecer de manera "extensiva" utilizando más recursos (como el capital físico, humano o natural) o bien de manera "intensiva", usando la misma cantidad de recursos con mayor eficiencia (en forma más productiva). Cuando el crecimiento económico se produce utilizando más mano de obra, no trae como resultado el aumento del ingreso por habitante, cuando se logra mediante un uso más productivo de todos los recursos, incluida la mano de obra, trae aparejado un incremento del ingreso por habitante y la mejora del nivel de vida, como promedio, de la población. El crecimiento económico intensivo es condición del desarrollo económico (Castillo, 2011).

También se asume que hay crecimiento cuando este se efectúa con recursos internos o sea que no provienen de otra economía, o sea que no depende de una economía exterior. Este debe buscar siempre la optimización de sus determinantes los cuales son puramente económicos. En cambio, el desarrollo se asume que ha existido cuando logra un crecimiento equilibrado de todos sus determinantes; tratando así que todos sus determinantes se mantengan equilibradas (Castillo, 2011).

Para Barrionuevo (2016), el crecimiento económico casi sin excepción en el mundo actual, se basa en el modelo de acumulación capitalista que está íntimamente ligado a la necesidad del consumo, y este al crédito. La mecánica de la economía y la razón lógica hace que los gobiernos hagan esfuerzos para inyectar liquidez a las economías con la finalidad de reactivar el aparato productivo; lo que equivale a incentivar el consumo para lograr remontar problemas económicos y alcanzar el mentado crecimiento económico.

A manera de resumen se puede decir que la diferencia entre crecimiento y desarrollo radica en que el primero solo se refiere al avance alcanzado por un país en lo concerniente a las variables económicas, las cuales son: el producto nacional bruto, el ingreso nacional, la inversión, el consumo, etc.; mientras que el segundo es un incremento en todos los niveles de la población. Es decir que no se concentra específicamente en lo económico, sino que contempla además los valores humanos, culturales, sociales, morales y religiosos como lo señala Castillo (2011).

Por lo tanto, de manera general se puede describir que los conceptos que tenían similitud son distintos (desarrollo y crecimiento), ya que, el concepto de crecimiento tiene que ver con el incremento y a la generación de riqueza, mientras que el desarrollo se orienta al proceso de cambio social que persigue mayor igualdad y bienestar para todos.

1.1.2. Concepto de desarrollo sustentable

Para Díaz y Escárcega (2009), el desarrollo sustentable es un concepto que comenzó a tomar forma a fines de la década de los sesenta cuando el Club de Roma convocó, para abril de 1968, a distintas personalidades entre economistas, hombres de ciencia, educadores, industriales y políticos con el propósito de discutir los problemas globales que amenazaban la especie humana y la necesidad de actuar en ese mismo nivel. El tema subyacente fue la modificación que le estaba ocurriendo al medio ambiente, la cual daba señales de una inminente crisis ambiental (Díaz y Escárcega, 2009).

Tres años después (1971) se reúne, en Founex, Suiza, un grupo de expertos sobre desarrollo y el medio ambiente, quienes redactan un documento marco que serviría de base para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano que se celebró en Estocolmo en 1972, mismo año que coincide con la primera publicación del Club de Roma, aludiendo al vínculo existente entre crecimiento económico global y escasez de recursos naturales, en el informe *Limits to Growth* (Díaz y Escárcega, 2009). La UNESCO, en 1968, organizó la Conferencia Intergubernamental para el uso racional y la Conservación de la Biósfera, durante la cual tuvo lugar una discusión temprana del concepto de desarrollo ecológicamente

sustentable. En 1983 la ONU estableció la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Díaz y Escárcega, 2009).

No obstante, se acuña oficialmente el término *Sustainable Development* en 1987, en el informe *Our Common Future* (informe Brundtland) realizado por la Comisión Mundial sobre Desarrollo y Medioambiente, conocido como la Comisión Brundtland. (Hardoy y Satterthwaite, 1992). La comisión define el término como: "Satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer los recursos naturales de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades" (Cárdenas, 1999).

El término desarrollo sustentable surgió como una opción de desarrollo alternativo a la ofrecida hasta entonces por los estados, en virtud de que éste era calificado como insuficiente para ser sustituido por la lógica del mercado; al revisarse las nociones sobre la sustentabilidad, se observa que un aspecto común en estas es la mejora y mantenimiento, tanto de la calidad ambiental como de la satisfacción de las necesidades básicas de las generaciones actuales y futuras (Miranda y Jiménez, 2011).

Tal concepto nos conduce a considerar varios elementos necesarios para su establecimiento, como reconocer la diversidad; de hecho, la sustentabilidad es una lucha por la diversidad ecológica y social en todas sus dimensiones (Barkin, 1998 citado en Rivera et al., 2017). De esta manera, el desarrollo sustentable se debe pensar como una nueva relación con el ambiente, con un objetivo superior al equilibrio entre crecimiento económico y conservación de la naturaleza; se debe integrar el potencial ecológico, el desarrollo tecnológico, la cultura y la sociedad para construir un desarrollo sustentable que sea a la vez capaz de satisfacer las necesidades básicas de la humanidad, mejorando su calidad de vida. Se plantea una transformación productiva, de valores éticos y sociales, con el fin de construir un nuevo modelo de interactuar con la naturaleza (Gudynas, 2004 citado en Rivera et al., 2017).

El concepto de desarrollo sustentable también ha estado sujeto a una diversidad de interpretaciones y controversias que se asocian a la posición que se asume frente a los problemas y a sus dificultades de instrumentación. En general, los países desarrollados enfatizan la importancia de las acciones dirigidas a la conservación; por su parte, los países en desarrollo consideran como prioridad los aspectos vinculados al crecimiento (Bifani, 1999).

Ya que se ha ido ajustando gradualmente al irse incrementando condiciones sociales en donde el ser humano es parte de un sistema y no el dueño del mismo, en un proceso que armoniza el crecimiento económico la preservación de los recursos naturales, la reducción del deterioro ambiental, la equidad social y todo en un contexto político a todos los niveles, local, regional, nacional y global (López et al., 2005).

En tal sentido el desarrollo sustentable ha ganado fuerza y reconocimiento a nivel mundial, siendo referente para guiar las interacciones entre la sociedad y la naturaleza en torno a temas como cambio climático, pobreza, inequidad social, pérdida de biodiversidad, sobrepoblación, inequidad social y falta de recursos. La invitación está enfocada en cambiar el paradigma tradicional y empezar a pensar diferente, dejando de lado el mero beneficio económico e incluso la posibilidad de contemplar que el ambiente puede estar en medio de un crecimiento desmedido como el que muchos países mantienen hoy día (Ortiz y Arévalo, 2016).

El desarrollo sostenible tiene aceptación universal, pero la unanimidad en torno al concepto no ha significado la uniformidad de criterios para su comprensión. De hecho, existen múltiples interpretaciones, algunas son opuestas entre sí y en ocasiones no se respeta la idea básica y se hace falso el sentido original del desarrollo sostenible, por lo que en la actualidad hay una lucha por su interpretación (Ramírez y Sánchez, 2009).

Ramírez et al. (2004), citan que el doctor Bifani P., en su obra “Medio ambiente y desarrollo sostenible (1999)”, opinan que las múltiples definiciones de sustentabilidad por lo general aíslan algunos elementos del cuerpo orgánico conceptual del cual son parte integral, de esta manera distingue y describe cuatro enfoques:

- Enfoque ecologista: Este enfoque reduce el concepto a la mera sustentabilidad ecológica, preocupándose solamente de las condiciones necesarias para mantener la vida humana a lo largo de las generaciones futuras y desentendiéndose del aspecto distributivo (Ramírez et al., 2004).
- b) El enfoque intergeneracional: La definición se centra en la responsabilidad de la actual generación respecto de las futuras. El desarrollo sustentable consiste en ser justo con el futuro (Ramírez et al., 2004).
- Enfoque económico: Se dice que el desarrollo sustentable debe combinarse con el crecimiento económico, con el fortalecimiento de la competitividad, con una mejor

gestión de la naturaleza y con la biodiversidad, así como con un descenso, en términos absolutos, de las emisiones peligrosas para el medio ambiente (Ramírez et al., 2004).

- d) Enfoque sectorial: La sustentabilidad es en esta perspectiva sólo una de las propiedades o criterios para medir el desempeño de una actividad productiva en concreto (Ramírez et al., 2004).

Por su parte Lezama y Domínguez (2006), describen que uno de los criterios de la sustentabilidad son los enfoques integrales, que implica la integración de órganos con la coordinación de autoridades competentes, para efectuar políticas públicas, así como tener una relación estrecha con el ciudadano, describiendo también un enfoque sistémico, que permite conocer la interacción de los sistemas y subsistemas presentes que favorezcan la integración de la ciudad con el medio ambiente.

Miranda y Jiménez (2011), describen que en la actualidad existen diversos enfoques sobre las acepciones de la sustentabilidad, que han dependido de la ciencia que lo aborde y del discurso que se maneje, por lo que presentan diferentes puntos de vista que, entre los más importantes, según Basiago (1995), son: a) El enfoque biológico, b) El enfoque económico, c) El enfoque sociológico, d) El enfoque planificativo, e) El enfoque ético; Estos enfoques sobre la sustentabilidad se han aplicado al estudio de diferentes problemas ambientales, pero los cuales a su vez han sido estudiados en diferentes niveles de agregación como pueden ser temas a nivel global, regional, o local (Miranda y Jiménez, 2011).

Por lo tanto, algunos autores toman los enfoques del desarrollo sustentable dependiendo al campo de la ciencia en la que se esté abordando el tema de investigación, el tema a explicar, o lo que se quiera describir, con el fin de adecuarlo para un mejor manejo del concepto y dar puntos de vista relacionados.

1.1.3. Sustentabilidad y sostenibilidad

En algunas ocasiones, en la literatura es probable que encontremos el concepto de sustentabilidad y en otras ocasiones sostenibilidad, que a veces podría llegar a causar controversia o discusión por tratar de separar dichos conceptos, por eso se cree pertinente

hacer en esta investigación la aclaración de los conceptos y como se va manejar el termino para esta investigación.

El intento por proporcionar una definición precisa y diferenciada del concepto de desarrollo sustentable o sostenible ha sido una tarea compleja debido a la gran cantidad de significados que se le han atribuido, tales como los impuestos por las corrientes económicas, las políticas ideológicas y las relacionadas con lo social y ambiental (López et al., 2005). Como a continuación se puede observar en los términos planteados por diversos autores.

El término sustentable, proviene de la raíz latina “*sostinere*” que significa conservar en existencia, mantener y sustentar (López, 2014).

La sustentabilidad, se entiende como el medio para abogar por el mantenimiento y mitigación de los daños al medio ambiente, en contraste el desarrollo sustentable es visto como un enfoque más progresivo, que busca sostener el desarrollo actual, interpretado a menudo como el crecimiento económico y la mejora de los estándares de vida (Plessis, 2002).

Adicionalmente, la sustentabilidad se basa en la participación consciente de las personas en una lucha por justicia social, derechos humanos, diversidad cultural y respeto al ambiente, porque sin un cambio social y económico que signifique un nuevo pacto social de distribución de riquezas y de participación política y gobernanza democrática, no habrá un desarrollo sustentable, si acaso un desarrollo sostenido continuado al estilo occidental. Está, por ende, en la palestra, la definición de un desarrollo que indique un nuevo equilibrio entre el uso de la naturaleza y la atención a las necesidades humanas (Gudynas, 2004 citado en Rivera et al., 2017).

Según Flores (2008), el vocablo “sostenible” tiene su origen en la palabra “sostenido”, cuyo significado es que algo puede mantenerse por un tiempo determinado; por otro lado, “sostenible” significa que algo se puede mantener por tiempo indefinido, sin que colapse o se deteriore. Por su parte, “sustentable” se origina del verbo “sustentar”, cuyo significado se enfoca hacia un proceso independiente, que no necesita de recursos externos para mantenerse.

Villamizar, citado en Ortiz y Arévalo (2016), afirma que el desarrollo sostenible es el término que se le da al equilibrio del manejo del planeta en tres aspectos: económico, ambiental,

social, resaltando que ningún recurso deberá utilizarse a un ritmo superior al de su generación. Por otra parte, el mismo autor plantea que el desarrollo sustentable exige a los diferentes actores de una sociedad compromisos y responsabilidades al aplicar mecanismos económicos, políticos, ambientales y sociales, así como en los patrones de consumo que determinan la calidad de vida (Villamizar, citado en Ortiz y Arévalo, 2016)

En inglés existe solo el término “*sustainable*” y en francés “perdurable o durable”; en español se utilizan los términos sostenible y sustentable, lo que ha generado discusiones. La confusión del concepto tiene su génesis en el proceso de traducción del idioma inglés al español, como sostenible o sustentable: se utilizan ambos términos para lo que aparentemente es el mismo concepto (Rivera et al., 2017)

El Diccionario de la Real Academia Española (RAE), establece que “sostener” es: “sustentar, mantener firme algo”. En cuanto a “sustentar”, el mismo diccionario lo define como: “sostener algo para que no se caiga o se tuerza”. De esta manera, el diccionario de la RAE establece estos verbos como sinónimos casi perfectos, por lo que, observados desde esta perspectiva, forzosamente se debe concluir que, tomando en cuenta estrictamente el lenguaje, el léxico y la semántica, los verbos “sostener” y “sustentar” son sinónimos y, por tanto, su uso es indistinto (Márquez, citado por Rivera et al., 2017)

Méndez (2012), afirma que la sostenibilidad y la sustentabilidad son iguales en cuanto a su aplicación, pero aclara que depende de la ubicación geográfica (lugar donde se emplee la expresión) la connotación que se le dé a cada término.

La palabra sustentable se utiliza como equivalente y es traducción literal del término en inglés *sustainable*, y es un concepto con amplia aceptación en el ámbito político para fines prácticos ambas palabras (Enkerlin et al., 1997).

Para muchos los términos Desarrollo Sostenible, Sostenibilidad, Desarrollo Sustentable o Sustentabilidad, no manejan diferencias de fondo y explican que simplemente estos términos se deben a una confusión producto de la traducción de palabras como “sustainability” del inglés al español. Se fundamentan en que muchos documentos (incluso artículos científicos) traducen esta palabra del inglés en algunos casos como sostenibilidad y en otras como sustentabilidad, incluso cuando la referencia es la misma (Ortiz y Arévalo, 2016)

Para el caso de esta investigación, tomaremos en cuenta lo que algunos autores hacen mención con que ambas palabras significan lo mismo, mientras se hable de encontrar un balance entre cuanto se pueden cuidar los recursos naturales sin descuidar el desarrollo humano, esto con el fin de no entrar en discusiones por el término de “sustentable” o “sostenible”

1.1.4. Dimensiones del desarrollo sustentable

Ecológicamente, cada vez queda más claro que muchas de las industrias, la agricultura y el uso de los recursos naturales renovables y no renovables no son sustentables (Robinson y Tinker, 1996).

En la medida que el tiempo pasa, mayor es el número de voces que claman por políticas y estrategias que promuevan el desarrollo de procesos industriales ecológicos, agrícolas y urbanos; así como de nuevos patrones de producción y consumo que reduzcan el flujo de materiales y de energía por unidad de la actividad económica (Meppem y Roderic, 1998).

Estas manifestaciones son ingredientes que motivan a abordar el desarrollo sustentable desde una perspectiva de enfoques múltiples con el propósito de entender las condiciones sociales, económicas, técnicas, ambientales y legislativas bajo las cuales opera un modelo económico específico (Meppem y Roderic, 1998).

La sustentabilidad se relaciona con la calidad de vida de una comunidad, toda vez que los sistemas económicos, sociales y ambientales que constituyen la comunidad también contribuyen a mantener un nivel significativo de salud y capacidad productiva para los habitantes (Hart, 1998).

Cuando a la sociedad, la economía y al medio ambiente se les mira a modo de entidades separadas, como partes no relacionadas de la comunidad, las dificultades también se ven como tópicos aislados, con base en este paradigma, cada entidad pública va por su lado, los consejos para el desarrollo económico intentan crear empleos, la seguridad social se enfoca hacia los servicios del cuidado de la salud y la vivienda, las oficinas del medio ambiente tratan de prevenir y corregir los problemas de la contaminación (Díaz y Escárcega, 2009).

El medio ambiente envuelve a la sociedad desde los primeros tiempos de la historia humana, el ambiente ha determinado el tipo de sociedad, actualmente, lo opuesto es cierto: la actividad humana está rediseñando el medio ambiente en una tasa siempre creciente, las partes que no han sido afectadas son cada vez más pequeñas, dado que la gente necesita alimentos, agua y aire para sobrevivir, la población nunca deberá ser mayor que el medio ambiente (Díaz y Escárcega, 2009).

De esta manera, el concepto de desarrollo sustentable asume que los objetivos económicos, sociales y ambientales del desarrollo deben ser definidos en términos de sustentabilidad y pueden identificarse tres dimensiones básicas e interrelacionadas del desarrollo, que constituyen aspectos complementarios de una misma agenda (Pichs, 2000).

a) Dimensión económica

La dimensión económica del desarrollo sustentable se centra en mantener el proceso de desarrollo económico por vías óptimas hacia la maximización del bienestar humano, teniendo en cuenta las restricciones impuestas por la disponibilidad del capital natural (Priego, 2003). La naturaleza complementaria del capital natural y el capital hecho por el hombre se ve de manera obvia al preguntar de qué sirve un buen aserradero sin un bosque, o una refinería sin petróleo o un barco pesquero sin peces (Daly, 1994). Lo que se busca es complementar, aumentar un producto con limitaciones, pero siempre buscando un equilibrio entre esta dimensión con la ecológica y la social.

También Ramírez et al. (2003) hacen mención que el desarrollo sustentable debe combinarse con el crecimiento económico, con el fortalecimiento de la competitividad, con una mejor gestión de la naturaleza y con la biodiversidad, así como con un descenso, en términos absolutos, de las emisiones peligrosas para el medio ambiente. Esta concepción apuesta por un “crecimiento inteligente” de la economía, suponiendo que disminuye la presión general sobre el medio ambiente.

b) Dimensión social

La dimensión social del desarrollo sustentable consiste en reconocer el derecho a un acceso equitativo a los bienes comunes para todos los seres humanos, en términos intrageneracionales e intergeneracionales, tanto entre géneros como entre culturas. La

dimensión social no solo se refiere a la distribución espacial y etaria de la población, sino que remite, de manera especial, al conjunto de relaciones sociales y económicas que se establecen en cualquier sociedad y que tienen como base la religión, la ética y la propia cultura (Díaz y Escárcega, 2009).

Según Artaraz (2002) existen tres tipos de equidad, a) el primer tipo es la equidad intergeneracional propuesta en la propia definición de desarrollo sostenible del Informe Brundtland. Esto supone considerar en los costos de desarrollo económico presente la demanda de generaciones futuras, b) el segundo tipo es la equidad intrageneracional, e implica el incluir a los grupos hasta ahora más desfavorecidos (por ejemplo, mujeres y discapacitados) en la toma de decisiones que afecten a lo ecológico, a lo social y a lo ambiental, c) el tercer tipo es la equidad entre países, siendo necesario el cambiar los abusos de poder por parte de los países desarrollados sobre los que están en vías de desarrollo (Artaraz, 2002).

c) Dimensión ambiental

Esta dimensión surge del postulado que afirma que el futuro del desarrollo depende de la capacidad que tengan los actores institucionales y los agentes económicos para conocer y manejar, según una perspectiva de largo plazo, su stock de recursos naturales renovables y su medio ambiente. En esta dimensión se presta especial atención a la biodiversidad y, principalmente, a los recursos como el suelo, el agua y la cobertura vegetal (bosque), que son los factores que en un plazo menor determinan la capacidad productiva de determinados espacios (Sepúlveda, 1998 citado en Díaz y Escárcega, 2009).

En términos ecológicos, el desarrollo sustentable supone que la economía sea circular, que se produzca un cierre de los ciclos, tratando de imitar a la naturaleza, es decir, los sistemas productivos son diseñados para utilizar únicamente recursos y energías renovables, para no producir residuos, ya que éstos vuelven a la naturaleza o se convierten en input de otro producto manufacturado (Artaraz, 2002).

Este modelo opera considerando el ciclo vital del producto completo, desde su extracción hasta la disposición final del residuo cuando su vida útil termina, este intervalo se divide en tres etapas: a) la primera consiste en aplicar el principio de “quien contamina paga” a la hora

de fijar los precios, b) la segunda es la elección informada del consumidor mediante el etiquetado, c) la tercera se refiere al diseño ecológico del producto, para lo cual se aplican las herramientas Inventarios del Ciclo de Vida (ICV) y el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) (Artaraz, 2002).

1.2. Ciudad

Es importante entender el aspecto urbano, porque el trabajo está enfocado en una área urbana, y analizar la relación con los residuos sólidos urbanos (RSU), como por ejemplo, Graizbord (2006) citado en Escobar y Jiménez (2009), señala que la urbanización está asociada a la industrialización o, más bien, al desarrollo tecnológico derivado del uso intensivo de recursos naturales y, en particular, de recursos no renovables como los energéticos de origen fósil, entonces se obtienen como resultado algunos efectos causados al medio ambiente que impactan de manera negativa en áreas urbanas y de cierta manera también en las rurales ya que todo ser humano siempre genera algún tipo de residuo.

La concentración de la población en centros urbanos ha sido un fenómeno importante que influye en los procesos de la urbanización y va dejando como resultado los RSU, entre otras muchas cosas, que se convierte poco a poco en problemas para las personas, como también el daño ambiental urbano, por lo tanto, el daño que eminentemente se da por el proceso de urbanización.

Para explicar la definición de la ciudad de una manera general es complejo, la definición varía de acuerdo con cada perspectiva de las ciencias, ya que cada una, ha ido formulando y desarrollando su concepto según la forma de entender el territorio a sus criterios, por lo tanto, cada rama de las ciencias interpreta el concepto de ciudad de manera particular.

a) Concepto de ciudad desde la Sociología.

Para Robert Park, máximo representante de la Escuela de Chicago, que marcó rumbos en sociología urbana, la ciudad es un orden ecológico natural y moral. Como orden ecológico, una ciudad es un mosaico de zonas caracterizadas por el hecho de que cada una de ellas está dominada por cierto tipo de población o de funciones. Estas diversas zonas son naturales, porque no son planificadas, y son el producto de fuerzas que están constantemente en acción

para originar una distribución ordenada de las poblaciones y las funciones en el complejo urbano. Como orden moral, la ciudad tiene el propio originado en la organización industrial, que supone la división del trabajo, que introduce relaciones nuevas entre los hombres basadas en la ocupación y los intereses profesionales. El orden moral sagrado, absoluto y universal de la sociedad antigua se ha cambiado, dando lugar a la aparición de subcomunidades múltiples, cada una de las cuales tiene sus leyes, su cultura, su simbolismo (Martínez, 2009 citado en Fernández et al., 2009).

b) Concepto de ciudad desde la Geografía.

Es el lugar de interés común en los que los intercambios cognitivos y metodológicos son obligados. Es desde el punto de vista espacial, como entidad por ser un elemento integrante de una red o sistema territorial de asentamientos, tanto desde la perspectiva de la dinámica presente como bajo el enfoque de la evolución y los procesos históricos que han configurado las ciudades y las redes urbanas (Straszewicz, 1981 citado en Delgado, 2016). Partiendo de la premisa de que los principales cambios y transformaciones de la sociedad se reflejan en el espacio urbano, este punto de vista obliga también a analizar el espacio en clave temporal para comprender las estructuras y formas, pasadas y presentes, de la ciudad (Delgado, 2016).

c) Concepto de ciudad desde la Economía.

Como conjunto compacto de personas y de actividades económicas, conjunto de relaciones que se desarrollan sobre un espacio físico restringido, el elemento de la aglomeración resulta fundamental y genético de la ciudad, las ciudades existen porque el hombre ha encontrado más ventajoso y eficiente gestionar las relaciones personas, sociales, económicas y de poder, espacialmente concentrado, los elementos que se encuentran en la base de mayor eficiencia de un modelo concentrado residen en lo que los economistas llaman indivisibilidades, o economías de escala; solo alcanzando una dimensión o una “escala” suficiente de actividad se genera recursos suficientes para alcanzar un mercado lejano o financiar un gran proyecto (Camagni, 2005).

Entre los conocimientos parciales de la ciudad se destacan los provenientes de la “sociología urbana”, que trata “del impacto de la vida de la sociedad sobre las acciones sociales, las relaciones sociales, las instituciones sociales y todos los tipos de civilizaciones derivadas de

los modos de vida urbanos”, en nuestra opinión, ciudad es un núcleo urbano, de conjunto de habitantes generalmente denso, y que viven juntos en estrecha vecindad. (Martínez, 2009 citado en Fernández et al., 2009).

1.2.2. Desarrollo urbano

Anzano (2010) describe que la ciudad es el elemento articulador más importante de las sociedades humanas (espacio, relaciones e intercambios), aunque esto no ha sido siempre igual a lo largo de la historia. La urbanización ha sido progresiva desde que aparecieron las primeras ciudades en Mesopotamia, posteriormente creció durante la Plena Edad Media, pero fue hasta el siglo XIX y la Revolución Industrial, los momentos que marcaron los puntos de inflexión hasta la verdadera explosión de los últimos cuarenta y cincuenta años, por lo tanto, la ciudad es el reflejo de la evolución de las sociedades (Anzano, 2010).

Según Anzano (2010) el proceso evolutivo de las ciudades ha sido en tres fases: a) hace 5,000 y 6,000 años atrás con asentamientos que se convirtieron en lo que conocemos como las antiguas civilizaciones del valle de Mesopotamia, Egipto, India y China, que dependían de la agricultura y animales domésticos, conforme a civilización creció, crearon rutas de comercio, convirtiéndose en centros de comerciantes, artesanos, oficiales de gobierno, la división entre pueblo y ciudad, entre rural y urbano había comenzado, b) el desarrollo de las ciudades posteriormente vino con la revolución industrial en Europa a mediados del siglo XVIII, las fábricas necesitaban de un gran número de trabajadores y la actividad comercial creció, creando oportunidades nuevas en las ciudades y c) comenzó después de la Segunda Guerra Mundial, el más largo y rápido crecimiento en la población urbana del mundo se ha suscitado a partir de 1950 (Anzano, 2010).

A pesar de que se considera al desarrollo urbano como una señal de prosperidad y bienestar económico, en la actualidad es un término polémico por los impactos ambientales que produce (por ejemplo, el cambio de uso de suelo, contaminación, pérdida de biodiversidad), los cuales resultan aún mayores cuando el desarrollo urbano es acelerado, disperso y desordenado (Soto, 2015).

El desarrollo urbano es el proceso de adecuación y ordenamiento a través del ejercicio de la planeación territorial de los aspectos físicos, económicos y ambientales. Alude a una intervención orientada a la transformación no solo cuantitativa sino también cualitativa de las condiciones de vida de la población, la conservación, uso adecuado de los recursos naturales, así como el mejoramiento en la economía (SEDESOL, SEGOB y CONAPO, 2012).

Además, el desarrollo urbano requiere de una planificación adecuada y cuidadosa con la finalidad de normar, evitar o disminuir impactos negativos futuros; debe ser sustentable donde puedan conservarse los recursos naturales, así como en una ciudad que incluya la naturación urbana (Urbano, 2013).

En la formación y evolución de las ciudades resaltan las tendencias del urbanismo y la implementación de análisis y conocimientos enfocados hacia su funcionalidad; se evidencia la existencia de intereses particulares en el crecimiento o planificación, pues al fijar lineamientos gubernamentales, se domina a la población de acuerdo con determinados parámetros de urbanización (Soto, 2015).

1.2.3. Desarrollo urbano sustentable

Según López (2004) el desarrollo urbano sustentable como concepto tiene sus primeros antecedentes desde la Cumbre Mundial del Medio Ambiente de Río de Janeiro, celebrada en 1992, el “desarrollo sustentable” fue definido a partir de indicadores: sociales, económicos, ecológicos, en relación con el papel de la mujer, con la autosuficiencia o seguridad alimentaria, la integración internacional, pero no aparecen indicadores relacionados con la urbanización. Aunque explícitamente el desarrollo sustentable no define su posición frente a la urbanización, podemos decir que este concepto, marcado por el pensamiento ecológico y las tecnologías apropiadas, contiene tres elementos importantes de acuerdo con López (2004) para arquitectos y urbanistas:

- a) El desarrollo sustentable está inscrito en un entorno físico, el del hábitat en todas las escalas.
- b) El desarrollo sustentable está inscrito en el tiempo, en la historia: tiene que

permanecer. c) El desarrollo sustentable debe inaugurar una nueva era de prosperidad sustentable; es decir, transmisible, patrimonial (López, 2004).

Estos tres elementos dan una noción de desarrollo sustentable aplicado al estudio de las ciudades, pero aún no es suficiente para consolidar el concepto de sustentabilidad urbana. Hasta la Conferencia Mundial de Hábitat II en Estambul en 1996, dentro de la Agenda 21, se destaca el papel de las ciudades y las autoridades locales en la implementación de los compromisos ambientales globales y la generación de calidad de vida y de hábitat, se hace énfasis alrededor de dos aspectos: vivienda adecuada para todos y desarrollo sustentable de los asentamientos humanos (López, 2004).

Lo anterior resalta que existe una gran necesidad de preparar al mundo para hacer frente a los desafíos del siglo XXI, donde la urbanización juega un papel importante en el deterioro ambiental. Para lograr dicho objetivo, se formula la Agenda 21, adaptada para que cada país aborde su problemática ambiental particular (Del Valle, 2007).

Asimismo, la construcción del concepto de sustentabilidad urbana parte de tres enfoques teóricos a saber: relacionado con el concepto de desarrollo sustentable planteado por el informe Meadows, el ensayo sobre las tres esferas (Social, Económica y Ecológico) propuesto por A. Allen en 1994 (López, 2004).

La idea del desarrollo urbano sustentable se enfoca a la satisfacción de necesidades de la población en diversos tipos de asentamientos, sin agotar el capital natural e incluyendo la minimización de costos ambientales hacia el futuro. Esta propuesta conlleva un reto para los gobiernos encargados de la planeación urbana, ya que deben incluir los criterios ambientales a sus planes, para controlar los patrones de desarrollo espacial, el uso del suelo, la contaminación ambiental, la provisión de servicios básicos públicos como el agua, drenaje y energía (Del Valle, 2007; AEMA, 2005 citado en Miranda y Jiménez, 2011).

Entonces la sustentabilidad enfocada al urbanismo empezó a ser tema de discusión dos décadas aproximadamente después de la conformación del concepto de desarrollo sustentable, se planteaba entonces el desarrollo urbano con las condiciones que tenía en un principio el desarrollo sustentable de cuidar los recursos naturales para las generaciones futuras y para mejorar las condiciones del medio ambiente, de tal manera que el concepto de

desarrollo sustentable se adaptara a las necesidades del desarrollo urbano involucrando a los sectores de la población para trabajar en conjunto.

1.2.4. Metabolismo urbano

Es significativo mencionar la importancia de este tema porque de acuerdo con Gasparatos et al. (2008) citado en Iossifova et al. (2018), las ciudades son grandes consumidoras de energía y materiales importantes y fuertes de residuos y contaminación, porque cimientan su existencia a través de los intercambios de materia y energía con sus alrededores o con lejanos sistemas, y a la circulación interna de estos flujos entre los diferentes sectores de la economía. Luego de procesos físicos y/o químicos de manufactura, almacenamiento y uso, parte de los materiales indudablemente se configuran como emisiones, vertimientos y residuos (Iossifova et al., 2018).

El símil ciudad, sistema natural y organismo, es concebido por Owiti K' Akumu (2007) citado en Díaz (2014), como la “Conceptualización Ecológica de las Ciudades”, en la cual los centros urbanos se piensan y analizan como seres vivientes que crecen, logran desarrollo y que, en algún momento, pueden morir. Esta comprensión tiene sus orígenes en el trabajo pionero de (Wolman 1965) sobre el metabolismo de las ciudades —*The Metabolism of Cities*— con el cual se intentó dar respuesta al por qué de la pérdida de la calidad del agua y el aire en los centros urbanos de Norte América. Este modelo, representado a través de diagramas de bloques y soportados por ecuaciones de balance, logró relacionar los flujos de materia que entran en una ciudad con la cantidad de desechos que ésta genera (Díaz, 2014).

En este contexto, varios estudios han adoptado el concepto de metabolismo social o urbano para explicar el consumo de recursos y los patrones de emisión de contaminantes, fuentes de desechos y de las ciudades como un proxy del impacto ambiental, también metabolismo urbano, conceptualiza a la ciudad como un organismo que consume energía y materiales y, en efecto, produce bienes, servicios y desechos, estos flujos de energía material, desechos y contaminación son similares a los procesos metabólicos dentro de un organismo (Gasparatos et al. 2008, citado en Iossifova et al., 2018).

Los estudios del metabolismo urbano basados en la tradición intelectual de la ecología industrial y la economía ecológica rastrean esencialmente el consumo de recursos de una población objetivo y las emisiones relacionadas con este consumo. Esto se considera en la mayoría de los casos un proxy del impacto ambiental (Gasparatos et al., 2008 citado en Iossifova et al., 2018).

Así pues, el metabolismo urbano se constituye en un concepto útil, flexible, certificado y reconocido por la academia, la industria, la sociedad y el gobierno, que ayuda en el entendimiento de las ciudades y su dinámica, y en la búsqueda de su permanencia en el espacio y el tiempo (Díaz, 2014),

La idea de analizar la ciudad como un ecosistema no tiene solo interés cultural o científico, es útil también para aportar soluciones de menor escala propios del funcionamiento interno de la ciudad, por ejemplo, para establecer qué limitaciones se pondrán al tráfico y al estacionamiento de los vehículos, dónde se situará la actividad productiva, qué combustible se pueden usar para las calefacciones, qué servicios colectivos van a potenciarse, qué tasas deben pagar los usuarios, cómo disminuir los costes de mantenimiento, entre otros aspectos (Higueras, 2009).

Cualquier decisión parcial, tiene unas repercusiones directas e indirectas sobre otros sistemas urbanos, por tanto, es la solución ecosistémica la única solución válida ante problemas actuales. Es por tanto en las soluciones al problema de la insostenibilidad urbana, donde verdaderamente es oportuno plantear enfoques ecosistémicos (Higueras, 2009).

1.3. Residuos sólidos urbanos

Es muy común en la literatura encontrarse con dos términos: “desecho” y “residuo” por lo tanto se tratará de definir cada uno:

La CEPAL y el Ministerio de Desarrollo Social de Chile (2016), en su “Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios”, establece que para saber si es posible o no su uso como sinónimos, se realizará una comparación de sus definiciones de acuerdo al diccionario de la Real Academia Española:

Desecho

- Aquello que queda después de haber escogido lo mejor y más útil de algo.
- Cosa que, por usada o por cualquier otra razón, no sirve a la persona para quien se hizo.
- Residuo, basura.

Residuo

- Parte o porción que queda de un todo.
- Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo.
- Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.

De acuerdo a estas definiciones, resulta claro que es posible utilizar ambos términos indistintamente, en el idioma inglés, el término ampliamente utilizado para referirse tanto a desecho como a residuo es "*waste*", al momento de establecer que se considera "residuo", de la propia definición surge claramente que se trata de un término intrínsecamente subjetivo, pues depende de los actores involucrados (CEPAL y Ministerio de Desarrollo Social de Chile, 2016).

Uno de los ejemplos más claros de que se está frente a un término subjetivo es que, quien decide si un determinado objeto continúa siendo útil o no es su propietario. Otro ejemplo es cuando existe posibilidad de reciclaje y por lo tanto el residuo deja de serlo, transformándose en materia prima de otro proceso (CEPAL y Ministerio de Desarrollo Social de Chile, 2016).

En el caso de La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) los residuos son aquellas materias que, generadas en las actividades de producción y consumo, no alcanzan en el contexto en el que se producen ningún valor económico, bien porque no existe una tecnología adecuada para su aprovechamiento o bien porque no existe un mercado para los productos recuperados (Observatorio Medio Ambiente, 2006).

Por otro lado, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) define los residuos como: "Todo material (sólido, semisólido, líquido o contenedor de gases)

descartado, es decir que ha sido abandonado, es reciclado o considerado inherentemente residual” (EPA, 2018).

También la Organización de las Naciones Unidas (ONU) define a los residuos como: “Todo material que no tiene un valor de uso directo y que es descartado por su propietario, junto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Incluye cualquier material descrito como tal en la legislación nacional, cualquier material que figura como residuo en las listas o tablas apropiadas, y en general cualquier material excedente o de desecho que ya no es útil ni necesario y que se destina al abandono” (CEPAL y Ministerio de Desarrollo Social de Chile, 2016).

En el caso de México la SEMARNAT (2016), describe que los residuos se definen formalmente como los materiales o productos que se desechan ya sea en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, que se contienen en recipientes o depósitos, y que necesitan estar sujetos a tratamiento o disposición final con base en lo dispuesto en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

1.3.1. Características y clasificación

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (GF, 2003), la clasificación de los residuos sólidos es:

- “Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos” (GF, 2003).
- “Residuos Incompatibles: Aquellos que al entrar en contacto o al ser mezclados con agua u otros materiales o residuos, reaccionan produciendo calor, presión, fuego, partículas, gases o vapores dañinos” (GF, 2003).
- “Residuos Peligrosos: Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes,

embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley” (GF, 2003).

- “Residuos Sólidos Urbanos: Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole” (GF, 2003).

Para el caso de esta investigación en el que se van a considerar los residuos sólidos urbanos, la misma ley, considera que: los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables (GF, 2003).

1.3.2. Manejo integral de residuos sólidos urbanos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos define como manejo integral a las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social (GF, 2003).

El manejo de los residuos sólidos urbanos es uno de los más grandes desafíos que enfrentan las áreas urbanas de cualquier tamaño, y constituye una de las cinco principales problemáticas que las autoridades locales tienen que resolver (ONU-Habitat, 2010b; Zhu et al., 2008; Adamides et al., 2009 citado en Jiménez, 2015). No obstante, es uno de los temas de gestión urbana que recibe menos atención, aunque consume una importante proporción de los presupuestos de las ciudades (ONU-Hábitat, 2010 citado en Jiménez, 2015).

La gestión integral de residuos es el conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región (GF, 2003).

Mientras que el manejo integral son las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social (GF, 2003).

En el caso de la generación de residuos sólidos urbanos, tiene que ver con las actividades en las que los materiales son identificados sin valor adicional, son tirados o recogidos para su posterior disposición final. Además, que en esta etapa hay un paso de identificación y reciclaje, el cual varía con cada residuo en particular (Romero et al., 2016).

La prevención y disminución de la generación de residuos sólidos urbanos desde la fuente implica el desarrollo de medidas que le impidan producirse completa o parcialmente residuos para contribuir al alivio de la contaminación ambiental (SEMARNAT y GTZ, 2006). La minimización de los residuos sólidos urbanos se hace cada vez más necesaria, debido a la urbanización acelerada, esta reducción va de la mano con las actividades de reúso y reciclaje para tratar de eliminar los residuos sólidos desde la fuente y generar menor cantidad (Maldonado, 2006 citado en Ramos, 2013).

La separación es la parte importante para hacer una valorización de muchos subproductos. Al mezclar los residuos en un solo recipiente algunos se contaminan con los otros y hacen que los procesos de reciclaje sean más costosos o ineficientes. La separación de origen beneficia el sistema económico, que, a su vez, es el medio para limitar los impactos al entorno natural. En muchos casos los materiales separados desde el origen poseen un valor de mercado que puede ser aprovechado por el generador (GIRSUYME, 2009 citado en Ramos 2013).

El reúso se entiende por el aprovechar al máximo los artículos, utilizándolos para diferentes fines, o para el mismo antes de desecharlos, pueden ser muebles, máquinas, botellas, cajas, ropa, libros, etc. El reúso de materiales es la forma más ecológica de tratar los residuos, y la más ilimitada. (GIRSM, citado en Martínez, 2016).

El reciclaje implica reducir los residuos sólidos urbanos ser enviados a la disposición final, aparte que implica un reprocesamiento de los residuos de interés comercial para elaborar nuevos productos, tomando en cuenta al medio ambiente, la calidad de los productos reciclados está directamente relacionada con la calidad del almacenamiento, recogida y de la clasificación, evitándose así un mal estado del producto (GEA, 2012 citado en Ramos, 2013).

Por otra parte, el almacenamiento, contempla tiempo, lugar y depósito donde se guardan los residuos generados por la fuente, para después ser recogidos, trasladados y por último ser llevarlos a un sitio de disposición final, ya que los residuos sólidos urbanos no pueden ser eliminados de inmediato (Medina y Jiménez, 2001). Su función primordial es mantener a los residuos sólidos urbanos temporalmente guardados, de manera que no ocasionen riesgos a la salud pública o al medio ambiente, hasta que son entregados al sistema de recolección, ocupados en compostaje o tengan algún otro uso (SEMARNAT, 2001).

En la etapa de la recolección, el objetivo es retirar los residuos sólidos urbanos de la fuente generadora, (ya sea el hogar, comercios, oficinas, mercados, panteones, etc.) para concentrarlos en un centro de transferencia, dicho centro tiene como propósito el reciclaje, tratamiento o llevar de manera directa los residuos al sitio de disposición final, cabe señalar que a recolección es importante y se puede considerar que puede llevarse a cabo a través del barrido manual o mecánico (GIRSM, citado en Martínez, 2016).

El transporte es el proceso que puede ser proporcionado por el ayuntamiento o, en su defecto, es concesionado por alguna empresa particular; estos vehículos pueden ser camionetas tipo redilas o góndolas; como también vehículos más grandes con mayor capacidad de carga, para su incremento de la eficiencia del servicio de recolección de residuos sólidos a través de su sistema de transporte y en la disminución del tiempo, favoreciendo así el flujo constante y adecuado de los residuos sólidos urbanos (Romero et al., 2016).

La transferencia tiene que ver con la estación de transferencia, que son instalaciones en donde se hace el traslado de basura de un vehículo recolector a otro vehículo con mayor capacidad de carga, seguido de un traslado al sitio de disposición final, en ese lapso del traspaso de residuos sólidos urbanos de un vehículo a otro puede ser directo (pasan directo los residuos sólidos urbanos) o indirecto (se utilizan locales de almacenamiento y equipo mecanizado) (Martínez, 2016).

También en el sitio de transferencia, hay una separación de objetos voluminosos; la separación de los componentes de los residuos por su tamaño, utilizando cribas; la separación manual de componentes de los mismos residuos; la reducción del tamaño mediante la trituración; la separación de metales féreos utilizando imanes; la reducción del volumen por compactación y la incineración (Romero et al., 2016), lo que permite hacer menor el volumen de los residuos sólidos urbanos que serán llevados a su disposición final.

En la parte del tratamiento de los residuos sólidos urbanos, son un “proceso de transformación física, química o biológica de los residuos sólidos urbanos que procure obtener beneficios sanitarios o económicos, reduciendo o eliminando sus efectos nocivos al hombre y al medio ambiente” (SEMARNAT, 2001). Este puede clasificarse en grupos tipos principales:

a) Tratamiento biológico: Se enfoca a residuos orgánicos, ya que los principales tratamientos son el compostaje aeróbico y el compostaje anaeróbico, b) tratamiento térmico: Que es la conversión de los residuos sólidos en productos de conversión gaseosos, líquidos o sólidos, con la simultánea o subsiguiente emisión de energía en forma de calor, entre los principales tipos de tratamientos de este tipo se encuentran la incineración, la pirolisis (en ausencia de oxígeno) y gasificación (SEMARNAT, 2001).

La disposición final es la última etapa, se refiere al sitio al que se llevan los materiales que no tiene posibilidades de ser aprovechados a través del reúso, reciclaje o compostaje (Medina y Jiménez, 2001). A pesar de la importancia de mantener una adecuada disposición final de los residuos sólidos urbanos, comúnmente se llevan a tiraderos a cielo abierto o tiraderos controlados y rellenos sanitarios (Nájera, citado en Ordoñez, 2013).

1.3.3. Los residuos sólidos urbanos de la ZMT ante las principales zonas metropolitanas de México

Como se explicó en el planteamiento del problema y justificación, el área de estudio de la investigación es la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), por lo que se elaboró una comparación con datos tomados de las cinco zonas metropolitanas de México más grandes poblacionalmente según SEDATU, CONAPO e INEGI (2018), en donde se incluye la de Toluca, datos que servirán para analizar cómo es que está posicionada la ZMT con las otras cuatro y que nos ayude a explicar las deficiencias o beneficios en comparación con las zonas metropolitanas, a continuación se muestran la generación de RSU de las cinco zonas metropolitanas para el año 2018.

Cuadro 1. Principales zonas metropolitanas a nivel nacional con la generación de RSU al día en toneladas, 2018

Zona Metropolitana	Generación de toneladas de RSU al día
Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)	12,500
Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM)	5,000
Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG)	5,000
Zona Metropolitana de Puebla (ZMP)	2,325
Zona Metropolitana de Toluca (ZMT)	1,374.6

Fuente: Elaboración propia, 2020

Como se muestra el cuadro 1, la ZMT ocupa el quinto lugar con más generación de RSU de las cinco zonas metropolitanas con mayor número de población de México, lo que quiere decir que de acuerdo a cada zona metropolitana a su posición que ocupa de población con la que cuenta, también corresponde, para este caso, al lugar que ocupa de acuerdo con su generación de RSU, a continuación, se muestra la población total de cada una de las zonas metropolitanas para el 2015 según SEDATU, CONAPO e INEGI (2018).

Cuadro 2. Número de habitantes de las principales zonas metropolitanas a nivel nacional, 2015

Zona Metropolitana	Número de habitantes
--------------------	----------------------

Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)	20,892,724
Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM)	4,887,383
Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG)	4,689,601
Zona Metropolitana de Puebla (ZMP)	2,941,988
Zona Metropolitana de Toluca (ZMT)	2,202,886

Fuente: Elaboración propia, 2020

Teniendo los datos de generación de RSU en cada zona metropolitana y su población total, se creó el dato de generación de RSU per cápita al día, entonces podemos describir que para el 2018, en la ZMVM se generaba 1.67 kg/hab/día aproximadamente, en la ZMM se generaba 1.02 kg/hab/día aproximadamente, en la ZMG se generaba 1.06 kg/hab/día aproximadamente, en la ZMP se generaba 0.79 kg/hab/día aproximadamente, y en la ZMT se generaba 0.62 kg/hab/día aproximadamente, lo que demuestra que siguiendo la lógica, la ZMT sigue quedando en quinto lugar ahora en generación per cápita al día de RSU comparándola con las otras cuatro zonas metropolitanas.

1.4. Economía circular y basura cero

La Economía Circular (EC) se aleja del modelo económico tradicional de "tomar-hacer-disponer" a uno que es regenerativo por diseño. El objetivo es retener tanto valor como sea posible de los productos, partes y recursos para crear un sistema que permita una larga vida útil, compartición, digitalización y recuperación de recursos (Wbcsd, 2020).

El origen de la EC no se remonta a una única fecha o un único autor. Desde finales de la década de los setenta sus aplicaciones prácticas en los sistemas económicos y procesos industriales modernos han cobrado impulso, han ido desarrollándose a lo largo de este tiempo y continuará en el futuro (Alcubilla, 2015 citado en Arroyo, 2018).

La escasez de recursos junto con el crecimiento de población y los patrones de consumo piden a gritos un cambio en el modelo lineal actual de "extraer, producir y desechar" y desvincular el crecimiento económico de la extracción y uso de nuevos recursos. Esto es posible a través de la reducción y eliminación de residuos, la reutilización y reciclaje. Si

continuamos con las mismas tendencias, pronto seremos testigos de un aumento en la volatilidad de los precios e inflación de productos básicos junto con una caída en la disponibilidad de insumos críticos para cualquier economía actual (Peinado-Vara, 2017).

Es así como la idea de una transición a una Economía Circular no solo equivale a ajustes destinados a reducir los impactos negativos de la economía lineal. Por el contrario, representa un cambio sistémico que construye resiliencia a largo plazo, genera oportunidades comerciales y económicas, y proporciona beneficios ambientales y sociales (Weigend, 2017 citado en Arroyo, 2018).

Para el parlamento europeo (2015), la economía circular es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende, en la práctica, implica reducir los residuos al mínimo. Cuando un producto llega al final de su vida, sus materiales se mantienen dentro de la economía siempre que sea posible. Estos pueden ser productivamente utilizados una y otra vez, creando así un valor adicional (Parlamento Europeo, 2015).

Contrasta con el modelo económico lineal tradicional, basado principalmente en el concepto “usar y tirar”, que requiere de grandes cantidades de materiales y energía baratos y de fácil acceso. La obsolescencia programada contra la que el Parlamento Europeo pide medidas es también parte de este modelo (Parlamento Europeo, 2015).

Una economía circular (EC) es una alternativa a la economía lineal tradicional en la cual se desechan los productos como residuos o para su reciclaje. Los tres principios fundamentales para una EC incluyen: a) Diseñar formas de minimizar los residuos y la contaminación, b) Continuar utilizando los materiales y c) Regenerar los sistemas naturales, La mentalidad de la EC puede ayudar a las empresas a emplear sus recursos naturales y energéticos más eficientemente, a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, a crear más empleo y a cumplir con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) , en pocas palabras generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible. (Kowszyk y Maher, 2011).

La escasez de recursos y la contaminación de los recursos representan el motor de muchas iniciativas para desarrollar e implementar innovaciones de producción y consumo que desacoplan el crecimiento económico del agotamiento de los recursos y las emisiones de contaminantes. En la misma línea de pensamiento, el concepto de la EC representa uno de los marcos más mencionados que intentan integrar la actividad económica y el bienestar ambiental de manera sostenible (Murray et al., 2015 citado en Franco y Carpio, 2019). En una gran cantidad de estudios, la sostenibilidad económica ha llamado la atención sobre aspectos ambientales y sociales (Schneider, 2014 citado en Franco y Carpio, 2019), pero también es cierto que EC ha aportado un enfoque sistemático para incorporar las preocupaciones ambientales al desarrollo económico. Más importante aún, EC ha inspirado modelos de negocio alternativos que permiten volver a examinarlo como el nuevo enfoque de la sostenibilidad, entendiendo el concepto de sostenibilidad como el estado de equilibrio de las preocupaciones económicas, ambientales y sociales de la sociedad (Dresner, 2002 citado en Franco y Carpio, 2019).

Desde la perspectiva de los vínculos medioambientales y económicos, la base del paradigma de la EC tiene una historia previa relativamente larga que incorpora, simultáneamente a través de diferentes niveles, como a continuación se describen de acuerdo a Franco y Carpio (2019): Son los principios de la gestión jerárquica de residuos; el diseño ecológico; *cradle to cradle*; *biomimicry* y ecología industrial, esta literatura es la que se encuentran entre los más reportados en la literatura.

Todos ellos están incorporados, en cierta medida, a marcos promovidos por grupos de expertos como la Fundación Ellen MacArthur y agencias consultoras (McKinsey & Company, Accenture, etc.) (Franco y Carpio, 2019). Ahora entre los más recurrentes y para el tema de investigación, cero residuos, el cambio de residuos a recursos.

La EC como ya se describió, supone un cambio radical de los sistemas de producción y consumo actuales. Esto evitará la creación de residuos e impactos negativos derivados, mitigando las externalidades negativas para el medioambiente, el clima y la salud humana (Morató et al., 2017 citado por Arroyo, 2018).

Por lo tanto, para Aitec (2017), se trata de reescribir la idea reducir, reutilizar y reciclar (RRR) entendiendo a todos los participantes en el proceso como nutrientes de distinto tipo, como

impactos positivos. Sugiere un sistema en el que cada paso se estudie desde una idea global de prevención, de comprensión de cada una de las fases dentro de un todo, de utilización sin fin de los recursos considerando todas las etapas, desde su concepción hasta su re-inclusión en el ciclo productivo. Propone cerrar el ciclo de vida de los productos que integran la cadena para así lograr un proceso retroalimentado (Aitec, 2017).

Según GrassRoots Recycling Network citado en Greenpeace (2004), “basura cero maximiza el reciclaje, disminuye los desechos, reduce el consumo y garantiza que los productos sean fabricados para ser reutilizados, reparados o reciclados para volver a la naturaleza o al mercado”. Así pues, se puede decir que basura cero es una estrategia mundial que promueve un manejo integral de los residuos sólidos mediante un cambio en los paradigmas tradicionales sobre la disposición y aprovechamiento del material residual que se producen en las comunidades urbanas. Por lo tanto, se considera conveniente explicar que basura cero es el término que designa aquellos “planes que se han adoptado en varios lugares del mundo y que apuntan a disminuir gradualmente la basura llevada a disposición final o incineración, estableciendo para ello metas concretas” (Bello et al., 2012 citado en Avendaño, 2015).

A principios de la década de los años 80 del siglo XX, un pequeño grupo de expertos en reciclaje comenzó a hablar acerca de la idea del “reciclaje total”. De estas deliberaciones se llegó al concepto de “basura cero”. En 1990, activistas de Filipinas ya utilizaban el término “basura cero”. Una de las primeras políticas formales de “basura cero” fue creada en 1995, cuando Canberra, Australia, promovió el objetivo “Ningún desecho en el 2010” (Platt, citado en Greenpeace, 2004)

Basura cero es una política integral de manejo de residuos que apunta a reducir progresivamente el enterramiento y la incineración de residuos sólidos urbanos, hasta llegar a cero, a partir de la adopción de una serie de medidas en las distintas etapas del ciclo de vida de los materiales: desde que son producidos hasta que se consumen y desechan (Panarisi, 2015).

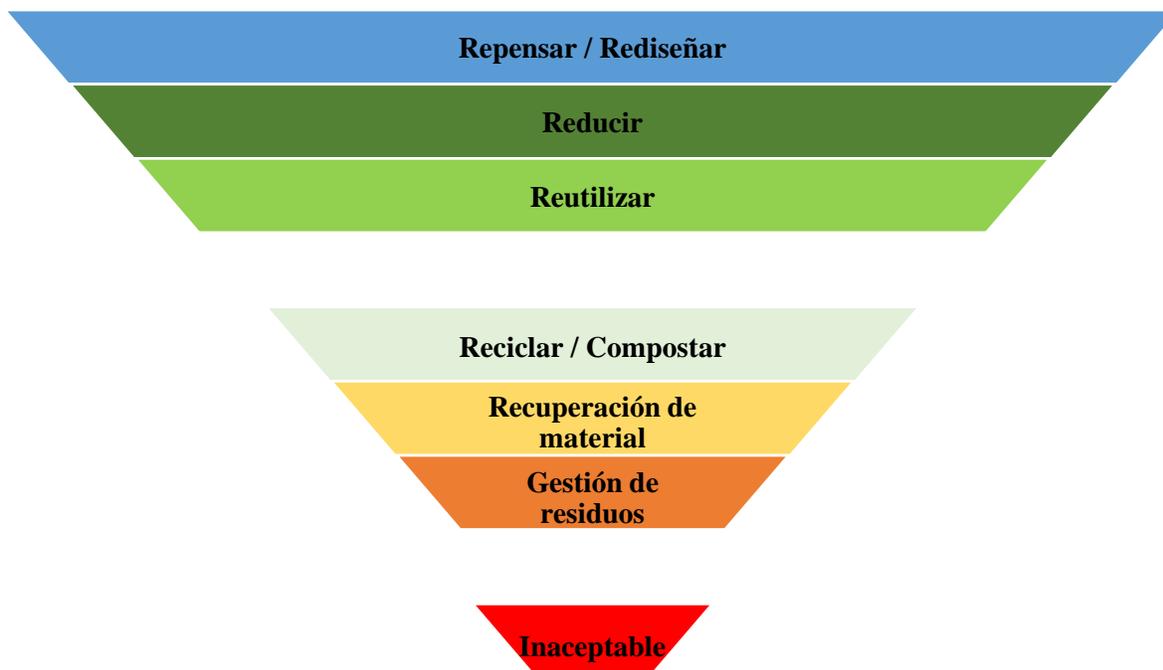
La junta de *Zero Waste International Alliance* (ZWIA) adoptó una definición actualizada de *Zero Waste* (basura cero o cero residuos) en diciembre del 2018. Esta reestructuración de la definición alinea la definición con los principios rectores de la Jerarquía de basura cero para crear una declaración de significado accesible a nivel mundial (ZWIA, 2020).

“Cero Residuos: Es la conservación de todos los recursos mediante la producción, consumo, reutilización y recuperación responsable de productos, embalajes y materiales sin quemar y sin vertidos al suelo, agua o aire que amenacen el medio ambiente o la salud humana” (ZWIA, 2020).

Basura cero significa diseñar y gestionar productos y procesos para evitar y eliminar sistemáticamente el volumen y la toxicidad de los residuos y materiales, conservar y recuperar todos los recursos y no quemarlos ni enterrarlos. La implementación de basura cero eliminará todas las descargas a la tierra, el agua o el aire que sean una amenaza para la salud planetaria, humana, animal o vegetal (ZWIA, 2020).

La ZWIA adoptó la única jerarquía de basura cero, revisada internacionalmente que se centra en las 3R: reducir, reutilizar y reciclar (incluido el compostaje), esta jerarquía describe una progresión de políticas y estrategias para respaldar el sistema de basura cero, desde el uso más alto y mejor hasta el más bajo de materiales. Está diseñado para ser aplicable a todo el público, desde los responsables políticos hasta la industria y el individuo. Su objetivo es proporcionar más profundidad a las 3R reconocidas internacionalmente, fomentar la política, la actividad y la inversión en la parte superior de la jerarquía; y brindar una guía para quienes deseen desarrollar sistemas o productos que nos acerquen a basura cero (ZWIA, 2020).

Figura 2. Jerarquía de cero residuos



Fuente: Elaboración propia con base en ZWIA, 2020

Los estándares vistos en la figura 2, son la única forma de aceptar internacionalmente y revisados por pares que describen lo que significa cero residuos y las medidas para evaluar su éxito: a) definición de residuo cero, b) principios comerciales de residuo cero, c) principios comunitarios de residuo cero, d) jerarquía de residuos cero. Estos fueron desarrollados para orientar a empresas, instituciones, comunidades e individuos sobre cómo perseguir basura cero con éxito (ZWIA, 2020).

Por otro lado, el grupo de planificación de ZWIA adoptó principios para guiar y evaluar las políticas y programas actuales y futuros de basura cero, establecidos por las empresas, estos principios empresariales serán la base para evaluar el compromiso de las empresas para lograr cero residuos (ZWIA, 2020).

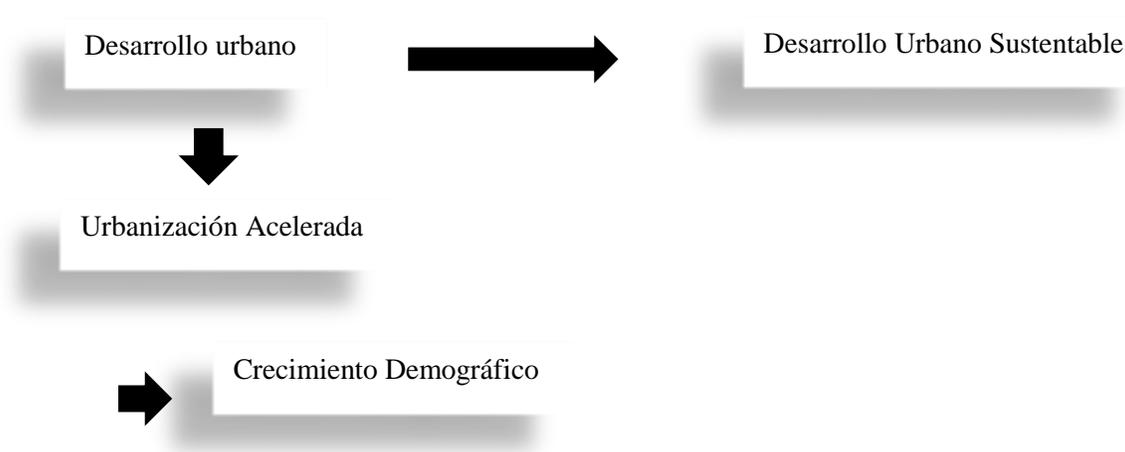
También la ZWIA tiene un programa de reconocimiento para comunidades *Zero Waste*. Esto proporciona un marco para que los afiliados nacionales aprobados por ZWIA reconozcan a las comunidades que operan en su país de acuerdo con la definición de basura cero de ZWIA y los principios de la comunidad global de basura cero de ZWIA, está diseñado para reconocer a las comunidades que tienen un objetivo de cero residuos y que están trabajando

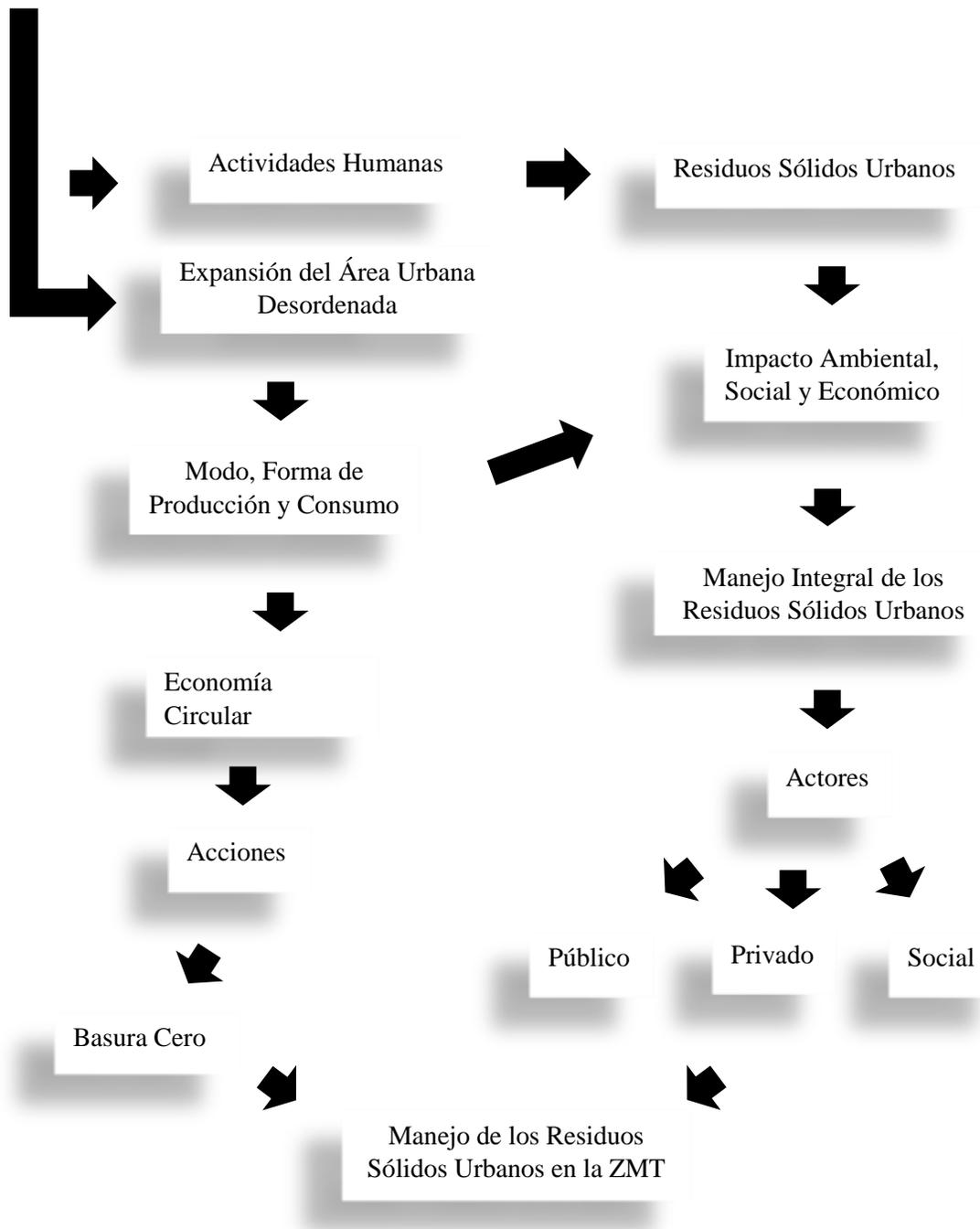
para lograr o han reducido sus residuos al vertedero, la incineración y el medio ambiente en un 90% o más (ZWIA, 2020).

Finalmente, basura cero es impulsada por la economía circular (EC) que por los términos no hay que confundirlos, ya que son distintos conceptos, porque para el caso de la EC la definición más conocida fue proporcionada por la Fundación Ellen MacArthur en el año 2013: "una economía industrial que es reparadora o regenerativa por intención y diseño". La Unión Europea (UE) define a la EC como aquella en que «el valor de los productos y los materiales se mantiene por tanto tiempo como sea posible. Se minimiza el uso de los recursos y la generación de residuos y cuando un producto alcanza el fin de su vida útil, se utiliza de nuevo para crear más valor. Esto puede proporcionar enormes beneficios económicos, contribuyendo a la innovación, el crecimiento y la creación de empleo” (UE, 2015 citado en Kowszyk y Maher, 2011).

A continuación en el esquema de la de figura 3, se muestran a manera de resumen las variables del tema de esta investigación que ayudan a comprender el marco teórico conceptual de la investigación, desde el territorio y la urbanización acelerada, las actividades humanas que tiene que realizar y como resultado la generación de los residuos sólidos urbanos que impacta de manera directa en el medio ambiente, por lo que se busca reducir esos impactos, involucrando acciones y actores sociales, políticos y/o privados.

Figura 3. Esquema del marco teórico conceptual sobre residuos sólidos y enfoque de basura cero para el desarrollo urbano sustentable





Fuente: Elaboración Propia

1.5. Conclusión parcial

El capítulo tiene como propósito el presentar las teorías y conceptos acerca del tema de estudio, por ejemplo, se aborda el concepto de desarrollo sustentable y sus antecedentes, con la finalidad de describir el origen del concepto y cómo los foros internacionales y la Organización de las Naciones Unidas desde los años sesenta del siglo XX han sido parte de la conformación del mismo.

Se tiene la inquietud y la iniciativa de analizar los fenómenos e intentar hacer algo con base al medio ambiente y el desarrollo de las naciones, al observar la producción, consumo y explotación ilimitada de los recursos que se venían dando. En 1987, por primera vez, surge como tal el concepto de desarrollo sustentable en el informe Brundtland, por lo tanto, es fundamental retomar el tema ya que este trabajo de investigación lo que se pretende es incidir en el desarrollo sustentable.

Dicho concepto de desarrollo tiende a ser algunas veces a ser confundido por el concepto de crecimiento, por lo tanto, también es pertinente hacer la diferenciación de que el crecimiento está enfocado al incremento y la generación de riqueza, mientras que el desarrollo se orienta al progreso social junto con la igualdad, bienestar social y cultural.

Otro concepto que muchas veces llega a ser punto de discusión en la literatura es el de desarrollo “sustentable” o “sostenible”, por eso también se cree pertinente abordar los términos y se especifica que para fines de este trabajo ambos conceptos se consideran como sinónimos de acuerdo con ciertos autores que concuerdan que el error está en la traducción al español.

Se aborda el desarrollo, el desarrollo sustentable y se llega al desarrollo urbano sustentable porque el objeto de estudio es la Zona Metropolitana de Toluca, que es lugar donde se originan grandes cantidades de residuos ya que representa un reto a la sustentabilidad. Además, dentro del capítulo se incluye el concepto de ciudad, desarrollo urbano y el metabolismo urbano que tiene relación directa con el tema de los residuos sólidos urbanos.

También se consideró reportar la clasificación de los residuos sólidos, para conocer los tipos y cantidades que se producen en los hogares y comercios, para conocer la eficiencia del manejo de los residuos en la zona de estudio. Por lo que se reporta el manejo integral de los residuos sólidos urbanos y sus etapas junto con el concepto de basura cero, vista desde la economía circular.

integrar y dar explicación de las variables que fueron componiendo el planteamiento del problema, y se justifican al ir dando seguimiento a los conceptos para fundamentar la investigación.

Lo que se busca con todos estos conceptos es tener un lenguaje común y analizar la interrelación que tienen con los residuos sólidos urbanos, además el propósito fue construir un sistema coordinado y coherente de conceptos que permitieran abordar el problema y los sustenten desde el punto de vista teórico. Con ello se situó el problema de investigación dentro de un conjunto de conocimientos que permitió orientar la investigación.



CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA SOBRE
BASURA CERO Y ECONOMÍA CIRCULAR

Capítulo 2. Marco de Referencia sobre basura cero y economía circular

En este capítulo se analizaron algunos casos de referencia sobre basura cero, a nivel internacional y nacional, para revisar cómo se han estudiado en otros lugares los residuos sólidos urbanos, y qué es lo que se está aplicando en nuestro país, posteriormente se muestra el marco jurídico y normativo acerca de los residuos sólidos urbanos y sus normas en México, esto también sirve para elaborar una metodología aplicada al actual trabajo.

2.1. Casos internacionales

En este apartado se analizaron algunos casos a nivel internacional de la economía circular, y la relación que hay con basura cero al reducir los residuos sólidos urbanos (RSU), aportando desde la acción de políticas públicas, marcos jurídicos, la aplicación de instrumentos como planes además de registrar sus datos, para posteriormente tener resultados y analizarlos de manera concreta, surgiendo ideas de cómo mejorar y proponer nuevas metas, a modo que se genere la menor cantidad posible de RSU.

2.2.1. Economía circular, Euskadi 2018, Marco de seguimiento europeo

El País Vasco, también denominado en euskera (lengua propia), *Euskal Herria* o *Euskadi*, es una comunidad autónoma española, entre algunos datos, la ciudad más poblada del País Vasco es Bilbao.

Con el Plan de Prevención y Gestión de Residuos de la CAPV/2020. Hacia una Economía Circular (2015) hay incorporado la ley de residuos y suelos contaminados, se incluye el programa de prevención de residuos, que es una obligación de la ley, incorpora directrices de planes anteriores en materia de residuos sólidos y hace una relación de objetivos en común con planes anteriores y planes vigentes atravesando los distintos sistemas de gobierno, y con reglamentación de la Unión Europea (EU) (Ihobe y Gobierno Vasco, 2018).

La Comisión Europea, a través del Plan de Acción de la EU para la Economía Circular, señaló en 2015 la necesidad de una transición desde los actuales modelos económicos de producción y de consumo hacia modelos económicos circulares. De este modo, el valor de productos, materiales y recursos se mantiene en la economía durante el mayor tiempo posible, y la generación de residuos es reducida al mínimo. Con este propósito, el propio plan anunció el desarrollo de un marco de seguimiento para medir el progreso y evaluar la eficacia de la acción hacia la economía circular en la EU y los Estados miembros. El apartado de Economía circular de la página web de Eurostat describe dicho marco y publica anualmente datos relativos a los indicadores que lo componen, tanto para el conjunto de la Unión Europea como para cada Estado miembro (Ihobe y Gobierno Vasco, 2018).

Se desarrolla para Euskadi los indicadores de economía circular del marco de seguimiento europeo y añade un conjunto de indicadores auxiliares que complementan el análisis. El panel de indicadores, (ver Anexo 10) alinea a Euskadi con Europa y cubre con datos específicos el vacío de información acerca de la circularidad de la economía vasca, en esta, altamente dependiente del exterior, la mejora de los procesos de reciclaje y el consiguiente aumento del flujo de material reciclado supondría un descenso de la necesidad de importaciones y una disminución de la extracción de recursos, naturales domésticos, contribuyendo, de este modo, a una economía más circular (Ihobe y Gobierno Vasco, 2018).

La visión general de los flujos de materiales en 2015 (ver Anexo 11) muestra que en Euskadi se procesaron 52 millones de toneladas de materias primas durante 2015: de éstas, 37 millones (alrededor del 71%) se importan, lo que indica la alta dependencia de Euskadi respecto a las importaciones de materiales. De los 52 millones de toneladas de materiales procesados, 14.8 millones de toneladas se destinan a uso energético, 12.1 a uso de materiales y 25 no se usan en Euskadi y se exportan (Ihobe y Gobierno Vasco, 2018).

En el lado de las salidas del sistema, una vez separadas las exportaciones, una parte importante de los materiales utilizados se convierten en emisiones al aire (14.8 millones de toneladas) o residuos sólidos y líquidos (2.8 millones de toneladas). Estos residuos, que terminan como salidas del sistema económico a través de diferentes procesos de eliminación, suponen el 47 % del total de residuos generados, el resto son tratados y reintroducidos en la economía como material reciclado (2.5 millones de toneladas o el 42.5 % del total de los

residuos generados) o material de relleno (0,6 millones de toneladas o el 10 % del total de residuos generados) (Ihobe y Gobierno Vasco, 2018).

2.1.2. Basura Cero en San Francisco, California

En el año 1989 el estado de California estableció la ley AB939, por la cual la totalidad de los condados y ciudades del estado debían lograr para el año 1995 no llegaran a los rellenos sanitarios o incineradores el 25% de residuos susceptibles de reciclar o aprovechar, y para el año 2000 el 50% de los mismos. De esta manera, se empezó separando papel, vidrios y plásticos, con lo que se logró reciclar más del 50% en el año 2003. Como consecuencia de este proceso, se definió llegar al año 2010 reciclando el 75% de sus residuos y para el año 2020 conseguir la meta de basura cero (Panarisi, 2015).

Desde el año 2004, la ciudad separa su basura en tres recipientes de distintos colores: los reciclables, por un lado, los orgánicos por otro, y los que van directamente a relleno sanitario. Luego, los camiones pasan una vez por semana para recoger el contenido de los tachos verdes (orgánicos) y otra para vaciar los azules (reciclables) y los negros (desperdicios para su disposición final) (Panarisi, 2015).

Más tarde, todo se dirige, ya separado, a un centro de transferencia que está administrado por grupos de recolectores urbanos que se fusionaron para trabajar coordinadamente. El 21 por ciento de la totalidad de los residuos va a parar a un centro verde, que es una planta de separación de residuos secos, es decir, reciclable. Los camiones vuelcan su contenido en enormes pilas de basura seca que una pala mecánica deposita de a poco en una tolva. El material cae en una cinta continua que primero sube, dejando caer las botellas de vidrio, mientras que a los metales los arrastra un electroimán. Lo que sube, entonces, son papeles, cartones y plásticos, que los operarios clasifican en forma manual, ya en una cinta horizontal. Posteriormente, se pasa a la fase en la que los materiales reciclados serán distribuidos por diferentes canales de comercialización (Panarisi, 2015).

Por su parte, los residuos orgánicos son llevados a la planta de compostaje que funciona en Vacaville, una zona rural a unos 80 kilómetros de San Francisco. Allí se produce composta a gran escala que posteriormente se vende a granjas y empresas agropecuarias. Mientras que,

en el caso del tercer grupo, el de los residuos que no admiten tratamiento, terminan su recorrido en un relleno sanitario (Panarisi, 2015).

San Francisco es considerada como la ciudad líder en gestión de residuos. Sin embargo, esa cualidad no se hubiese podido obtener sin el rol fundamental que ocupa la concientización de los gobernantes y de los ciudadanos en la cuestión. Es decir, fue necesaria la educación de las autoridades del Estado, y la participación de los ciudadanos en general, mediante consignas claras, fáciles de cumplir y sostenidas en el tiempo. Según Jack Macy, coordinador de reciclaje del Departamento de Medio Ambiente de San Francisco, “no hay Basura Cero si la clasificación no empieza en los domicilios. (...) debe iniciarse en las escuelas: porque los chicos, así concientizados, concientizan a sus familias, y porque así la basura de las escuelas mismas recibe tratamiento adecuado. Además, resulta esencial que las empresas se responsabilicen de los efectos ambientales de los productos que fabrican. Y todas estas enseñanzas deben basarse en el ejemplo de los distintos efectos beneficiosos de la basura cero: producción de abonos, nuevos combustibles y materiales, y muchas fuentes de trabajo” (Panarisi, 2015).

2.1.3. Basura Cero en Nueva Zelanda

En Nueva Zelanda (NZ), basura cero se estableció a través de un fideicomiso sin fines de lucro y con una visión a largo plazo que contemplara el comportamiento de la sociedad para lograr la sustentabilidad, el desarrollo de políticas a nivel local, regional y nacional que permitieran la consecución de los objetivos, al mismo tiempo el desarrollo de tecnología y sistemas efectivos para el tratamiento de residuos (Knight, 2006 citado en Cabrera, 2014).

La Zero Waste New Zelanda Trust que es el nombre de la institución que ejecuta el programa de manejo de residuos; trabaja con los consejos locales, la industria, los grupos ciudadanos, el gobierno central y el público en general; a continuación, se hace una descripción del manejo de residuos en Nueva Zelanda:

El control de la basura se da con la coordinación del gobierno central, los consejos locales y regionales. El gobierno central se encarga de elaborar la estrategia de gestión de residuos y la legislación en materia de residuos y manejo de recursos; los consejos regionales se

encargan de los planes a nivel regional y de los residuos peligrosos; por último, los consejos locales tienen a su cargo el manejo de los residuos sólidos urbanos, la infraestructura y plantas de tratamiento propias o contratadas fuera de los municipios (Knight, 2006 citado en Cabrera, 2014).

La Estrategia Nacional de Residuos se estableció en el 2002, en ésta, se reconoce el desafío de basura cero a largo plazo y es implementada a nivel local como una ayuda para la gestión adecuada de los residuos sólidos, líquidos y gaseosos. La adopción de la estrategia se ofrece de manera voluntaria a los gobiernos locales, algunos objetivos específicos se dan para los residuos orgánicos, residuos de la construcción y demolición por otro lado, los residuos peligrosos en cuanto a sitios contaminados y residuos organoclorados (Knight, 2006 citado en Cabrera, 2014).

Los objetivos nacionales de minimización de residuos planteados en 2002 eran que el 95% de la población tendría acceso a programas de reciclaje para diciembre de 2005; el 60% de los residuos de jardín serían desviados del relleno y usados de modo favorable para diciembre de 2005. Todos los rellenos que se encontraran por debajo de los estándares serían mejorados o cerrados para diciembre de 2010 (Knight, 2006 citado en Cabrera, 2014).

En marzo de 2005 se presentaron cifras de los avances de la implementación de la estrategia algunos resultados fueron los siguientes: En el año 2002, solo el 42% de las autoridades territoriales contaban con planes de manejo de residuos y para el 2005 la cifra se incrementó hasta alcanzar el 82%, mientras, el 72% había cumplido con los objetivos de la estrategia nacional. Asimismo, para el 2005, más del 70% de las autoridades territoriales ofrecían servicio de recolección diferenciada de residuos sólidos (Knight, 2006 citado en Cabrera, 2014). El avance de basura cero en Nueva Zelanda es relevante, se han cumplido objetivos en un tiempo menor al determinado en un principio; a este éxito han contribuido diversas estrategias en cada municipalidad (Cabrera 2014).

2.1.4. Hacia cero residuos en la ciudad de Tshwane, Sudáfrica

El propósito de esta investigación fue identificar las opciones futuras para la gestión de residuos sólidos en Tshwane con respecto a la gestión sostenible de los residuos, con el fin

de minimizar el impacto al medio ambiental y financiero de la gestión de los residuos con el objetivo final de lograr cero residuos (Snyman y Vorster, 2010).

Tshwane para el 2010 depositaba todos sus residuos en sitios de disposición final. Por lo que en este estudio se evaluó los grupos de tecnología de procesamiento de residuos sólidos urbanos que son: a) procesamiento térmico, b) procesamiento biológico y c) procesamiento biológico mecánico, para su posible implementación en el modelo de cero residuos como una alternativa al vertido para que los componentes puedan ser, reutilizados, reciclados o inofensivos para el medio ambiente antes de su eliminación (Snyman y Vorster, 2010). Aunque el estudio que se centró en esta ciudad, estos autores argumentan que los hallazgos pueden ser implementados en cualquier otro municipio sudafricano, e incluso ser implementados en otros países emergentes.

El modelo de basura cero para Tshwane se base en la separación de las fracciones seca y húmeda, en la etapa de recolección. Se sugiere que los desechos sólidos sean recogidos en las residencias por un equipo y un camión de recolección conjunta, con configuraciones de cuerpo dividido reservadas para las fracciones secas y húmedas. También se recomienda que, se establezcan instalaciones de recuperación de materiales (IRM) en los cuatro vertederos en funcionamiento (Snyman y Vorster, 2010).

Este modelo de cero residuos alienta a los residentes a participar en las actividades de minimización y reciclaje de los desechos sólidos urbanos porque esta participación reducirá los costos operacionales reales. El costo-beneficio futuro a través de la extensión de la vida útil del vertedero y la reducción de los costos debido a la reducción de los volúmenes de manipulación, puede utilizarse para subvencionar iniciativas de reciclaje y recuperación. El estudio concluye que es técnica y financieramente viable introducir un modelo de cero residuos para Tshwane (Snyman y Vorster, 2010).

Se concluye que el modelo de basura cero es un "Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos" y tiene como objeto optimizar la gestión de los residuos sólidos urbanos maximizando la eficiencia y minimizando los impactos ambientales y los costos financieros asociados (Snyman y Vorster, 2010).

2.1.5. Hacia un entorno de cero residuos en Taiwán

El objetivo de este estudio fue examinar brevemente las tareas emprendidas y los planes futuros para lograr el objetivo de cero desechos en Taiwán. La prevención de los desechos, la reducción en la fuente, disponer de los desechos en energía, el tratamiento de los desechos orgánicos y la eliminación adecuada son los principales procedimientos secuenciales para lograr el objetivo de cero desechos (Young et al., 2010).

Se han adoptado seis estrategias para aplicar la política de residuo cero en Taiwán. Se trata de enmiendas reglamentarias, educación sobre el consumo, incentivos financieros, apoyo técnico, sensibilización del público y seguimiento y presentación de informes. Se han establecido objetivos graduales para 2005, 2007, 2011 y 2020 tanto para los desechos sólidos municipales (RSU) como para los desechos industriales con el fin de alcanzar el objetivo de cero desechos (Young et al., 2010).

El objetivo final es lograr una reducción del 70% de los desechos sólidos municipales y del 85% de los desechos industriales para 2020. Aunque se han establecido instrumentos y medidas, algunos programas clave tienen mayor prioridad. Entre ellos figuran el establecimiento de un programa de reciclado de desechos, la promoción de una producción más limpia, un programa de adquisiciones ecológicas y el fomento de la conciencia pública (Young et al., 2010).

Desde que se empezó a aplicar la política de cero desechos en 2003, el volumen de desechos sólidos urbanos destinados a vertederos e incineración ha disminuido drásticamente. El reciclado y/o la minimización de la cantidad de desechos sólidos urbanos en 2007 fue del 37%, lo que supera con creces el objetivo del 25%. Los desechos industriales alcanzaron casi el 76% de minimización a finales de 2006, es decir, un año antes del año fijado como objetivo (Young et al., 2010).

La historia de la eliminación de residuos sólidos urbanos en Taiwán puede ser dividido en cuatro fases.

1. Vertido a cielo abierto: Los desechos sólidos urbanos se vertían principalmente en sitios abiertos (en un valle o en un terreno bajo) sin instalaciones de control de la contaminación en el lugar. Esto ocurrió en la década de 1980 (Young et al., 2010).

2. Vertedero sanitario: Este método fue dominante a principios de los años noventa como resultado de la formulación del Plan Municipal de Eliminación de Basuras en 1984 (TEPA 1984). El gobierno central proporcionó directrices técnicas y apoyo financiero a los municipios y condados para construir vertederos que cumplieran con los requisitos reglamentarios (Young, Ni y Fan, 2010).

3. Incineración (con recuperación de energía): Debido a la cantidad cada vez mayor de RSU, el gobierno se vio obligado a iniciar la construcción de incineradores para aliviar la carga de los vertederos. De hecho, en 1991 se adoptó la política de considerar la incineración como el método principal de eliminación de desechos y el depósito en vertederos como un método secundario. Se propusieron más de 25 plantas de incineración en toda la isla. La proporción de incineración para la eliminación de RSU aumentó drásticamente a finales del decenio de 1990 (Young et al., 2010).

4. Promoción de cero desechos: Plan de gestión de residuos: Examen y perspectivas para el futuro fue aprobado por el Gabinete en 2003 (TEPA 2003a). La prevención, la minimización y la utilización se establecieron como los principios fundamentales de la gestión de desechos (Young et al., 2010).

Formulación de estrategias, ejecución de tareas y planes de acción futuros

Según Young et al. (2010), hay cuatro estrategias principales para lograr el objetivo con la siguiente secuencia: prevención de desechos (implica el proceso de cambios en la industria y cambios en los hábitos de consumo del público, de manera que se pueda evitar o reducir la producción de desechos), conversión de desechos en productos, conversión de desechos en energía y eliminación ambientalmente racional (en una zona segura definida).

Para cumplir con la estrategia y preparar un ambiente de cero desechos, se han implementado las siguientes seis tareas

1. Enmiendas reglamentarias. Anteriormente, la gestión de los desechos se diseñaba simplemente con respecto a la prevención o reducción de la contaminación, en lugar de la conservación de los recursos, teniendo en cuenta la seguridad de la calidad y algunas normas especificadas en los reglamentos, hay reutilización y hay reciclaje especialmente en los campos de la construcción (Young et al., 2010).

2. Educación para el consumo. Uno de los factores clave para el éxito de la política de cero desechos es la aceptación por el público de los productos fabricados a partir de desechos reciclados. Para la adquisición por parte del gobierno y de las empresas privadas, se ha fomentado y dado la máxima prioridad a la compra de productos que contengan materiales reciclados o con una marca ecológica (Young et al., 2010).

3. Incentivos financieros. La industria de gestión de desechos para ciertos materiales reciclables recogidos suele ser vulnerable si no se proporcionan incentivos adicionales. Dado que la mayoría de estas empresas de reciclaje son pequeñas o medianas, se estableció un apoyo financiero y una subvención para mantener el desarrollo de esta industria de manera sostenible (Young et al., 2010).

4. Apoyo técnico. El desarrollo y la introducción de productos ambientalmente racionales necesitan orientación técnica. Además, también se necesitan nuevos conocimientos técnicos para que la industria de gestión de desechos trate estos complejos materiales de desecho (Young et al., 2010).

5. Concienciación pública. El apoyo público es el primer requisito para el éxito y puede ser el componente más eficaz para lograr el objetivo de cero desechos. El apoyo público puede cambiar aún más la actitud de las empresas para adaptarse a una tecnología más limpia y producir productos inocuos para el medio ambiente (Young et al., 2010).

6. Seguimiento y presentación de informes. Para gestionar la corriente de desechos y evitar su eliminación ilegal, se necesitaba información sobre la cantidad, el tipo, la eliminación final y el producto final de los desechos. Es esencial contar con información exhaustiva sobre la corriente de materiales para diseñar una política eficaz de gestión de los desechos, así como de utilización de los materiales. Utilizando procedimientos administrativos y alta tecnología, como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y la identificación por radiofrecuencia, se ha desarrollado un sistema de rastreo e información (Young et al., 2010).

Para Young et al. (2010), Taiwán es una isla pequeña sin recursos adecuados, el desarrollo económico con todo tipo de actividades industriales es el motor de su supervivencia. Por lo tanto, se espera que las cantidades de materiales sólidos generados por fuentes municipales e industriales sean elevadas. Afortunadamente, a través de los esfuerzos hacia el objetivo

de cero residuos, se ha establecido un buen modelo de minimización de los mismos. En un lapso de 20 años, los desechos sólidos urbanos de Taiwán han pasado de ser un 100% de vertederos a casi un 100% de eliminación adecuada, incluido un 37% de minimización/reciclaje.

La estrategia y los planes de acción que se examinan en el presente documento han desempeñado un papel importante en este logro y constituyen un ejemplo de éxito. La gestión de los materiales de desechos industriales también ha mostrado un logro alentador. La tasa de reciclado alcanzó casi el 76% a finales de 2006, lo que supone un año de adelanto con respecto al año fijado como objetivo (Young et al., 2010).

Este éxito se debe a muchas razones derivadas de las diferentes políticas aplicadas. Quisiéramos destacar tres elementos principales responsables del éxito: 1) la sensibilización, participación y apoyo del público; 2) la corporación/participación de la industria; y 3) el establecimiento del origen del reciclaje de desechos y la financiación para supervisar/subvencionar el programa de reciclaje de desechos (Young et al., 2010).

Young, Ni y Fan (2010) consideran que, podrían implementarse más indicadores para para la medición del objeto de cero residuos, no solo considerar los residuos sólidos urbanos, y aplicar sobre todo el aprovechamiento de los residuos industriales en pequeñas y medianas empresas con ayudas o incentivos para contribuir a reducir residuos, junto con la creación de un sistema que revise y mejore el rendimiento del objetivo que se tiene de cero residuos, sabe señalar que es un caso de estudio positivo y que el autor demuestra la reducción de residuos sólidos urbanos e industriales en el país en los periodos analizados.

2.1.6. Basura cero en la ciudad de Rosario, Argentina

El objetivo de este estudio es presentar en qué consiste la ordenanza basura cero que se aprobó en la ciudad de Rosario, y analizar las razones por las cuáles, según el autor, las metas trazadas en la normativa están lejos de ser cumplimentadas (Panarisi, 2015).

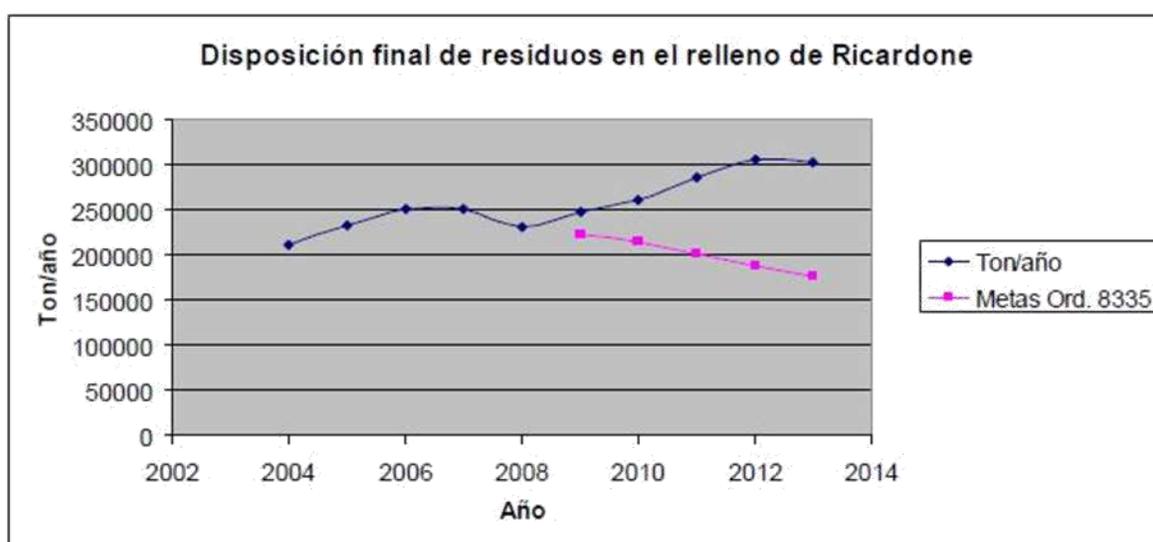
La República Argentina no contaba con un marco normativo específico que considerara el concepto de basura cero como principio para gestionar el tratamiento de los residuos sólidos urbanos. Sin embargo, existen una serie de proyectos que, si bien aún no fueron sancionados,

por lo que cual no pena su incumplimiento, sí guardan relacionan directa con los objetivos establecidos por esta política (Panarisi, 2015).

En el año 2009 se crea el “Servicio Urbano de Mantenimiento Ambiental de Rosario” (SUMAR) o también denominado “Ente de Higiene Urbana” (EHU), ente público que tomó a su cargo la recolección de residuos en el centro y principales avenidas y fue resultado de la ordenanza 8335-2008 (Panarisi, 2015).

En los últimos 20 años la ciudad duplicó su producción de residuos, pasando de unas 400 toneladas diarias en 1988 a más de 830 en el 2012, la mayor parte de los residuos son depositados en el relleno sanitario de Ricardone. Según Panarisi (2015), en la figura 4 se observa la cantidad de toneladas enviadas cada año al relleno, entre los años 2004 y 2013, así como los valores máximos que establece la ordenanza 8335 (Panarisi, 2015).

Figura 4. Disposición final de residuos en el relleno de Ricardone



Fuente: Panarisi, 2015

Sin embargo, Panarisi (2015) señala, que luego de seis años de haberse puesto en marcha basura cero en Rosario, que algunos factores que están llevando al fracaso la ordenanza de basura cero son:

- Acciones orientadas a la producción, distribución y comercialización de productos.
- Comunicación y difusión de la política a la ciudadanía.

- Acciones orientadas a promover la reutilización y el reciclaje, falta de contención y separación. a) Islas de separación en la vía pública; b) Centros de recepción; c) Puerta a puerta.
- Recuperadores informales.
- Plantas de tratamiento y compostaje de residuos.

Desde que fue aprobada la ordenanza basura cero en Rosario resultaron inalcanzables los objetivos prefijados en la legislación y, además, ha crecido la cantidad de residuos que son enviados al relleno sanitario de Ricardone. El municipio ha desarrollado diversas acciones que van en sintonía con lo que estipula la ordenanza, pero en general los resultados satisfactorios alcanzados hasta el momento son escasos (Panarisi, 2015).

Y se concluye que el Estado local tiene una gran responsabilidad que podrá gestionar con éxito siempre que desarrolle un modelo de gestión que vaya realmente en consonancia con la ordenanza basura cero, que considere las observaciones de los actores especializados y con competencia en la materia, y que destine los recursos que resulten ser necesarios para implementar una política pública que piensa la ciudad hacia el futuro.

2.2. Casos nacionales

A continuación, se analizaron algunos casos referentes a la temática de los residuos sólidos urbanos desde basura cero aplicados en el territorio nacional, y que sirven como ejemplo para explicar experiencias de las referencias, analizar la relación que pudiese percibir, retomar ciertos criterios para el caso de estudio de esta investigación que ayuden a exponer y dar entendimiento, además de complementar a la metodología de este trabajo.

2.2.1. Basura cero como alternativa de incineración, Movimiento Pro Salud, Apaxco, México

El proyecto consiste en la recolección de residuos clasificados y su posterior comercialización. Para esto ha sido necesaria la colaboración de la comunidad y la capacitación sobre la separación de desechos, y su potencialidad, mediante talleres y difusión. La aceptación que el proyecto ha tenido en la comunidad puede garantizar su implementación

en todo el municipio, lo que representa una forma de generar alternativas para el manejo de los residuos. El plan de Basura Cero forma parte de la resistencia comunitaria contra la incineración y/o los rellenos sanitarios, comprendiendo que los residuos no lo son cuando se les da un verdadero manejo, desde una lógica antisistémica directa contra el modelo de producción-consumo (Carrasco y Vargas, 2015).

La propuesta que se ha puesto en marcha consiste en una serie de talleres y pláticas principalmente en las escuelas para desde ahí conformar cooperativas de separación y recolección de RSU, desde donde las madres de familia en acuerdo con la dirección escolar arman un centro de acopio para la recuperación de los residuos ya separados en una primera fase: inorgánicos que son todos aquellos materiales que se pueden recuperar y comercializar y orgánicos que es todo el residuo que pasará por un proceso de compostaje para la recuperación de áreas verdes en las escuelas y/o casas de las integrantes de las cooperativas (Carrasco y Vargas, 2015).

Al paso de una semana, las cooperativas se reúnen en conjunto con las direcciones escolares para coleccionar el material recuperado y llevarlo a los centros de reciclaje para su venta. Con las ganancias se ponen en marcha proyectos sociales dentro de las escuelas y los barrios a los que pertenecen las cooperativas de mujeres (Carrasco y Vargas, 2015).

En los seis meses que este proyecto se ha puesto en marcha, la recolección comunitaria de los RSU ha logrado avances significativos en términos de participación ciudadana, pues a la fecha Santa María – el barrio de mayor población en el municipio de Apaxco – recupera más del 70% de los RSU que genera, bajando considerablemente la problemática de la basura que termina en el relleno sanitario municipal. Un bono extra es el ingreso que se tiene por la venta del material recuperable que sirve para proyectos sociales y el abono orgánico o compost que sirve para la recuperación de áreas verdes, tanto en las escuelas como en parques dentro del barrio (Carrasco y Vargas, 2015).

2.2.2. Hacia una economía circular en Cuautlancingo, Puebla

El objetivo se centró en tratar de identificar y describir el enfoque sistemático de la economía circular (CE) en Cuautlancingo, como un estudio de caso. Para este análisis se utilizaron tres

puntos principales de atención: 1) los métodos de recogida de desechos aplicados; 2) el tipo y las condiciones de la gestión de los desechos y 3) la forma en que una perspectiva de economía circular puede influir en otras empresas o negocios para reciclar los desechos y generar más posibilidades de empleo (Díaz y Tinoco, 2019).

Para Díaz y Tinoco (2019), la metodología utilizada fue de carácter cualitativo. El principal método de investigación consistió en un cuestionario que se aplicó a los funcionarios del gobierno local de Cuautlancingo. Los aspectos asociados a los residuos sólidos urbanos (RSU), como la generación, el uso y su tratamiento fueron el foco del cuestionario. Algunos de los hallazgos arrojaron luz sobre la deficiente implementación de la EC asociada a la gestión de los RSU. Sin embargo, también se pudieron identificar algunas oportunidades, por ejemplo, si el gobierno local asumiera la responsabilidad de organizar y vender los reciclables, esto representaría un ingreso adicional de hasta 366 USD por mes. En consecuencia, se percibe la necesidad de rediseñar los procesos de los RSU para retener el valor del material dentro de la perspectiva de la EC (Díaz y Tinoco, 2019).

El objetivo de esas actividades es reducir las posibles fuentes de contaminación del suelo y el agua y preservar las condiciones ambientales. Debido al enfoque sistemático de la EC, se requiere que varios interesados integren sus esfuerzos. El gobierno y las empresas representan a los principales interesados que pueden adoptar la economía circular como un enfoque de pensamiento sistemático para tomar decisiones de manera acorde (Díaz y Tinoco, 2019).

Se seleccionó Cuautlancingo como caso concreto para analizar los principios de la EC porque representa una de las ciudades más importantes del estado de Puebla en México, con características demográficas similares a las de otras ciudades del país. Además, este caso muestra claramente las prácticas de tratamiento de los residuos sólidos urbanos y sus implicaciones sociales y económicas. La recogida, la eliminación de residuos, la higiene y la limpieza de los mercados y otros servicios son los desafíos actuales de Cuautlancingo; si no se atienden de manera eficiente, tendrán un impacto negativo directo en la calidad de la comunidad (Díaz y Tinoco, 2019).

También se basó en la presencia de uno de los parques industriales más importantes de Puebla con alrededor de 24 empresas, entre ellas Volkswagen (Finsa, 2015 citado en Díaz y Tinoco,

2019). Además, el municipio cuenta con una gestión de residuos sólidos en el marco de la economía circular (Díaz y Tinoco, 2019).

Recolección de desechos separados

El gobierno local tiene seis camiones de recogida, y recogen tres veces por semana los residuos municipales no peligrosos, excepto la planta de Volkswagen y el parque industrial Finsa, porque esas industrias contratan a empresas privadas para el mismo fin. Los hogares y tiendas son responsables de la primera separación in situ de los productos orgánicos y materiales inorgánicos (Díaz y Tinoco, 2019). En cuanto a la porción inorgánica, varios materiales necesitan ser separados según sus posibilidades de reinserción en el mercado; los materiales son el cartón, el vidrio, el polietileno tereftalato (PET) y las latas (aluminio). Cada martes, jueves y sábado, los camiones recogen esos materiales y los conducen al vertedero de Panotla, en el estado de Tlaxcala. Mensualmente, 1.0 tonelada de cartón, 1.5 toneladas de PET, 0.5 toneladas de vidrio y 0.3 tonelada de aluminio. Los costos relacionados con las actividades de recolección suman a la cantidad de 2,659.26 dólares por camión, incluyendo el salario del conductor, la gasolina y el mantenimiento (Díaz y Tinoco, 2019).

Acciones de reciclaje

De los materiales recolectados, sólo el 16% de cada tipo se recicla realmente; el resto se mezcla con otros residuos cuando llegan al vertedero. Las personas que viven en los alrededores recogen los residuos, los limpian y los venden a un tercer "actor" para su reutilización. Pueden venderlos por unidad de tonelada de la siguiente manera: cartón \$60.60 USD/tonelada, PET \$260.60 USD/tonelada, vidrio \$18.18 USD/tonelada y aluminio \$909 USD/tonelada. Si el gobierno local asumiera la responsabilidad de organizar el reciclaje de los materiales aquí mencionados, esto representaría un ingreso adicional para la administración local (Díaz y Tinoco, 2019).

El dominio geográfico del municipio de Cuautlancingo incluye un parque ecológico cuyo nombre es "El Ameyal". La superficie del parque corresponde a 7 hectáreas con algunas instalaciones como pista de 600 metros lineales, centro de exposiciones, parque infantil, área de picnic y teatro. El gobierno de Puebla donó 160 árboles al parque, y Volkswagen apoyó la plantación de más de 1000 árboles en las zonas verdes del parque. Los ejecutivos de la

Volkswagen participaron en esas actividades y también donaron equipos de bombeo y riego para el mantenimiento de los árboles (Díaz y Tinoco, 2019). Además, proporcionaron botes de basura para el parque. La gestión de los residuos sólidos urbanos en el parque comenzó en agosto de 2014. Tuvieron desde el principio un estricto control de peso de cada tipo de residuos generados. Todos los materiales se almacenan en el depósito del parque de reciclaje para su venta al final del año a una empresa de reciclaje. Además, el gobierno local tiene un convenio con la Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) que consiste en la recolección de los residuos orgánicos y la hojarasca, del Parque Ameyal, para producir abono (Díaz y Tinoco, 2019).

Talleres para aumentar la conciencia ambiental

El municipio de Cuautlancingo considera muy importante concientizar y educar a la población sobre los principios de la economía circular y su aplicación y beneficios. Por lo tanto, a partir de 2015, las autoridades impartieron talleres gratuitos en sus instalaciones sobre cómo separar los residuos, reconocer los productos responsables, producir fertilizantes y para construir huertos. El número de asistentes en 2015 fueron 497 personas, esperando recibir más cada año (Díaz y Tinoco, 2019).

Se puede decir que el gobierno de Cuautlancingo se preocupa por su entorno y realiza acciones para contribuir al bienestar y la calidad de vida de la comunidad. Los servicios que presta el municipio tienen un efecto directo en el entorno local. El agua potable, el drenaje doméstico, la eliminación de residuos, el tratamiento de aguas residuales, la higiene y la limpieza de los mercados y otros servicios son los retos actuales de Cuautlancingo (Díaz y Tinoco, 2019).

Además, la inversión en ecologización puede generar empleo y cadenas de suministro sostenibles para los productos. Cuantas más empresas reciclen y reutilicen los RSU, mayor será el nivel de productividad del municipio. Además, basándose en las mejores prácticas de las empresas líderes, otros gobiernos locales y empresas pueden comparar y ajustar dichas prácticas para implementar acciones que conduzcan a una gestión eficiente de los residuos. Los autores sugieren que Cuautlancingo continúe registrando y analizando indicadores para evaluar la economía circular de manera más precisa (Díaz y Tinoco, 2019).

2.2.3. Modelo circular de compostaje residencial en la Ciudad de México

Los residuos sólidos urbanos (RSU) de la Ciudad de México se gestionan a nivel municipal. Esta situación implica varios desafíos: el período de tres años de administración municipal afecta claramente la continuidad de sus planes y programas de gestión de los RSU, lo que se suma al problema de la escasez de espacio para depositarlos adecuadamente. Además, el funcionamiento tecnológicamente insuficiente de los vertederos representó el 16% de las emisiones de gases de efecto invernadero en 2016. Los residuos orgánicos representaron entre el 45% y el 55% del total de los RSU (Plasencia et al., 2019).

Por lo tanto, las iniciativas de base fueron el foco de esta investigación porque algunas de ellas demostraron reducir los RSU a nivel doméstico, porque las actividades para convertir los residuos orgánicos en abono por parte de los miembros de la comunidad son relevantes. Esto encaja con los propósitos de la economía circular y el vertedero de residuos cero. El compostaje local tiene un importante potencial para mejorar la gestión de los RSU. El objetivo era identificar las condiciones necesarias para que esos proyectos tuvieran éxito (Plasencia et al., 2019).

Según Plasencia et al. (2019), los residuos orgánicos pueden reciclarse con éxito mediante la producción de composta, lo que puede ser fácilmente realizado por los miembros de las comunidades locales. La planta de compostaje utilizada en este caso de estudio, en funcionamiento desde 2008, se encuentra en Bellavista, en el municipio de Atizapán de Zaragoza, en el Estado de México. El compostaje producido a partir de los desechos orgánicos de los hogares funciona como mejorador del suelo, sustituyendo el uso de fertilizantes químicos en las zonas verdes dentro de la zona residencial, lo que ha reducido los costos de mantenimiento de las zonas verdes. Para replicar su proceso en otras zonas residenciales, el plan necesita ser mejorado (Plasencia et al., 2019).

Para Plasencia et al. (2019), en la Ciudad de México, los RSU representa el 16% de las emisiones de gases de efecto invernadero. En esta investigación se estudió el vertedero de Puerto de Chivos por su proximidad a el área del estudio de caso: la planta de compost en la zona residencial de Bellavista. En ese vertedero se eliminan 500 toneladas de desechos,

aunque está restringido desde 2007 por su limitado espacio (Medellín, 2015 citado en Plasencia et al., 2019). El modelo propuesto para la gestión de los desechos es la implantación de plantas de compost en las zonas residenciales, pero para ello es necesario analizar los factores impulsores y las barreras de la implantación de una planta de compost comunitaria (Plasencia et al., 2019).

Planta de composte en el Puerto de Chivos, Atizapán de Zaragoza

El municipio de Atizapán de Zaragoza participa en un programa de abono municipal que comenzó en julio de 1999. Su objetivo es reducir la cantidad de residuos orgánicos que se eliminan en el vertedero de Puerto de Chivos, a fin de disminuir los efectos contaminantes y prolongar la vida útil del vertedero (Villegas y Franco, 2010 citado en Plasencia et al., 2019).

Según las estadísticas, si se compusiera cada residuo orgánico, los residuos eliminados se reducirían en un 49%. El programa consiste en la participación de 43 zonas residenciales que separan sus residuos, pero 110 zonas residenciales no participan debido a la falta de conocimiento y difusión del programa en el municipio, lo que constituye una barrera para la continuidad (Plasencia et al., 2019).

La percepción del administrador del compostaje mexicano (Mcm) sobre el comportamiento de los ciudadanos en cuanto a la separación de residuos, es que creen que, aunque separen sus residuos, éstos se mezclarán de nuevo cuando lleguen al vertedero. En cuanto al proceso de producción de composte, los bioinsumos utilizados son los residuos orgánicos de estos hogares: hojas, hierba y ramas de parques y zonas verdes del municipio y estiércol de vacas y caballos de ranchos cercanos además de algunos restaurantes no identificados. El vertedero recibe 500 toneladas de residuos por día, pero sólo puede recuperar el 0,8%, lo que significa que produce 54 m³ de composte por mes (INE, 2010 citado en Plasencia et al., 2019).

Cuando los residuos orgánicos llegan a Puerto de Chivos, los “carroñeros” (recolectores informales) hacen una separación manual de la basura porque llega en bolsas de plástico, las cuales son retiradas para hacer montones de los residuos que se encuentran en ellas. En cuanto al material de poda y recortes de hierba, se realiza el proceso de trituración y luego se mezcla en un espacio abierto. La producción del abono orgánico es un proceso aeróbico realizado en 1000 m² de terreno (Plasencia et al., 2019).

Plasencia et al. (2019), mencionan que la maquinaria y las herramientas utilizadas para producir el abono son dos retroexcavadoras, palas, un tamiz y dos grandes trituradoras. El composte sólo se cubre con plástico cuando llueve, y el resto de los residuos que no se pudieron utilizar para el composte se eliminan en el vertedero (Mcm, 2010). Los bioinsumos se mezclan y luego se colocan entre capas alternas de hierba hasta que la temperatura alcanza los 70 °C. El proceso dura 3 meses (además del tiempo de construcción de la pila), y se riega cada 3 días, dependiendo de la estación, con las aguas residuales tratadas pasando por una tubería. Las volteretas de la retroexcavadora se hacen una vez por semana o cuando hay máquinas disponibles (Plasencia et al., 2019).

El compostaje no se vende, sólo se regala para usarlo en parques o a petición de los ciudadanos. La calidad no se mide a través de análisis químicos, aunque hay una norma en la Ciudad de México que establece el estándar. En el aspecto económico, Puerto de Chivos no tiene un plan a largo plazo para la planta de composte. En términos de presupuesto, los costos de la planta por año son de 201,896 pesos mexicanos (INE, 2010 citado en Plasencia et al., 2019). No se conoce la viabilidad de la planta porque no hacen informes anuales de su desempeño; tienen una falta de transparencia en su gestión, y el municipio no vende la composta, por lo que no hay retorno de la inversión (Plasencia et al., 2019).

Como este programa tiene algunas deficiencias, una zona residencial llamada Bellavista, que es una de las zonas residenciales que participa en el programa de separación de residuos, puso en marcha una planta de compostaje comunitaria (Plasencia et al., 2019).

Se propone más bien analizar un enfoque de abajo hacia arriba que comienza en una planta comunitaria de compostaje en Atizapán de Zaragoza, donde se llevan los residuos orgánicos para ser manejados, y el resto se lleva al vertedero de Puerto de Chivos (Plasencia et al., 2019). En México un programa de compostaje a pequeña escala no está regulado ni prohibido; mientras que el programa del gobierno local para el compostaje de residuos orgánicos no funciona correctamente debido a la falta de difusión y aplicación de la ley esta forma de tratamiento no está permitida porque algunas organizaciones consideran que no es sanitario hacer composta a partir de subproductos animales en algunos casos (Plasencia et al., 2019).

Los principales interesados son los vecinos que viven cerca de la planta de composta, cuyo principal motor era utilizar menos fertilizantes químicos y, por lo tanto, disminuir los daños a la salud humana. Es importante saber que, para la continuidad de este programa, existe una asociación de vecinos que se encarga de la recogida y el tratamiento de los residuos. Los empleados deben ser capacitados. Todos los interesados tienen un papel importante, pero cuando se trata de poner en práctica un programa de compostaje, la gestión es la clave para dar permanencia a esos programas (Plasencia et al., 2019).

Las sugerencias son: Utilizar el compostaje en áreas verdes en lugar de fertilizantes, produce ahorros. El hecho de que el abono producido puede ser vendido y las situaciones mencionadas anteriormente hacen una planta de abono factible. Para vender el abono producido, tiene que ser de alta calidad, por lo que es importante que el compost sea analizado regularmente en sus características químicas y obtener una certificación internacional para probar la calidad de la misma como suelo mejorado (Plasencia et al., 2019).

Además de iniciar una campaña de sensibilización para promover la planta de compostaje en Bellavista e invitar a los vecinos a visitar las instalaciones. Elaborar informes anuales sobre los residuos orgánicos recibidos y procesados y el resultante, incluyendo el rendimiento económico. Organizar cursos de formación para los operadores de plantas de compostaje. Acudir al gobierno local para obtener apoyo técnico y económico. Informar a los vecinos sobre los beneficios del compost y la forma en que podrían obtener compostaje gratuito para sus jardines (Plasencia et al., 2019).

Cuadro 3. Síntesis comparativa de los casos de estudio

Autor	Variables	Indicadores	Vinculación con la investigación
Ihobe y Gobierno Vasco, 2018	<ul style="list-style-type: none"> -Producción y consumo -Gestión de residuos -Materias primas secundarias -Competitividad e innovación 	<ul style="list-style-type: none"> -Generación per cápita municipales -Generación de residuos por unidad de PIB, excluyendo los principales residuos minerales -Tasa de reciclaje de residuos municipales -Tasas de reciclaje de flujos de residuos específicos -Tasa de uso de material circular -Inversiones privadas, empleos y valor agregado bruto, sector de reciclaje, separación y reutilización -Número de patentes relacionados con el reciclaje y materias primas secundarias 	<p>La aportación de este caso para la investigación, es el de comparar países desarrollados (en este caso una comunidad autónoma) con países en vías de desarrollo, sobre el manejo de los RSU, además se observa la importancia de como en Europa se lleva un registro de los RSU, también de como la Unión Europea influye en las decisiones para mejorar en los modelos económicos, de producción y consumo, su vinculación es que se pueden retomar algunos indicadores de su metodología y poder lograr en un futuro la disminución de la extracción de recursos, o sea, la contribución al desarrollo sustentable</p>
Edgar A. Panarisi, 2015	<ul style="list-style-type: none"> -Recolección -Separación -Disposición Final 	<ul style="list-style-type: none"> -Frecuencia de la recolección de los RSU -Porcentaje de reciclaje -Porcentaje de compostaje 	<p>La contribución del estudio para el trabajo, es analizar la gestión de los RSU en Estados Unidos de América, ya que San Francisco es la ciudad líder en basura cero, y también analizar el cómo puede influir con este trabajo con la manera en que se relacionan ciertos indicadores, como también la educación y capacitación, que hacen la diferencia junto con las bases jurídicas.</p>
Cinthya Adriana Cabrera González, 2014	<ul style="list-style-type: none"> -Recolección -Disposición final 	<ul style="list-style-type: none"> -Programas de reciclaje -Porcentaje de residuos orgánicos que se reciclan en composta -Generación de RSU -Recolección diferenciada local 	<p>Esta referencia contribuye, al análisis de un país desarrollado, de la creación de basura cero en Nueva Zelanda con el apoyo de la sociedad y las políticas públicas, pensando que el aporte es la forma en como es adoptado esta forma de reducir los RSU y también como es que un plan a largo plazo favorece a esto, con objetivos que van cumpliéndose.</p>
Jacques Snyman y Kobus Vorster, 2010	<ul style="list-style-type: none"> -Separación -Recogida y transporte -Instalaciones de transferencia y recuperación -Procesamiento de la fracción residual - 	<ul style="list-style-type: none"> -Promedio de residuos orgánicos -Promedio de residuos inorgánicos -Volúmenes de materiales reciclables -Tipo de vehículos recolectores -Rutas de los vehículos recolectores 	<p>La colaboración de esta referencia con la investigación es, para identificar como se está estudiando basura cero en un país en vías de desarrollo, un caso en el que aún no hay metas y está en proceso de evaluación el método para que resulte factible, su vinculación es por los indicadores, que pueden retomarse para esta metodología, y las similitudes en aspectos logísticos que hay y de la falta de preparación y estudios, junto con el escaso compromiso del gobierno con el área de estudio, algo similar en países latinoamericanos</p>
Chea-Yuan Young, Shih-Piao Ni y Kuo-Shuh Fan, 2010	<ul style="list-style-type: none"> -Prevención de los residuos -Tratamiento de los RSU -Disposición final 	<ul style="list-style-type: none"> -Reducción de la fuente -La conversión de los residuos en producto 	<p>Este caso, la aportación es el análisis en la forma en cómo se está cumpliendo con la meta de basura cero, gracias a la educación de la sociedad, incentivos financieros que se les da a la sociedad también, y la elaboración y presentación de informes, con deficiencias en el programa, su vinculación tiene que ver con</p>

		<ul style="list-style-type: none"> -Volúmenes de residuos que se reciclan -Volúmenes de residuos que son llevados a distintos destinos 	la metodología en la parte de indicadores y de nueva cuenta, con la participación ciudadana, del gobierno, y la educación como en los casos anteriores.
Edgardo A. Panarisi, 2015	<ul style="list-style-type: none"> -Producción distribución y comercialización -Recolección -Separación -Disposición final 	<ul style="list-style-type: none"> -Porcentaje de reutilización -Porcentaje de reciclaje -Centros de recepción de los residuos -Tipo de recolección de los RSU -Plantas de tratamiento y compostaje 	La participación de este caso hacía la investigación, es que a pesar de estar el programa en la ciudad sobre basura cero, no se han podido cumplir las metas, al contrario, se ha incrementado la generación de los RSU, su vinculación tiene que ver con el cómo evitar el fracaso de las metas, y sobre todo la relación con los otros casos de estudio en temas de educación social, y la participación del gobierno.
Brisa Violeta Carrasco Gallegos y Jorge Tadeo Vargas Juvera, 2015	<ul style="list-style-type: none"> -Recolección -Clasificación -Comercialización -Disposición final 	<ul style="list-style-type: none"> -Volumen de RSU recolectados -Volumen de RSU separados -Volumen de residuos orgánicos e inorgánicos -Ganancias monetarias 	La contribución de esta referencia, tiene que ver con la aplicación de basura cero en una zona más pequeña geográficamente, donde es más factible y hay un monitoreo personal por parte de la misma sociedad, en el cual se busca aprovechar los residuos, pero también la recaudación de fondos para mejorar las escuelas y barrios de la comunidad en general, la vinculación tiene que ver con la reducción de la generación de RSU y cómo aprovechar los residuos, además, de una educación y capacitación a la sociedad.
Luz del Carmen Díaz Peña y Miguel Angel Tinoco Castrejón, 2019	<ul style="list-style-type: none"> -Recolección -Generación -Reciclaje -Conciencia ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> -Método de la recolección de los RSU -Número de unidades recolectoras de los RSU -Frecuencia que pasa la unidad recolectora por su ruta -Volumen de los residuos que se recolectan -Tipo de RSU que se recolectan -Porcentaje de los residuos que se reciclan. 	El complemento hacia éste trabajo es observar que gracias a la participación de la sociedad y de empresas junto con el gobierno, pueden lograr la eficacia de basura cero, además de que contribuye al medio ambiente al mejorar un parque, reduciendo la contaminación y los residuos que van al relleno sanitario, aportando al desarrollo sustentable, su vinculación es la parte de los indicadores para la metodología, al igual que los otros casos aporta los temas de participación ciudadana, del gobierno y empresas, junto con acciones para mejorar basura cero en la localidad.
Vivian Plasencia Vélez, Marco Antonio González Pérez y María Laura Franco García, 2019	<ul style="list-style-type: none"> -Recolección -Reciclaje -Disposición final 	<ul style="list-style-type: none"> -Volumen de residuos orgánicos -Volumen de los residuos orgánicos reciclados -Cantidad de residuos que van al relleno -Número de zonas residenciales 	Esta referencia aporta a la investigación, gracias a que se basa en algo local territorialmente basura cero pero con residuos orgánicos, el reciclaje se hace para crear composta y aprovechar los residuos orgánicos, composta que la misma sociedad puede adquirir gratuitamente, contribuyendo a no contaminar con abonos artificiales, la vinculación es a diferencia del caso anterior, es sobre la experiencia del programa, observar las virtudes y deficiencias para fortalecer el programa con comunicación, la transparencia y el manejo de la planta y bases jurídicas.

Fuente: Elaboración propia con base en Ihobe y Gobierno Vasco, 2018, Panarisi, 2015, Cabrera, 2014, Snyman y Vorster, 2010, Young et al., 2010, Carrasco y Vargas, 2015, Díaz y Tinoco, 2019 y Plasencia et al., 2019.

En el cuadro 3, es un cuadro resumen en donde se muestran las referencias por autor y año de su investigación, se representan las variables e indicadores que retoma el autor y que fueron la base para la elaboración de la metodología del presente trabajo de investigación.

2.3. Marco normativo sobre residuos sólidos urbanos

En el actual apartado se describen principalmente todas aquellas normas y leyes a nivel internacional, nacional en este caso, las aplicables a México y a nivel estatal, caso del Estado de México y municipios en lo relacionado a los RSU. es de suma importancia la integración de un marco jurídico, por el cual, el investigador, tomador de decisión y/o ciudadano se rige sobre el tema o el estudio que se está abordando, para la cuestión de esta investigación, determina los límites de hasta donde abarcar, y además abre las oportunidades de fortalecer y dar sustento normativo a la tesis.

2.3.1. Ámbito internacional

a) Organización de las Naciones Unidas

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Estados Miembros que la suscribieron y será la guía de referencia para el trabajo de la institución en favor de esta visión durante los próximos 15 años (ONU y CEPAL, 2016). En esta agenda se establecen 17 objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de los cuales esta investigación retoma los siguientes objetivos junto con sus respectivas metas.

El objetivo 3 que corresponde a Salud y bienestar. Una de sus metas es reducir muertes y enfermedades por contaminación al aire, agua y suelo. El Objetivo 11 sobre ciudades y comunidades sostenibles. Éste busca que los asentamientos urbanos sean más sostenibles, aumentar la urbanización inclusiva, la reducción de impacto ambiental negativo per cápita, atender la calidad del aire y los desechos municipales, adoptar medidas como políticas públicas, el uso eficiente de los recursos naturales y la mitigación del cambio climático. El

Objetivo 12 referente a producción y consumo responsable cuya meta es reducir la generación de desechos, mediante la prevención, reducción, reciclado y reutilización (ONU y CEPAL, 2016).

b) ONU-Habitat

Nueva Agenda Urbana de Hábitat III (ONU, 2016) representa un ideal común para lograr un futuro mejor y más sostenible, en el que todas las personas gocen de igualdad de derechos y de acceso a los beneficios y oportunidades que las ciudades pueden ofrecer, donde los Gobiernos Locales y Regionales de los Estados participantes de 167 países (incluido México) se comprometieron a participar en mejorar la urbanización y lograr el desarrollo urbano sostenible, y por lo tanto a promover una gestión de los residuos racional desde el punto de vista ambiental y a reducir considerablemente la generación de residuos mediante su reducción, su reutilización y su reciclaje, la reducción al mínimo de los vertederos y la conversión de los residuos en energía cuando no sea posible reciclarlos o cuando esta opción ofrezca los mejores resultados ambientales posibles.

En el apartado de desarrollo urbano resiliente y ambientalmente sostenible, el acuerdo 71 compromete a fortalecer la gestión sostenible, prestando especial atención a la gestión racional desde el punto de vista ambiental y la reducción al mínimo de todos los desechos, el acuerdo 74 que se compromete a promover una gestión de los desechos racional desde el punto de vista ambiental y a reducir considerablemente la generación de desechos mediante su reducción, su reutilización y su reciclaje, la reducción al mínimo de los vertederos y la conversión de los desechos en energía cuando no sea posible reciclarlos o cuando esta opción ofrezca los mejores resultados ambientales posibles, compromete además a reducir la contaminación marina mediante la mejora de la gestión de los desechos y las aguas residuales en las zonas costeras y el acuerdo 119 promueve inversiones adecuadas en infraestructuras de protección accesibles y sostenibles en gestión de residuos sólidos (ONU, 2016).

Por otro lado en el 2018, en el Día Mundial del Hábitat (primer lunes de octubre) que tiene como propósito reflexionar sobre el estado de nuestras ciudades y otros asentamientos humanos y sobre cómo lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el Nuevo Programa Urbano, publicaron una serie de instrumentos y una guía de promoción titulado: Ciudades de Residuos, tomando medidas para abordar los residuos sólidos municipales, desafío mundial

en el que todos deben participar y al que todos deben hacer frente, es un llamamiento a la acción para abordar los desafíos de la gestión de los residuos sólidos que enfrenta cada ciudad y pueblo (ONU-Hábitat, 2018).

2.3.2. Ámbito nacional, México

a) Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Publicada el 5 de febrero de 1917, reformada por última vez el 6 de marzo del 2020, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el Título Quinto, artículo 115, fracción III, inciso c) establece que, los municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos, de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos (GF, 1917). Con esto inicia la descripción del marco normativo para los residuos sólidos urbanos de manera nacional.

Lo que respecta a la participación ciudadana la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 115, fracción II, hace referencia que “Los municipios estarán investidos de personalidad jurídica y manejarán su patrimonio conforme a la ley.” (GF, 1917).

También el párrafo segundo estipula que “Los ayuntamientos tendrán facultades para aprobar, de acuerdo con las leyes en materia municipal que deberán expedir las legislaturas de los Estados, los bandos de policía y gobierno, los reglamentos, circulares y disposiciones administrativas de observancia general dentro de sus respectivas jurisdicciones, que organicen la administración pública municipal, regulen las materias, procedimientos, funciones y servicios públicos de su competencia y aseguren la participación ciudadana y vecinal.” (GF, 1917).

b) Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003, recién reformada el 19 de enero del 2018, indica en el Artículo 1 que la ley se refiere a “la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho

de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación”, así como establecer ciertas bases (GF, 2003).

Además, que el artículo 5 está compuesto por los términos o conceptos para efectos de la ley, y corresponden desde determinar un agente infeccioso, el aprovechamiento de los residuos, los residuos sólidos urbanos, hasta la valorización y la vulnerabilidad, que para el caso de la investigación se retoman los conceptos para aplicarlos (GF, 2003).

También en su artículo 9, correspondiente a los municipios, con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en el tema referente, “las facultades para la formulación conducción y evaluación de la política ambiental municipal; la aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos” (GF, 2003).

Aunado a lo señalado, la ley en el Capítulo III, Infracciones y sanciones administrativas, que como el título lo indica, señálas las sanciones para las personas que hagan cualquier actividad indebida con los residuos sólidos, y en general toda la ley aplica para los residuos sólidos urbanos (GF, 2003).

El reglamento correspondiente a la a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, hace referencia en el título segundo, a los planes de manejo, en los cuales se establece la obligación de generar un programa para la prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el estado de México el cual indica que además de la normatividad referida se debe atender al el Código para la Biodiversidad del Estado de México (GF, 2003).

c) La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988, reformada el 9 de enero de 2015, en su artículo 1, se refieren a “la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e

interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer ciertas bases” (GF, 1988).

Indica en su Capítulo II, Distribución de competencias y coordinación, en el Artículo 8, que “corresponde a los Municipios, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia, las facultades, para la formulación conducción y evaluación de la política ambiental²⁵ municipal; la aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos” (GF, 1988).

Además de lo señalado, la ley en el Capítulo IV de la Prevención y Control de la Contaminación del Suelo, artículo 134, fracción III para la prevención y control de la contaminación del suelo es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes, además que el artículo 137 establece que queda sujeto a la autorización de los Municipios o del Distrito Federal, conforme a sus leyes locales en la materia y a las normas oficiales mexicanas que resulten aplicables, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reúso, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales (GF, 1988).

d) Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de junio de 2013, en la cual se establecen diversas disposiciones entre las cuales resalta para el caso de estudio el Capítulo Segundo, en el cual dice que las obligaciones derivadas de los daños ocasionados al ambiente. En su Artículo 10, refiere que “toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley, de la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente” (GF, 2013)

El Artículo 11, dice que la responsabilidad por daños ocasionados al ambiente nacerá de actos u omisiones ilícitos; así mismo el Artículo 13, señala que “la reparación de los daños ocasionados al ambiente consistirá en restituir a su Estado Base los hábitat, los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, sus condiciones químicas, físicas o biológicas y las relaciones de interacción que se dan entre estos, así como los servicios ambientales que proporcionan, mediante la restauración, restablecimiento, tratamiento, recuperación o remediación”, estableciendo además en la ley en comento que en caso de omisión se podrán demandar la responsabilidad ambiental y el cumplimiento de las obligaciones, pagos y prestaciones, en términos de lo dispuesto por el Código Federal de Procedimientos Civiles y el código de procedimientos penales federal (GF, 2013)

e) Normas

En este sentido se tiene la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, con entrada en vigor en diciembre de 2004 contiene especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, por lo que marca los requisitos que se requieren para que los sitios de disposición final de los residuos sólidos estén en posibilidad de funcionar (SEMARNAT, 2004).

Así también la NOM-098-SEMARNAT-2002, referente a la protección ambiental, incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes, la cual se realizó en combinación con la secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, aplicándose en el año 2004. En esta se marcan los límites y requisitos que las industrias están en posibilidad de generar sin propiciar un daño al ambiente (SEMARNAT, 2002).

2.3.3. Estado de México y municipios

a) Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México

En su artículo 139, establece que en los planes, programas y acciones que formulen y ejecuten los Ayuntamientos en las materias de su competencia, se sujetarán a las disposiciones legales

aplicables y serán congruentes con los planes y programas federales, estatales, regionales y metropolitanos, en materia de disposición de desechos sólidos (GEM, 1995).

Los municipios tienen a su cargo las funciones de gestión integral de residuos sólidos urbanos, incluyendo la expedición de regulaciones jurídicas aplicables, así como el otorgamiento de autorizaciones y concesiones para llevar a cabo la recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los mismos, el establecimiento del registro de grandes generadores y su participación tanto en el control, como en la aplicación de sanciones correspondientes (GEM, 1995).

b) Código para la Biodiversidad del Estado de México

Establece en su título cuarto como parte de las atribuciones de las autoridades estatales y municipales, la formulación de programas para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos, lo cual para este trabajo marca la competencia municipal para formular y aplicar programas (GEM, 2006).

c) Ley Orgánica Municipal del Estado de México

Ley publicada el 21 de agosto de 1993, ley que es de interés público y tiene por objeto regular las bases para la integración y organización del territorio, la población, el gobierno y la administración pública municipales. La ley en su artículo 96, párrafo V., hace mención a proponer medidas y criterios para la prevención y control de residuos y emisiones generadas por fuentes contaminantes (GEM, 1993).

Por otro lado, en el artículo 125, párrafo III., la ley describe que los municipios tendrán a su cargo la prestación, explotación, administración y conservación de los servicios públicos municipales, considerándose enunciativa y no limitativamente, en este tema de los RSU, especialmente: limpia, recolección, segregada, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos; así como tener una recolección segregada, con la finalidad de fomentar la economía circular y promover la valorización de los residuos sólidos urbanos, se observará la siguiente clasificación (GEM, 1993).

d) Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México

Este señala un flujograma de un sistema simple de manejo integral de residuos sólidos urbanos, en el cual se contemplan las diversas partes del sistema de gestión que son materia de este trabajo y su relación funcional (Gamboa, 2015).

Existen además diversas Normas Técnicas Ambientales (NTEA), que ha publicado el Gobierno del Estado de México, con el propósito de fomentar la preservación y protección del medio ambiente, las cuales rigen diversas actividades humanas, entre las cuales las siguientes se aplican a los servicios derivados de la generación de residuos sólidos urbanos (Gamboa, 2015).

e) Normas

La NTEA-010-SMA-RS-2008, publicada el 21 de mayo de 2009 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México, “Gaceta de Gobierno”; 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, para el Estado de México (Gamboa, 2015).

NTEA-013-SMA-RS-2011, publicada el 4 de abril de 2011, en el periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México; 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 (Gamboa, 2015).

Esta Norma Técnica Estatal es de observancia obligatoria para todos los generadores de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el territorio del Estado de México. Aplica para todos los generadores en las diversas fuentes de generación como son casa habitación, establecimientos comerciales y de servicio, tianguis y mercados sobre ruedas, instituciones de gobierno, escuelas, hospitales, centros penitenciarios, así como todo tipo de industria que generen residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el territorio del Estado de México (Gamboa, 2015).

Aunado a esto cabe explicar que la NTEA-013-SMA-RS-2011, se basa para su elaboración en la normatividad tanto federal como estatal incluyendo el Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México,

cuyos principales objetivos son instrumentar los principios de políticas en torno a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, proporcionando lineamientos que los municipios, las personas físicas y morales; las instituciones públicas y privadas deban cumplir (Gamboa, 2015).

La propia Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México en su artículo 61, fracción XLVIII, establece como facultad y obligación de la Legislatura del Estado, “legislar en materia de participación ciudadana”, lo cual obliga a los municipios a contemplar y establecer en su normativa dicha condición de los ciudadanos para participar en la Administración Pública (GEM, 1995).

2.4. Conclusión parcial

En este capítulo, del marco de referencia y marco normativo acerca de los residuos sólidos urbanos (RSU), en la primera parte se analizaron los casos de estudio a nivel internacional, y son de ciudades donde basura cero empieza a ser aplicado debido a las consecuencias de la ineficiente gestión de los RSU que se venía dando, por lo tanto, son ciudades donde se reporta avance significativo, y son pioneras en la reducción de RSU y el aprovechamiento de los residuos, llegando a la meta de tener cero residuos.

Uno de los principales casos de estudio, tiene que ver con la ciudad de Tshwane, en este caso en un país en desarrollo, Sudáfrica, lo que es relevante para esta investigación ya que se pretende mostrar si hay ciertas similitudes con los países latinoamericanos y comparar el cómo abordan el tema, así se puede obtener información que aporte y que se vincule con este trabajo, pero, sobre todo, analizar semejanzas con países que son desarrollados.

También el caso de estudio relevante que es para el actual trabajo, es el de Taiwán, un país asiático que aborda la problemática de los RSU y a tratado de solucionarlos con ciertas propuestas, entre ellas la meta de cero residuos. Se puede observar en este caso algunas similitudes de los casos de estudio internacionales, ya que como se mencionó antes intervienen variables sociales, culturales, y del Estado para poder tener una eficiencia en el enfoque de basura cero.

Después el siguiente caso de estudio, lo que se pretende representar es tal un caso fallido, logra ser retomado para analizar los aspectos que pudieran ocasionar malas acciones y no llegar a la meta o a tratar de reducir la generación de los RSU, por lo tanto, hay que tomar las variables y ver qué se puede hacer para reforzar y con ello alcanzar basura cero. También se debe considerar el tipo de sociedad, de cultura, y la comparación que hay con un país que está en desarrollo como el nuestro, así aprender de los errores.

Por otro lado, en los casos nacionales, se pueden observar en primer lugar, un caso de una comunidad en el Estado de México que de acuerdo con conflictos empresariales y de la sociedad local surge el crear este enfoque de basura cero además de que se obtienen beneficios para la sociedad, y el medio ambiente al reducir los RSU que llegan al relleno sanitario.

También se analizan los casos de Puebla, en el cual empresas vinculadas con la sociedad mejorar las condiciones de vida de las personas de la zona y con ello reducir RSU que son depositados a los rellenos sanitarios. En el último caso de estudio el de la Ciudad de México, una pequeña área donde se fabrica composta a través de los residuos orgánicos que son recolectados por los habitantes, además es considerable recalcar la participación de la sociedad. Un gobierno participativo e incluyente y la disposición de llevar a cabo las metas con una base jurídica sólida.

En la segunda parte del capítulo, se reportan el marco jurídico de los residuos sólidos urbanos. Este a su vez se dividió en dos apartados. En el primer apartado, se aborda el marco jurídico a nivel internacional y en el segundo apartado se reporta el marco jurídico a nivel nacional y local para apreciar la vinculación y las diversas formas de tener un marco legal que respalde la propuesta de basura cero.



CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA SOBRE EL
MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS A
TRAVÉS DEL ENFOQUE DE BASURA CERO

Capítulo 3. Metodología sobre el manejo de residuos sólidos urbanos a través del enfoque de basura cero

En este capítulo se reporta la metodología empleada en la actual investigación, bajo el enfoque de basura cero. Esta consiste en a) Caracterización del área de estudio, b) Análisis del manejo de los RSU a través de los planes de desarrollo, y c) Evaluación del manejo integral de RSU con las respectivas variables e indicadores. A continuación, se detalla cada apartado:

3.1 Caracterización del área de estudio

De acuerdo con SEMARNAT (2020), el Estado de México, la Ciudad de México y Jalisco generan el 28.5% de los residuos del país, lo que simboliza que son las entidades federativas que más generan, por lo tanto, la zona centro del país es la que más genera residuos (37,977 toneladas al día) según la misma SEMARNAT (2020), y el Estado de México es la entidad que ocupa el primer lugar en generación de RSU al día con 16,739 toneladas. Por eso surge la preocupación y la selección del área de estudio, ya que la ZMT pertenece al Estado de México, y forma parte de la Megalópolis de México en la zona centro del país, entonces la selección del área es de carácter de localización, por el tamaño de población, por logística, por cercanía y porque ya se reconoce que es una zona que genera gran cantidad de residuos sólidos urbanos (SEMARNAT, 2020).

Por lo tanto, el área de estudio para la presente investigación fue la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), zona que es delimitada en el 2015 por SEDATU, CONAPO y INEGI (2018), Como se muestra en el Mapa de Localización de la ZMT, en el que se delimitan los 16 municipios que la integran que son: Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Oztolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Tenango del Valle, Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec.

Figura 5. Localización de la Zona Metropolitana de Toluca



Fuente: Elaboración Propia, 2020

Estos municipios colindan al norte con los municipios de Ixtlahuaca, Jiquipilco, entre otros, al oriente con Naucalpan, Huixquilucan, Capulhuac, Tianguistenco y la Ciudad de México, entre otros, al sur con Tenancingo, Villa Guerrero, Coatepec Harinas, entre otros y al poniente con San Felipe del Progreso, Villa Victoria, Amanalco, entre otros.

Las características sociales principales de la ZMT se reportan en el cuadro 4. La primera característica es población total, el municipio con mayor población es Toluca y el de menor población es Chapultepec, de la segunda característica social, el municipio con mayor población alfabeta es de nuevo Toluca y el de menor población alfabeta sigue siendo Chapultepec. Por otro lado, la población económicamente es mayor en Toluca y el de menor valor corresponde a Chapultepec, y en el caso de las viviendas particulares habitadas el

municipio con mayor número de viviendas es Toluca, y el de menor viviendas es Mexicaltzingo.

Cuadro 4. Características sociales de los municipios de la ZMT

Municipio	Población total	Población alfabeta	Población económicamente activa	Viviendas particulares habitadas
Almoloya de Juárez	176,237	109,614	63,037	41,966
Calimaya	56,574	38,647	22,132	13,394
Chapultepec	11,764	8,115	4,707	3,068
Lerma	146,654	99,363	55,792	34,366
Metepec	227,827	172,217	98,186	59,571
Mexicaltzingo	12,796	8,884	5,420	2,878
Ocoyoacac	66,190	46,195	27,727	14,857
Otzolotepec	84,519	53,226	31,423	17,713
Rayón	13,261	8,980	4,877	3,077
San Antonio la Isla	27,230	18,299	11,339	7,082
San Mateo Atenco	75,511	52,442	32,073	17,775
Temoaya	103,834	61,878	33,183	22,211
Tenango del Valle	86,380	56,276	32,950	20,144
Toluca	873,536	615,844	360,282	218,639
Xonacatlán	51,646	35,213	20,352	11,405
Zinacantepec	188,927	125,584	72,465	44,258
Total	2,202,886	1,510,777	875,945	532,404

Fuente: Elaboración propia, 2020 con base en la Encuesta Intercensal INEGI 2015

En general, Toluca por ser el municipio central de la ZMT tiene los valores más altos de las características sociales descritas anteriormente debido a su alta relación con el número de población, mientras que Chapultepec junto con Mexicaltzingo son los municipios con menor población y por lo tanto contienen los valores bajos. Esto también se relaciona con el tamaño del espacio geográfico, que relativamente son municipios más pequeños comparándolos con el resto de los municipios de la ZMT como se muestra en la figura 5.

3.2 Diagnóstico del manejo de los RSU a través de los planes de desarrollo

Se realizó un análisis a partir de los Planes de Desarrollo Municipal (PDM) y de los Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU) de cada uno de los municipios que conforman la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT).

En el diagnóstico se obtuvieron datos de los Planes de Desarrollo Municipal (PDM) y de los Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU) de los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), y de la Encuesta Intercensal 2015 junto con el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales 2019, ambos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), para llevar a formular una base propia de la investigación que pueda ser utilidad para su posterior análisis y discusión acerca de los datos más recientes obtenidos en los municipios de la zona de estudio.

Primero se recabó información de los RSU en cada uno de los municipios del área de estudio en sus PDM y PMDU, en algunos casos no se encontraban los datos buscados en los PDM y se recurrió a ver los PMDU para obtener la información, en caso de que no se encontrara algún dato, se ponía como no reportado. Se obtuvieron datos que en un primer momento se pensó en hacer un análisis pertinente y seguido de la elaboración de gráficas, tablas y cartografía que ayudarían a la comprensión y discusión del diagnóstico, pero se elaboró el cuadro 8 (ver pág. 114) con algunos datos incompletos y sin frecuencia de años o que todos pertenecieran a algún año en concreto.

3.3. Diseño de la metodología para la evaluación del manejo integral de RSU

Para seleccionar las variables e indicadores a utilizar para la evaluación del manejo integral de los RSU se partió del enfoque de basura cero, la cual se ayuda de la economía circular y viceversa. La economía circular tiene como resultado tener cero residuos, en la figura 6, se representa el diagrama en el cual se observan las variables que comprende la economía circular.

Figura 6. Economía circular aplicado a los residuos sólidos urbano



Fuente: Elaboración propia con base en Ellen MacArthur Foundation, 2013

Por otro lado, el manejo de los residuos sólidos urbanos tiene variables distintas como se aprecia en la figura 7.

Figura 7. Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos



Fuente: Tomado de Gobierno Federal, 2003; SEMARNAT y GTZ, 2006

Por lo tanto, se retomaron para el caso de este trabajo, ambos procesos para integrar variables e indicadores que se reportan en el cuadro 5, el cual se elaboró a partir de la revisión de la literatura y es resultado del análisis de los planes de desarrollo e INEGI

Cuadro 5. Selección de las variables de acuerdo al manejo de los residuos sólidos urbanos desde el enfoque de Basura Cero.

Problema	Hipótesis	Pregunta de Investigación	Objetivo General	Teorías y Conceptos	Variables (Etapas del MIRSU)	Indicadores
El proceso de urbanización en la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) se acompaña de un aumento en el consumo de bienes y servicios, lo que generará una mayor cantidad de residuos, los cuales en su manejo no ha sido integral debido a que a solo cubre tres de las seis etapas del manejo integral de los RSU, señalando como primordial el cubrir la recolección, impactando en el medio ambiente con la contaminación de recursos naturales (suelo, aire y tierra), territorio y la sociedad impactando a la salud de la población.	La evaluación del manejo integral de los residuos sólidos urbanos es factible a través del enfoque de basura cero y de la economía circular en los municipios de la ZMT.	¿Cómo el enfoque de basura cero para los municipios de la ZMT incidirá en el manejo integral de los residuos sólidos urbanos y estos a su vez en un desarrollo urbano sustentable al reutilizar, reciclar, aprovechar y reducir su generación y disposición final?	Evaluar el manejo integral de los residuos sólidos urbanos a través de los principios de basura cero y economía circular para coadyuvar en el manejo de los residuos sólidos urbanos, de los municipios de la ZMT y con ello incidir en el desarrollo urbano sustentable.	- Sustentabilidad Urbana - Desarrollo y Metabolismo Urbano - Residuos Sólidos Urbanos - Economía circular y el enfoque de basura cero	- Generación - Prevención y disminución - Separación - Recolección - Transferencia - Disposición Final	-Generación de residuos sólidos urbanos del municipio -Generación de residuos sólidos urbanos per cápita municipal -Porcentaje de población que hace reciclaje de residuos orgánicos -Porcentaje de población en el municipio que recicla Aluminio, plásticos, PET - Porcentaje de población que separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final -Porcentaje de población que no separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final

						-Frecuencia de la recolección a la semana en el municipio -Cobertura de la recolección municipal -No. de unidades de recolección -No. de personas empleadas en la recolección -Centros o subcentros de transferencia o clasificación - Porcentaje de población municipal que deposita sus residuos en la unidad recolectora o en un contenedor -Porcentaje de población municipal que queman sus residuos -Porcentaje de población municipal que entierra sus residuos -Sitios de disposición final
--	--	--	--	--	--	---

Fuente: Elaboración propia, 2019

A continuación, en el cuadro 6, se presenta de manera detallada las variables, los indicadores y las fuentes de información que se utilizaron para la evaluación del manejo de los RSU.

Cuadro 6. Matriz metodológica para evaluar el manejo de los residuos sólidos urbanos en la Zona Metropolitana de Toluca

VARIABLES	INDICADORES	TIPO DE RELACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	FUENTE	AUTOR
-----------	-------------	------------------	------------------	--------	-------

Generación	Generación de residuos sólidos urbanos del municipal	(-)	ton/día	INEGI	Herri-baltzua Sociedad Pública del Eusko Jauriaritza Gobierno Vasco
	Generación de residuos sólidos urbanos per cápita municipal	(-)	kg/hab/día	INEGI / Planes Municipales de Desarrollo Urbano y Planes de Desarrollo Municipal	Elaboración propia con base en los Planes Municipales, SEMARNAT
Prevención y disminución	Porcentaje de población que hace reciclaje de residuos orgánicos	(+)	%	Elaboración propia / Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Estado de México / Ayuntamiento del Mun.	Herri-baltzua Sociedad Pública del Eusko Jauriaritza Gobierno Vasco
	Porcentaje de población en el municipio que recicla Aluminio, plásticos, PET.	(+)	%	Elaboración propia / Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Estado de México / Ayuntamiento del Mun.	Elaboración propia con base en los Planes, SEMARNAT
Separación	Porcentaje de población que separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final	(+)	%	INEGI / Elaboración propia	Elaboración propia con base en los Planes Municipales, SEMARNAT
	Porcentaje de población que no separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final	(-)	%	INEGI / Elaboración propia	Elaboración propia con base en los Planes Municipales, SEMARNAT
Recolección	Frecuencia de la recolección a la semana en el municipio	(+)	Número	Planes Municipales de Desarrollo Urbano y Planes de Desarrollo Municipal	Elaboración propia con base en los Planes, SEMARNAT
	Cobertura de la recolección municipal	(+)	%	Planes Municipales de Desarrollo Urbano y Planes de Desarrollo Municipal	Elaboración propia con base en los Planes, SEMARNAT
	No. de unidades de recolección	(+)	Número	Planes Municipales de Desarrollo Urbano y Planes de Desarrollo Municipal	Elaboración propia con base en los Planes, SEMARNAT

	No. de personas empleadas en la recolección	(+)	Número	Planes Municipales de Desarrollo Urbano y Planes de Desarrollo Municipal	Elaboración propia con base en los Planes, SEMARNAT
Transferencia	Centros o subcentros de transferencia o clasificación	(+)	(si, no, no reporta)	Planes Municipales de Desarrollo Urbano y Planes de Desarrollo Municipal	Elaboración propia con base en los Planes, SEMARNAT
Disposición Final	Porcentaje de población municipal que deposita sus residuos en la unidad recolectora o en un contenedor	(-)	%	INEGI / Elaboración Propia	Elaboración propia con base en los Planes, SEMARNAT
	Porcentaje de población municipal que queman sus residuos	(-)	%	INEGI / Elaboración Propia	Elaboración propia con base en los Planes, SEMARNAT
	Porcentaje de población municipal que entierra sus residuos	(-)	%	INEGI / Elaboración Propia	Elaboración propia con base en los Planes, SEMARNAT
	Sitios de disposición final	(-)	Lugar	INEGI / Elaboración Propia	Elaboración propia con base en los Planes, SEMARNAT

Fuente: Elaboración propia, con base en Herri-baltzua, 2019; MacArthur, 2013; SEMARNAT, 2006 y otros

El resultado del cuadro 6, es la representación de indicadores derivados de las variables que compone el manejo de los RSU y basura cero, cabe mencionar que, en un principio, los resultados arrojaron más indicadores, sobre todo de las variables de basura cero, pero tuvieron que depurarse algunas al no contar con datos oficiales, lo que dificulta la recolección de datos y su análisis.

Las variables e indicadores como se observa en el cuadro 6, son recabados de la literatura y del propio manejo de los RSU de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos, la relación de los indicadores (positivo y negativo) es la representación del dato de la manera en cómo afecta o beneficia a la sociedad y al medio ambiente. La unidad de medida es la forma en cómo se mide el dato para su recopilación, la fuente es donde se obtuvo el dato, y el autor, es la propuesta del origen del indicador o la variable como parte del manejo de los RSU.

Como se aprecia en el cuadro 6, las fuentes de información fueron de INEGI del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales 2019 y en la Encuesta Intercensal 2015, cada una de estas bases solo se seleccionaron los apartados que correspondían a los residuos sólidos, a continuación, se describen los pasos de la obtención de datos por parte de INEGI y que se llevaron a Excel y posteriormente a SPSS Statistics para la selección de información.

De la base de datos de la Encuesta Intercensal de INEGI 2015, solo se seleccionó el apartado de los RSU, el cual se obtuvo del título de vivienda para el Estado de México, (ver anexo 12 y 13) se abrió el archivo en formato Excel, y de igual manera, solo se seleccionaron las columnas de la parte de RSU y las filas correspondientes a los municipios de la ZMT, se trasladaron estos datos a un nuevo libro de Excel (ver anexo 14 y 15) y se trabajaron en el programa SPSS para posteriormente asignarle un valor y etiqueta, ya que en Excel solo muestra los valores numéricos sin ningún significado, lo cual, en SPSS se selecciona la hoja y las variables que se van a trabajar y se preparan los datos en la ventana de vista de variables, (ver anexo 16, 17 y 18) en este punto, se le agregarán etiquetas de valor a cada campo para saber a qué dato corresponden los valores numéricos que anteriormente veíamos en Excel (anexo 19).

Las etiquetas de valor se obtuvieron del cuestionario de la Encuesta Intercensal de INEGI 2015, de ahí su selección y traslado a la base de datos que se encuentra en SPSS para el llenado en cada campo al que corresponde, (anexo 20) una vez asignando cada valor a los campos de las variables, se prosigue a realizar tablas cruzadas para obtener los resultados de los valores de cada municipio de la ZMT, (anexo 21) así nos arroja del lado izquierdo (filas) el municipio y en la parte superior (columnas) las variables de interés, en este caso, como el destino de los residuos, separación de residuos orgánicos e inorgánicos y reciclaje.

En el caso del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales 2019 de la base que se encontraba en Excel, se actualizó la edición para poder trabajar, y se obtuvo la información a través de filtros que se le aplicaban a la columna en cada hoja de interés del Excel, hoja que correspondía a alguno de los indicadores, por lo que se buscó que fuera resultado por municipio, después se filtraban los datos solo para los municipios de la ZMT, de ahí se trasladaron a un nuevo libro de Excel donde al final, se elaboró el cuadro

Indicadores por municipio del manejo de los residuos sólidos urbanos de INEGI, PDM y PMDU con datos que concuerdan con el año, y que están en su mayoría completos.

Llegado a este punto de la construcción del cuadro de los indicadores por municipio del manejo de los RSU de INEGI, PDM y PMDU, se planteó analizar estos datos recabados por medio de tablas y gráficas, en un primer punto se elaboraron en Excel para una mejor descripción de los datos, después solo se retomaron las gráficas más importantes para representarlas en la investigación, como se muestran posteriormente al cuadro 11, seguido de un análisis de resultados por categoría, para ver cómo se encuentra el manejo de los RSU a nivel metropolitano.

Después se obtuvieron algunos datos generales, de la generación de RSU al día por tonelada y per cápita de las cuatro zonas metropolitanas más grandes poblacionalmente del país, para comparar a la ZMT y ver en que contexto esta junto con las otras cuatro, ya que el análisis es a nivel metropolitano y es necesario también hacer esa comparación a esa escala al menos para saber cómo compiten.

Por último, mencionar que se recabó la información pertinente y que aportó a esta investigación con el apoyo de una entrevista informal a la jefa de control de suelo en la Dirección General de Manejo Integral de Residuos de la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, de la asistencia a una jornada de trabajo por la ruta de una unidad recolectora junto con una entrevista informal a los operadores de dicha unidad y una entrevista informal al encargado del área de residuos del H. Ayuntamiento de Toluca.

3.4. Conclusión parcial

Este apartado puesto que ya se hizo mención la parte de la metodología sobre el manejo de los RSU, se retomaron los esquemas del manejo integral de los RSU y del esquema de basura cero y como se pudo observar, solo algunas variables se relacionan entre sí y los indicadores de igual manera.

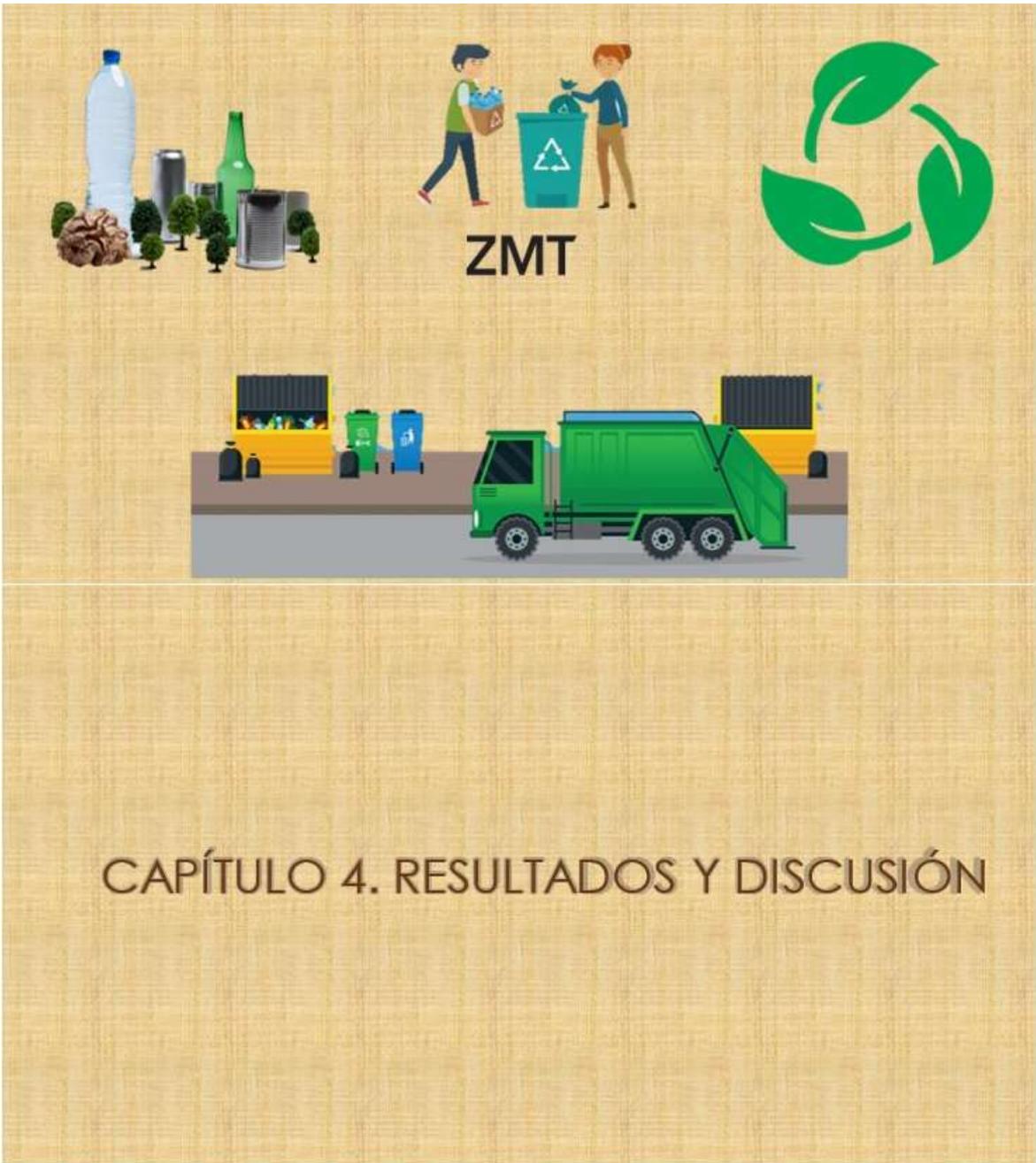
Se creó la caracterización del área de análisis, con el fin de representar la zona de estudio y sus características sociales principales, además se complementó la información con el

diagnóstico de la obtención de los planes municipales de desarrollo urbano y los planes de desarrollo municipal (PMDU y PDM), indicadores que se busca unir entre ambos esquemas.

A continuación de la caracterización, se presentaron los datos generales de este trabajo, partiendo primero por lo que es el problema en el municipio, en segundo lugar, se retomó la hipótesis de la tesis, pregunta de investigación, objetivos, teorías y conceptos, variables del manejo de lo RSU, y el aporte de los indicadores.

Dichas características que se ponen principalmente para corroborar la existencia de un vínculo, también de responder lo acordado en el capítulo, pero, sobre todo, demostrar que cada paso va relacionado y colaborando con el trabajo en cierto orden.

De igual manera para cerrar el apartado, se creó una matriz metodológica derivada de la caracterización de los datos generales, ésta matriz que contiene las variables e indicadores fungió como apoyo de la metodología para análisis y recabar la información necesaria del trabajo de investigación, además se mencionan los pasos de la recolección de información en las bases de datos en sitios consultados, el análisis, y el orden de la obtención de datos y softwares que se emplearon en el proceso.



Capítulo 4. Resultados y discusión

En este capítulo se presentan los resultados del diagnóstico de los RSU en la Zona Metropolitana de Toluca, lo cual se formuló y obtuvo de la metodología de la investigación, dicho método son los aspectos que se mencionaron en el capítulo anterior, y para complementar se describen las derivaciones, en el cual se busca el análisis de los datos obtenidos para hacer mención de en qué consiste, concluyendo con una evaluación en donde se analizarán la eficiencias y deficiencias del actual manejo de los RSU, para formular lineamientos generales y poder dar soluciones al planteamiento del problema.

4.1. Diagnóstico de los RSU en la ZMT según documentos municipales

Se recopilaron datos de los Planes de Desarrollo Municipal (PDM) y los Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU) de la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), se optaron estos instrumentos de consulta ya que el interés es analizar lo que reporta cada municipio en cuanto a sus residuos sólidos urbanos y durante la revisión de cada uno de ellos resultó que los PMDU fueron elaborados en diferentes fechas como muestra en el cuadro 7, mientras que los PDM en su mayoría están actualizados.

Cuadro 7. Planes de Desarrollo Municipal y Planes Municipales de Desarrollo Urbano de los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca con año de elaboración.

Municipio	Planes de Desarrollo Municipal (PDM)	Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU)
Almoloya de Juárez	2019-2021	2008
Calimaya	2019-2021	2003
Chapultepec	2019-2021	2004
Lerma	2019-2021	2010
Metepec	2019-2021	2018
Mexicaltzingo	2016-2018	2005
Ocoyoacac	2019-2021	2004
Otzolotepec	2019-2021	2015
Rayón	2013-2015	2011
San Antonio la Isla	2019-2021	2003
San Mateo Atenco	2019-2021	2011

Temoaya	2016-2018	2015
Tenango del Valle	2019-2021	2011
Toluca	2016-2018	2018
Xonacatlán	2016-2018	2004
Zinacantepec	2019-2021	2015

Fuente: Elaboración propia, 2020

Como se observa en el cuadro 7, no todos los municipios tienen actualizado su PDM y sus PMDU varían en años, estos planes se consultaron en la página web de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obra del Gobierno del Estado de México y al apreciar que había ciertos planes desactualizados se acudió a la Secretaría de Desarrollo Urbano: Oficina de Gobierno Local en Toluca de Lerdo, con el fin de pedir informes acerca de los planes de los municipios de la ZMT y con el fin de obtener los planes más actualizados pero comentaron que los planes que están publicados en la página de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obra del Gobierno del Estado de México son los más actuales.

Por eso entonces, para el trabajo de investigación, estos planes son los que aportaron al diagnóstico, el periodo que se contempla en el diagnóstico es del 2003 – 2019, años que pertenecen a la elaboración de los PDM y PMDU y de la consulta para generar la información donde se reporta el manejo de los RSU que corresponden al cuadro 8.

Cuadro 8. Indicadores por municipio del manejo de los residuos sólidos urbanos de sus Planes de Desarrollo Municipal y/o Planes Municipales de Desarrollo Urbano, del periodo 2003 – 2019

Municipio	Frecuencia de la recolección	Cobertura de la recolección	No. Vehículos recolectores	No. de trabajadores que participan en la recolección	Cantidad de Toneladas de RSU / día	Kg / hab / día	Sitios de disposición final	Centro de Transferencia
Almoloya de Juárez	3	50%	14	40	35 a 40 T	0.36	Tiradero a cielo abierto en ejido de tres barrancas	No disponible
Calimaya	7	100%	10	No disponible	14 T	0.70 – 0.80	Tiradero a cielo abierto	No disponible
Chapultepec	7	70%	3	No disponible	7 T	No disponible	Relleno sanitario en Chapultepec, San Antonio la Isla	Si cuenta

Lerma	1	100%	4	38	100 T	No disponible	Relleno sanitario Xonacatlán	No disponible
Metepec	3	85%	28	No disponible	230 T	0.85 – 1.5	Relleno sanitario de San Antonio la Isla	No disponible
Mexicaltzingo	No disponible	No dice	5	8	123 T	No disponible	Tiradero a cielo abierto de Mexicaltzingo y relleno sanitario de San Antonio la Isla	No disponible
Ocoyoacac	No disponible	100%	9	52	45 – 50 T	No disponible	Relleno sanitario Xonacatlán	No disponible
Otzolotepec	6	80% – 90%	4	No disponible	40 T	No disponible	Relleno sanitario Xonacatlán	No disponible
Rayón	No disponible	100%	2	No disponible	2.2 T	No disponible	San Antonio la Isla	No disponible
San Antonio la Isla	7	No disponible	5	No disponible	12 T	0.44	Relleno sanitario de San Antonio la Isla	No disponible
San Mateo Atenco	7	100%	16	No disponible	70 T	No disponible	Relleno sanitario Xonacatlán	Menciona de su construcción
Temoaya	No disponible	No disponible	7	No disponible	71 T	No disponible	Tiradero a cielo abierto Temoaya y relleno sanitario Xonacatlán	2 centros de acopio particulares para PET y 20 depósitos de fierro.
Tenango del Valle	No disponible	80%	5	26	80 T	No disponible	Tiradero a cielo abierto Tenango del Valle	No disponible
Toluca	No disponible	90%	134	No disponible	901.5 T	No disponible	Relleno sanitario de San Antonio la Isla, Zinacantepec y Xonacatlán	18 subcentros
Xonacatlán	6	100%	7	16	22.20 T	No disponible	Relleno sanitario Xonacatlán	No disponible
Zinacantepec	7	No disponible	9	No disponible	110 T	0.39	Relleno sanitario Zinacantepec	El proceso de recuperación independientes

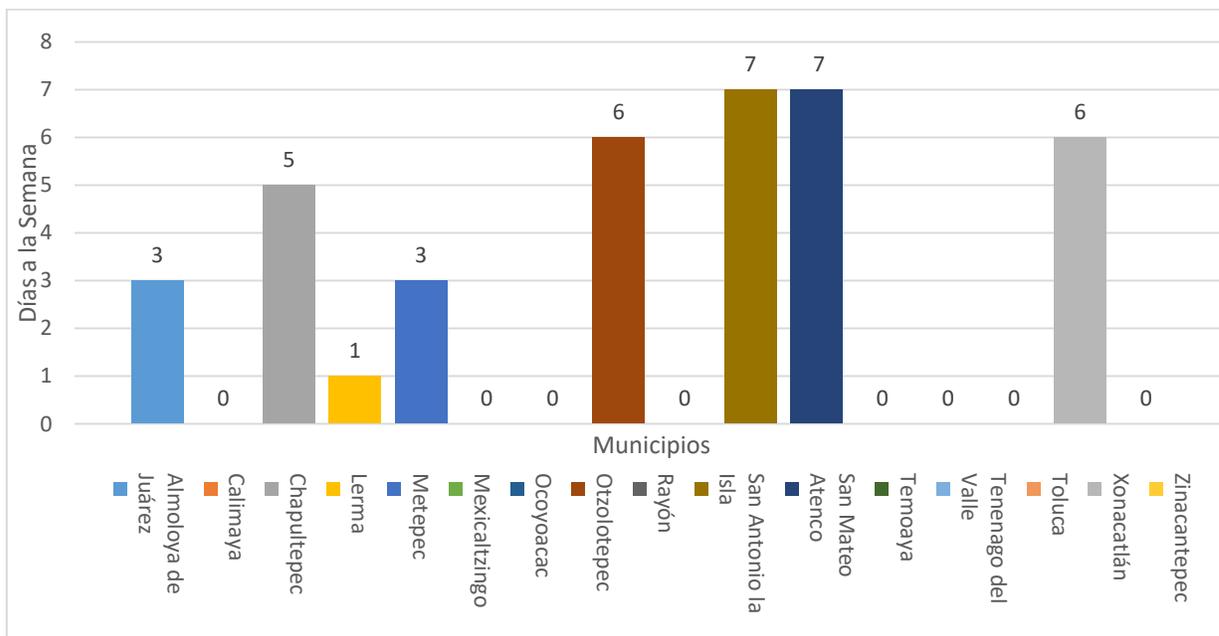
Fuente: Elaboración propia, 2019 con base en los PDM y PMDU

A continuación, se hace una descripción de cada uno de los indicadores del cuadro 8 para poder observar los resultados de cada uno de los municipios que integran de la ZMT

a) *Frecuencia de la recolección*

De la revisión de los 16 planes municipales de la ZMT, sobre la frecuencia de la recolección de RSU, se registran tres condiciones: el 50% de municipios (8) no reportan esta frecuencia, el 31.3% reportan entre cinco y siete veces (5 municipios) a la semana la frecuencia y el 18.7% de los municipios (3) de uno a cuatro veces por semana (figura 8).

Figura 8. Frecuencia semanal de recolección de RSU de la ZMT

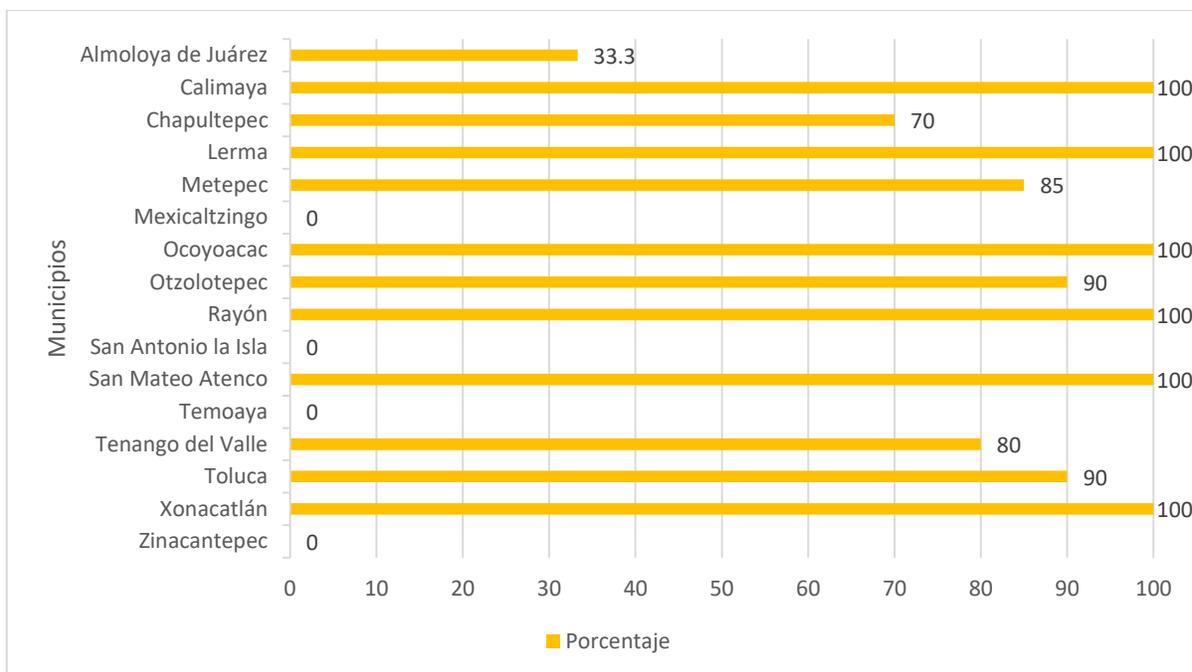


Fuente: Elaboración propia, 2020

b) *Cobertura de la recolección de los RSU en la ZMT*

De los 16 planes municipales de la ZMT, el municipio de Almoloya de Juárez presenta un 33.3% en su cobertura de la recolección de los RSU en todo el municipio, mientras que los municipios de: Chapultepec, Metepec, Otlolotepec, Tenango del Valle y Toluca su cobertura varía entre el 70% a 90%; y los municipios que presentan una recolección del 100%, son: Calimaya, Lerma, Ocoyoacac, Rayón, San Mateo Atenco y Xonacatlán (figura 9).

Figura 9. Cobertura de recolección de RSU

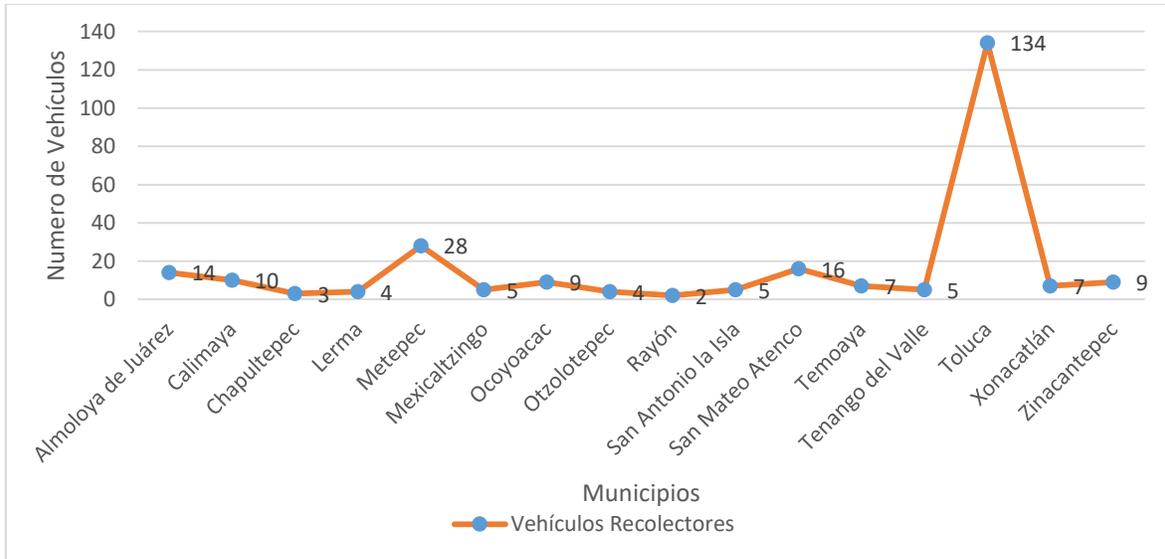


Fuente: Elaboración propia, 2020

c) Vehículos recolectores

Con respecto a los números de vehículos recolectores de los RSU, se tienen tres condiciones: la primera con un rango de 1 a 15 unidades son los municipios de Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, Temoaya, Tenango del Valle, Xonacatlán y Zinacantepec, el segundo con un rango de 15 a 30 unidades los municipios de Metepec y San Mateo Atenco, y el tercero con 134 unidades es el municipio de Toluca (figura 10).

Figura 10. Número de vehículos recolectores por municipio

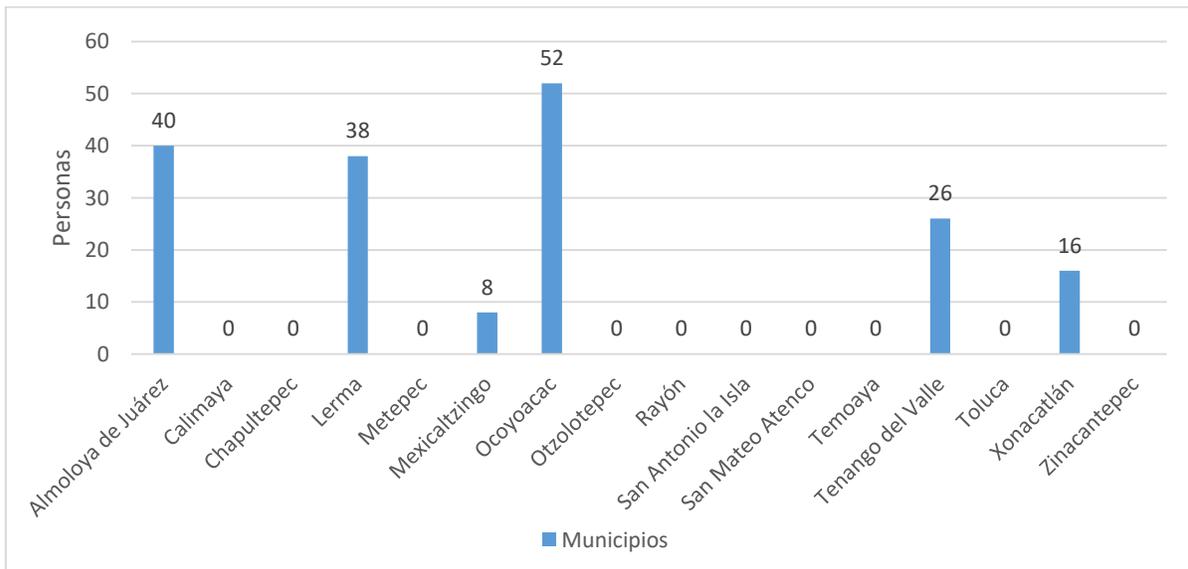


Fuente: Elaboración propia, 2020

d) Trabajadores que participan en la recolección de RSU

Solo seis municipios reportan el número de trabajadores de la recolección de RSU como se reporta en la figura 11. Ocoyoacac es el municipio con más trabajadores según el plan con 52, después el segundo municipio es el de Almoloya de Juárez al contar con 40 trabajadores, el tercer municipio es el de Lerma al tener 38 trabajadores, Tenango del Valle reporta el cuarto lugar con 26 trabajadores, mientras que Xonacatlán ocupa el quinto lugar con 26 trabajadores, y por último el sexto lugar lo ocupa Mexicaltzingo con 8 trabajadores.

Figura 11. Capital humano que se dedican a la recolección de residuos.

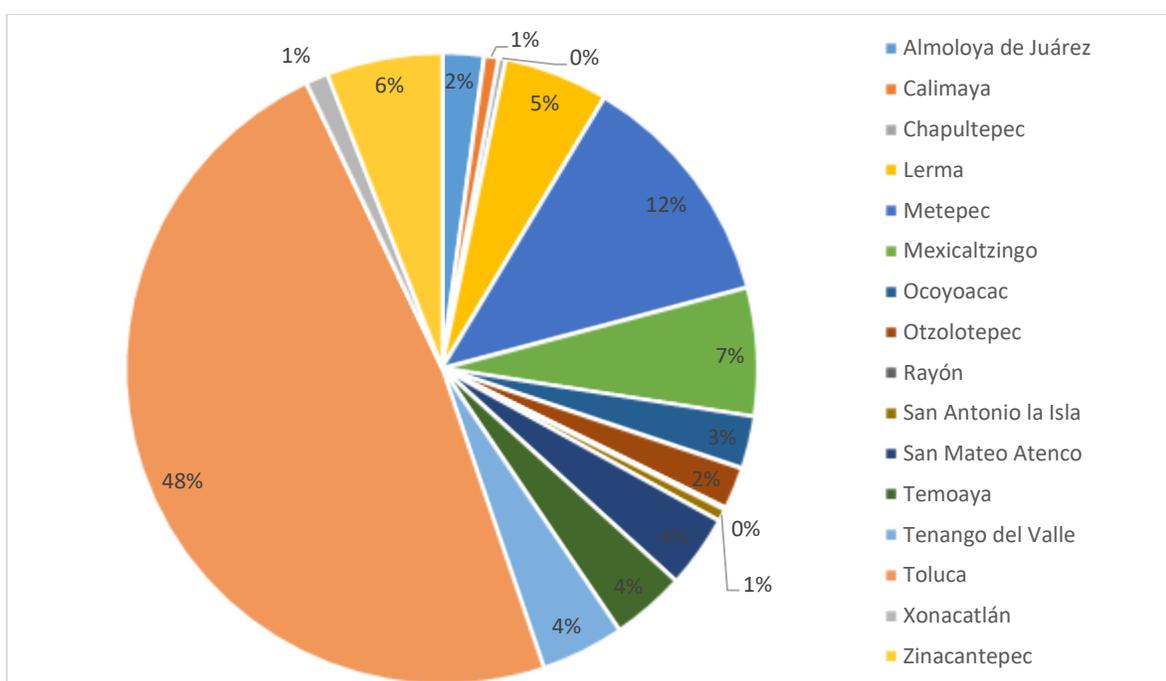


Fuente: Elaboración propia, 2020

e) Producción diaria de RSU

Para el caso de la generación, contemplando los 16 municipios y su generación total, el municipio de Toluca es el que genera el 48% de todos los RSU en la ZMT, Metepec genera el 12%, seguido de Mexicaltzingo que genera el 11%, Zinacantepec genera el 6% y Lerma un 5% de RSU, mientras que 11 municipios restantes generan entre el 4% y el 1%, como se ve en la figura 12.

Figura 12. Generación diaria de RSU en la ZMT (ton)

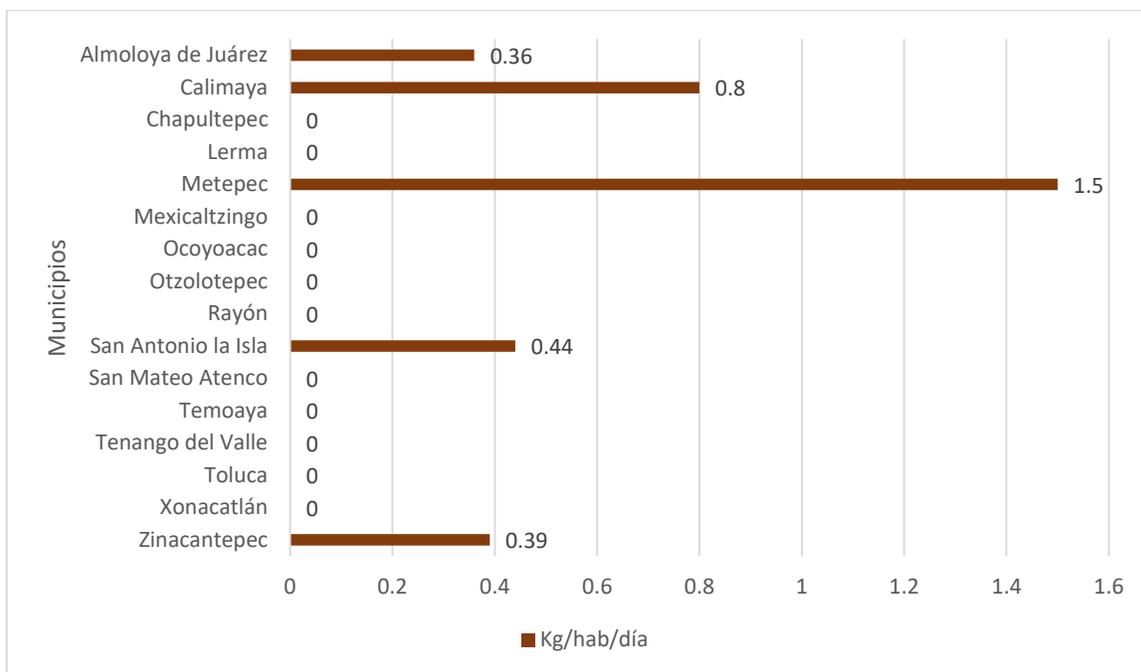


Fuente: Elaboración propia, 2020

f) Generación de RSU por habitante al día en la ZMT

En los municipios que se reporta la generación está en kg/hab/día, los municipios de Calimaya y Metepec generan de 0.8 kg a 1.5 kg por persona al día de RSU, mientras que los municipios de Almoloya de Juárez, San Antonio la Isla y Zinacantepec su generación por persona al día varía entre los 0.36 kg a 0.44 kg (figura 13).

Figura 13. Generación de RSU por habitante al día



Fuente: Elaboración propia, 2020

g) Sitios de disposición final

Los municipios de la ZMT que cuentan con sitios de disposición final son: Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec (también deposita sus RSU en San Antonio la Isla), Mexicaltzingo, Rayón, San Antonio la Isla (aunque no lo mencione el Plan Municipal, otros municipios depositan sus residuos en el relleno del municipio), Xonacatlán y Zinacantepec, los municipios que no cuentan con sitio propio de disposición final son los municipios de Lerma, Ocoyoacac y Otzolotepec depositan en Xonacatlán. San Mateo Atenco deposita en Zinacantepec, Temoaya lo hace en Xonacatlán, Toluca almacena en los rellenos sanitarios de San Antonio la Isla, Xonacatlán y Zinacantepec y Tenango del Valle no reporta en su plan donde deposita sus RSU (cuadro 9).

Cuadro 9. Sitios de disposición final

Municipio	Disposición final
Almoloya de Juárez	Propio
Calimaya	Propio
Chapultepec	Propio y San Antonio la Isla
Lerma	Xonacatlán
Metepec	San Antonio la Isla
Mexicaltzingo	Propio
Ocoyoacac	Xonacatlán

Otzolotepec	Xonacatlán
Rayón	Propio
San Antonio la Isla	Propio
San Mateo Atenco	Zinacantepec
Temoaya	Xonacatlán
Tenango del Valle	No disponible
Toluca	San Antonio la Isla, Zinacantepec y Xonacatlán
Xonacatlán	Propio
Zinacantepec	Propio

Fuente: Elaboración propia, 2020

h) Centros de transferencia en ZMT

De acuerdo con los planes de los municipios de la ZMT los municipios que cuentan con centros de transferencia son: Chapultepec, San Mateo Atenco (está en construcción) y Toluca, los municipios que reportan centros de acopio y de recuperación de material de privados son: Temoaya, Zinacantepec, los 11 municipios restantes del área de estudio no señalan si cuentan con centros de transferencia (cuadro 10).

Cuadro 10. Centros de Transferencia en los municipios de la ZMT

Municipio	Centros de Transferencia
Almoloya de Juárez	No disponible
Calimaya	No disponible
Chapultepec	SI
Lerma	No disponible
Metepec	No disponible
Mexicaltzingo	No disponible
Ocoyoacac	No disponible
Otzolotepec	No disponible
Rayón	No disponible
San Antonio la Isla	No disponible
San Mateo Atenco	SI
Temoaya	SI pero privados
Tenango del Valle	No disponible
Toluca	SI
Xonacatlán	No disponible
Zinacantepec	SI pero privados

Fuente: Elaboración propia, 2020

Como se puede observar una debilidad de los datos recabados es la falta en algunos casos de datos de los municipios, otra debilidad que hay es que algunos municipios tienen datos de distinto año, esto ya que algunos datos no estaban en el PDM del municipio y se tuvo que revisar su PMDU que probablemente correspondía a otro año.

Es por ello que, al tener ciertas debilidades en esta etapa del diagnóstico, se reforzó a través de la obtención de información en bases de datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), y por lo tanto se generó una base de datos más general que complementó con los indicadores de la matriz metodológica y apoyó a la construcción del diagnóstico.

4.2. Resultado de las variables e indicadores de la metodología del manejo integral de los RSU

Si bien el cuadro 8 está representa la base de datos de los Planes de Desarrollo Municipal (PDM) y los Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU) hay datos que no se reportan. Por lo que se optó por generar una base de datos más general con variables e indicadores propios del manejo de los RSU (cuadro 6) y obtener los datos de los mismos PDM y PMDU junto con el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales 2019 que elabora INEGI.

La finalidad de este apartado, es hacer un análisis y discusión de los resultados obtenidos en el apartado de diagnóstico y recabar información de la base de datos recopilada del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales 2019 y en la Encuesta Intercensal 2015, para completar el cuadro 11, dicho cuadro es la matriz metodológica que servirá para hacer la evaluación del manejo de los RSU en la ZMT.

Por lo tanto, el cuadro 11 lo que busca es reforzar la parte de la información recabada en los PDM y PMDU del cuadro 8 y complementar entonces lo que reportan los municipios y lo que reporta INEGI, posteriormente se describe cada variable e indicador de la matriz metodológica.

Cuadro 11. Indicadores por municipio del manejo de los residuos sólidos urbanos de INEGI, PDM y PMDU

Etapas	Generación		Prevención y disminución		Separación		Recolección				Transferencia	Disposición Final			
	Municipio	Generación de Residuos Sólidos Urbanos del municipio ton/día	Generación de Residuos Sólidos Urbanos per cápita municipal kg / hab / día	Porcentaje de población que hace reciclaje de residuos orgánicos%	Porcentaje de población en el municipio que recicla Aluminio, plásticos, PET, %	Porcentaje de población que separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final %	Porcentaje de población que no separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final %	Frecuencia de recolección a la semana en el municipio	Cobertura de recolección municipal %	No. de unidades de recolección		No. de personas empleadas en la recolección	Centros o subcentros de transferencia o clasificación (si, no, no reporta)	Porcentaje de población municipal que deposita sus residuos en la unidad recolectora o en un contenedor %	Porcentaje de población municipal que quedan sus residuos %
Almoloya de Juárez	32.0	0.81	64.9	66.6	58.3	40.9	3	70	9	85	.	56.6	40.9	1.3	Zinacantepec
Calimaya	48.0	0.80	50.3	62.2	50.3	49.3	7	90	4	29	.	95.9	2.2	0.0	Calimaya
Chapultepec	1.6	1.20	40.6	56.2	52.0	47.7	7	95	2	5	Si cuenta	97.2	1.9	0.0	Chapultepec, San Antonio la Isla
Lerma	76.0	0.68	64.7	73.1	66.2	33.3	1	95	15	62	.	91.3	7.6	0.1	Xonacatlán
Metepc	154.0	1.50	35.9	56.3	58.1	41.6	3	98	23	121	.	94.0	2.7	0.0	San Antonio la Isla
Mexicaltzingo	6.0	1.05	54.4	65.4	58.4	41.5	.	100	4	7	.	98.1	1.0	0.0	San Antonio la Isla, Mexicaltzingo
Ocoyoacac	55.0	0.41	65.1	69.5	62.7	37.1	.	90	8	53	.	94.3	4.7	0.3	Xonacatlán
Otzolotepec	33.0	0.47	71.2	81.1	68.1	30.8	6	90	7	45	.	85.4	12.6	0.4	Xonacatlán
Rayón	13.0	0.17	57.7	72.7	46.4	53.5	.	100	2	10	.	98.8	0.8	0.0	San Antonio la Isla
San Antonio la Isla	19.0	0.44	41.3	61.9	49.5	50.4	7	100	4	16	.	99.1	0.6	0.0	San Antonio la Isla
San Mateo Atenco	60.0	0.92	55.5	70.9	63.1	36.7	7	90	16	50	En construcción	97.5	1.8	0.0	Xonacatlán
Temoaya	23.0	0.10	60.8	69.4	64.7	34.8	.	.	10	41	2 de PET y 20 de Fierro	80.5	17.2	0.6	Temoaya, Xonacatlán
Tenango del Valle	91.0	0.92	60.8	73.3	52.5	47.2	.	90	11	50	.	92.2	4.0	0.2	Tenango del Valle
Toluca	650.0	1.00	49.5	64.6	56.1	43.7	.	96	164	429	18 subcentros	93.6	5.7	0.2	San Antonio la Isla; Zinacantepec; Xonacatlán
Xonacatlán	23.0	0.42	62.5	70.1	61.6	37.7	6	100	7	18	.	91.4	7.2	0.3	Xonacatlán
Zinacantepec	90.0	0.39	57.2	65.1	58.3	41.6	7	90	19	57	60 segregadores indep.	86.6	9.3	0.3	Zinacantepec

Fuente: Elaboración propia, 2020 con base en INEGI, PDM y PMDU

A continuación, se describen cada una de las etapas del manejo integral de RSU de la ZMT

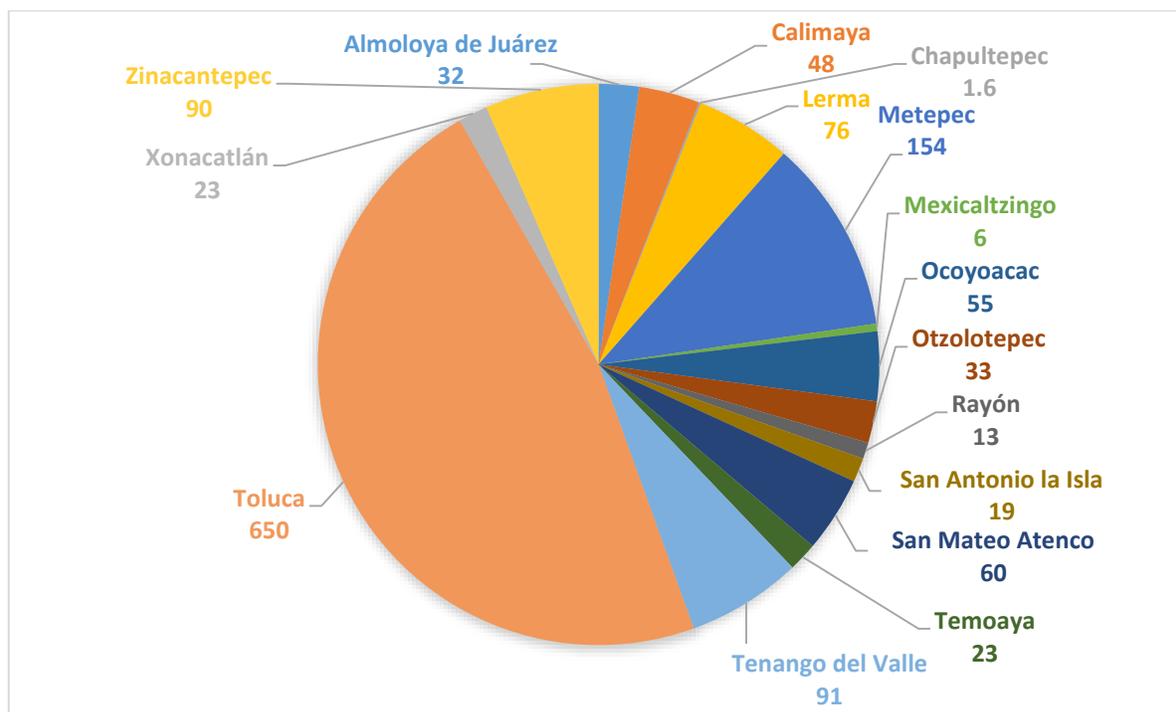
4.2.1. Etapa de generación

En la etapa de generación, los indicadores seleccionados para el caso de esta investigación son: a) generación de residuos sólidos urbanos por municipio (ton/día) y b) generación per cápita de residuos sólidos urbanos (kg/hab/día), por lo que a continuación se describen los resultados.

a) Generación de Residuos Sólidos Urbanos por municipio (ton/día)

En la figura 14, se presenta la cantidad de toneladas al día (ton/día) de la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) por municipio del año 2019.

Figura 14. Generación de RSU por toneladas al día en la ZMT, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2020

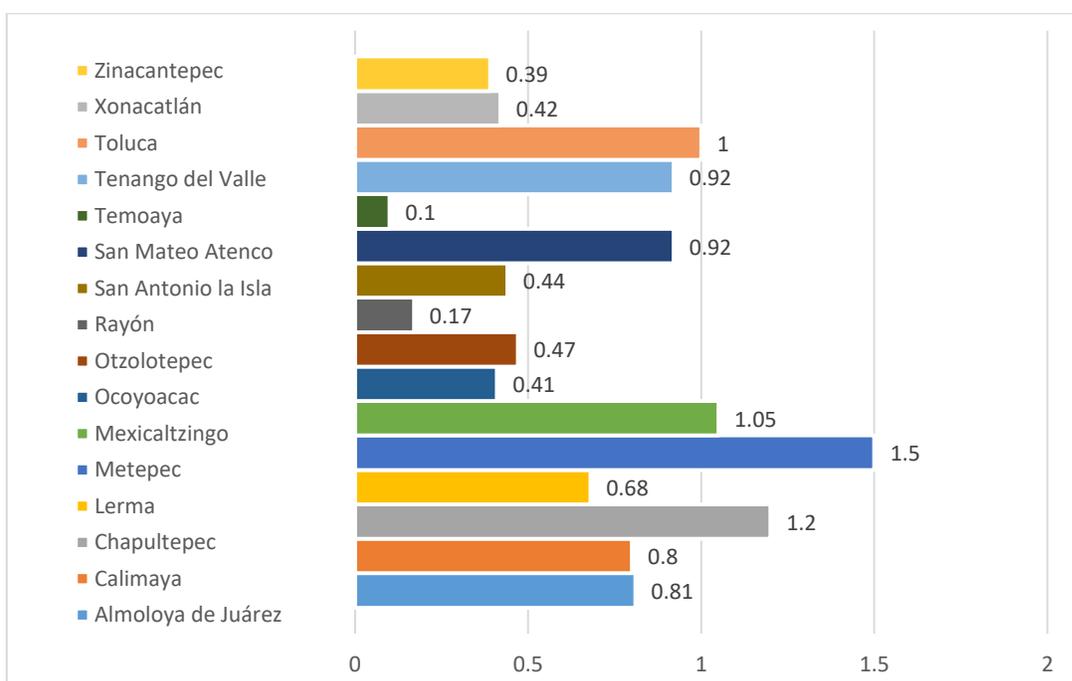
Los volúmenes de generación de residuos sólidos urbanos entre los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca es diversa, según información del INEGI 2018, se identifican cuatro

grupos: el municipio de Toluca es el de mayor generación diaria (650 t t/día), el segundo grupo, muy por debajo, formado por Metepec (154 t/día), Tenango del Valle (91 t/día), Zinacantepec (90 t/día) y Lerma (76 T/día), en el tercer lugar, el grupo formado por los municipios de San Mateo Atenco (60 T/día), Ocoyoacac (55 T/día), Calimaya (48 t/día), Oztolotepec (33 T/día), Almoloya de Juárez (32 T/día), Temoaya y Xonacatlán (ambos con 23 T/día) y en cuarto lugar, comparativamente con bajos volúmenes los de San Antonio la Isla (19 t/día), Rayón (13 T/día), Mexicaltzingo (6 t/día) y Chapultepec (1.6 t/día). (Figura 14).

b) Generación per cápita de residuos sólidos urbanos (kg/hab/día)

En cuanto al indicador de Generación per cápita de RSU al día en los municipios, en el grupo de los de mayor generación son: Metepec, seguido de Chapultepec y Mexicaltzingo, en otro grupo de los de mediana generación son los municipios de: Toluca, Tenango del Valle y San Mateo Atenco, en otro grupo de baja generación, los municipios son: Almoloya de Juárez, Calimaya y Lerma, por último en el grupo de muy baja generación de RSU al día se encuentran los municipios de: Oztolotepec, San Antonio la Isla, Xonacatlán, Ocoyoacac, Zinacantepec, Rayón y Temoaya (figura 15).

Figura 15. Generación per cápita de RSU, kg al día en la ZMT, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2020

De la etapa de la generación por municipio al día, sin lugar a dudas los municipios con más generación de residuos son los urbanos y los adyacentes al de Toluca, lo que lleva a concluir que está relacionada entre otras características al número de población del municipio. Comparando la población total con el de generación de residuos per cápita al día, sobresale Metepec ya que es el de mayor producción con 1.5 kg/hab/día, seguido de Toluca con 1.0 kg., Zinacantepec genera 90 toneladas al día, pero la cifra per cápita es del 0.39 kg al día.

Por lo tanto, se puede afirmar que 3 de los 16 de los municipios de la ZMT que más generan residuos al día son los que coinciden con valores altos en su generación per cápita al día, hay otros municipios que generan menos toneladas al día, y cuentan con menor población, pero no colindan con el municipio de Toluca. Entonces, no existe una correlación entre el volumen de generación y la generación per cápita.

Por último, el indicador que más refleja la problemática es el de generación de residuos sólidos urbanos por municipio (ton/día).

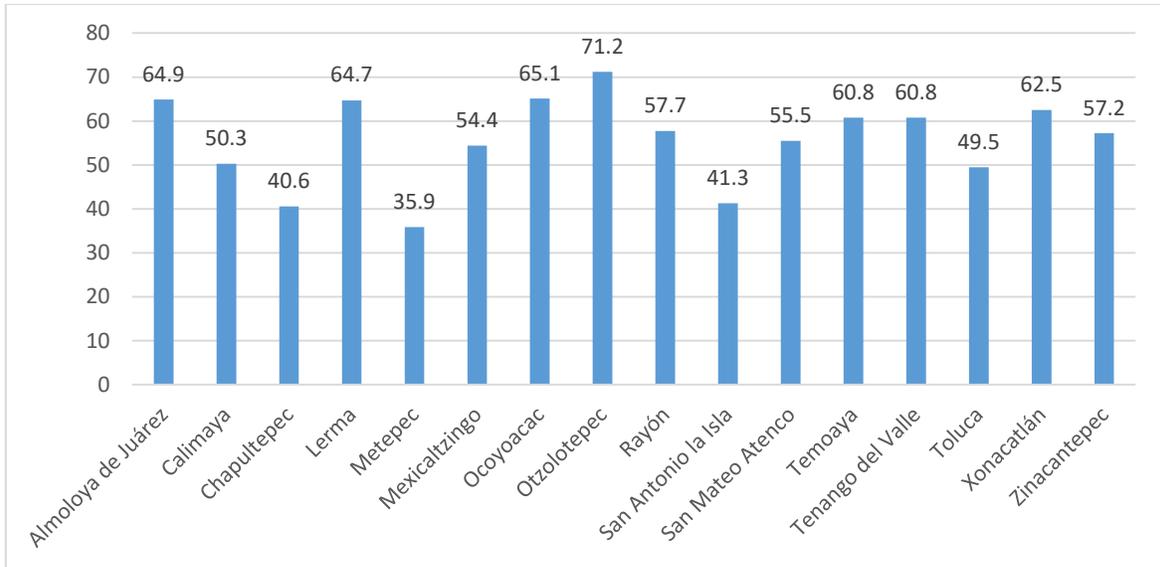
4.2.2. Etapa de prevención y disminución

Para esta etapa son: c) población que hace reciclaje de residuos orgánicos y d) población que recicla aluminio, plásticos y PET (cuadro 11).

c) Población que hace reciclaje de residuos orgánicos

El municipio que más recicla los residuos orgánicos, en primer lugar, está el municipio de Oztolotepec con un 71.2%, seguido de los municipios de Ocoyoacac, Almoloya de Juárez, Lerma, Xonacatlán, Temoaya y Tenango del Valle que está entre el 60.8% y 65.1%, después están los municipios de Rayón, San Mateo Atenco, Mexicaltzingo, Calimaya y Toluca cuyos porcentajes están en el rango del 49.5% al 57.7%, por último, los municipios restantes de San Antonio la Isla, Chapultepec y Metepec sus porcentajes están entre el 35.9% y 41.3% (figura 16).

Figura 16. Porcentaje de población que hace reciclaje de residuos orgánicos, 2019

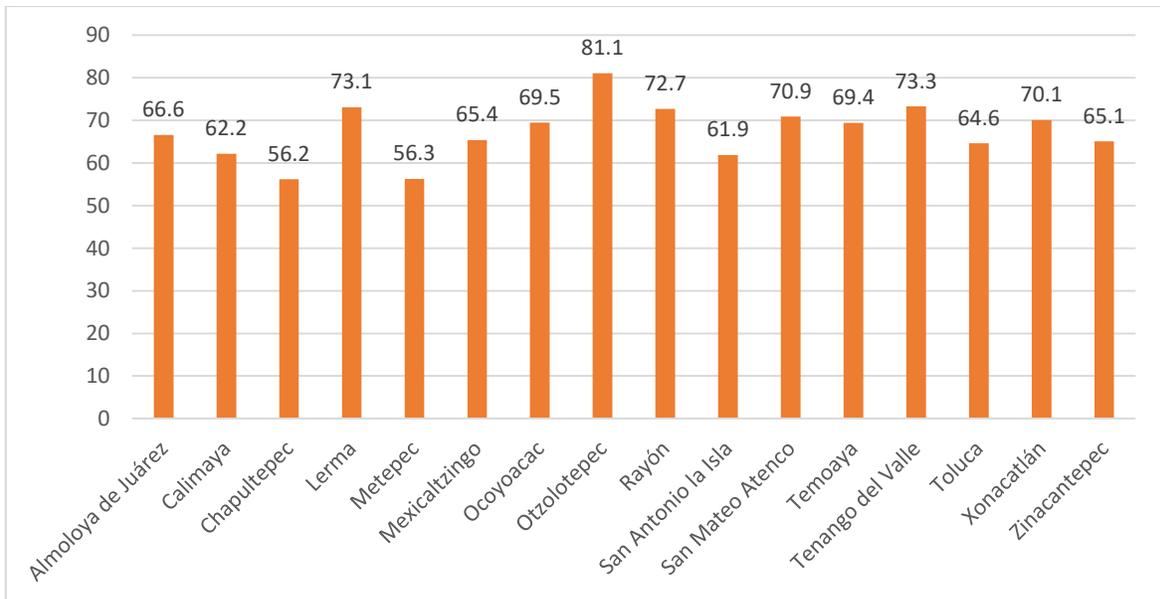


Fuente: Elaboración propia, 2020

d) Población que recicla aluminio, plásticos y PET

En la figura 17, se muestra que el municipio que más recicla PET es Oztolotepec con un 81.1%, seguido del municipio de Tenango del Valle con 73.3%, Lerma con 73.1%, Rayón con un 72.7%, San Mateo Atenco con 70.9%, los 11 municipios restantes están por debajo del 70.1%.

Figura 17. Porcentaje de población en el municipio que recicla aluminio, plásticos y PET, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2020

En esta etapa de prevención y disminución, se puede hacer la comparación del caso del reciclaje de residuos orgánicos y el reciclaje de aluminio, plástico y PET, ambos indicadores presentan datos que son semejantes y que se mantienen por ser los más altos en algunos casos, comparando estos indicadores con el indicador de generación, los municipios que más generan RSU no precisamente son los que más reciclan, sino que se puede apreciar en la figura 18 que los que más reciclan son los municipios de menor población, lo que se entiende lógicamente en el caso del indicador de porcentaje de población que recicla residuos orgánicos, que se cargan los valores más altos hacia municipios rurales, también se observa que en algunos de estos municipios salen con valores altos en el indicador de porcentaje de población que recicla aluminio, plásticos y PET, por lo que sigue la tendencia de que los municipios con menor población reciclan más, estos municipios no hacen mención en tener centros o subcentros de transferencia o clasificación de RSU, pero es posible que se tengan en estos municipios con valores altos, subcentros o puntos de venta como tipo de iniciativa para que la población recicle.

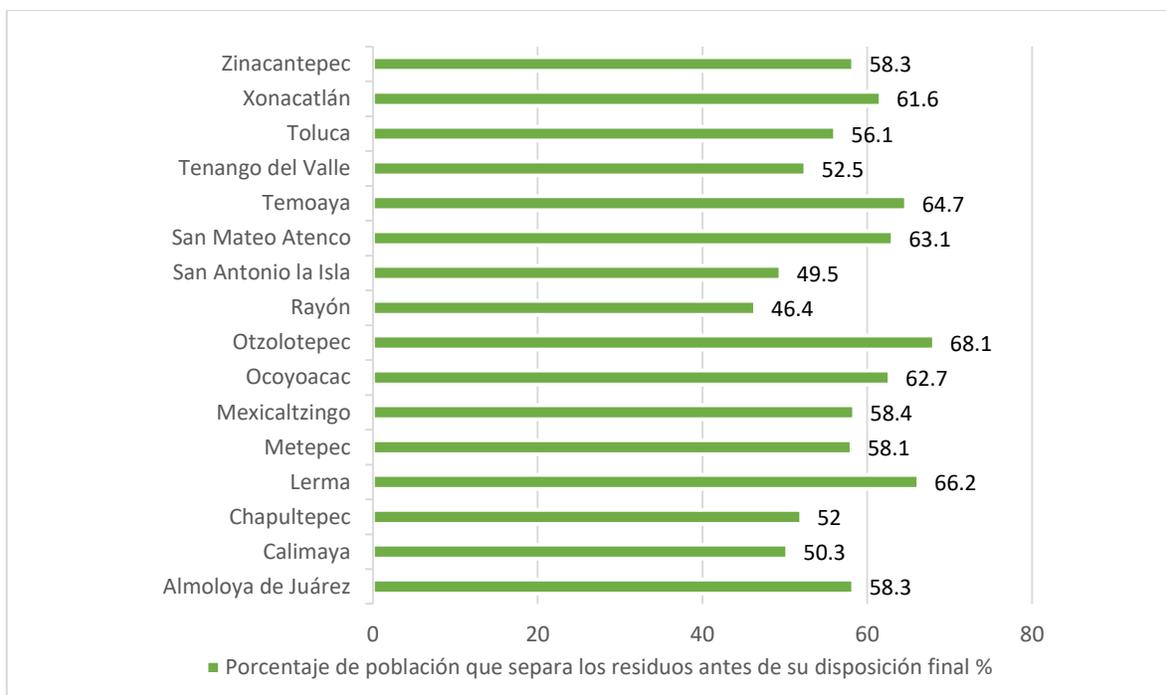
4.2.3. Etapa de separación

Los indicadores que se abordaron son e) población que separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final y el f) población que no separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final, por lo que a continuación se describen los resultados.

e) Población que separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final

El porcentaje de población que separa los RSU en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final, el municipio que resalta es Oztolotepec con el 68.1% de su población, seguido de Lerma con un 66.2% de población, Temoaya con 64.7% de población, después San Mateo Atenco con 63.1%, Ocoyoacac con un 62.7% y Xonacatlán con un 61.6% de población, los demás municipios están por debajo del 59% de población que separa los RSU, ver figura 18.

Figura 18. Porcentaje de población que separa los residuos antes de su disposición final, 2019

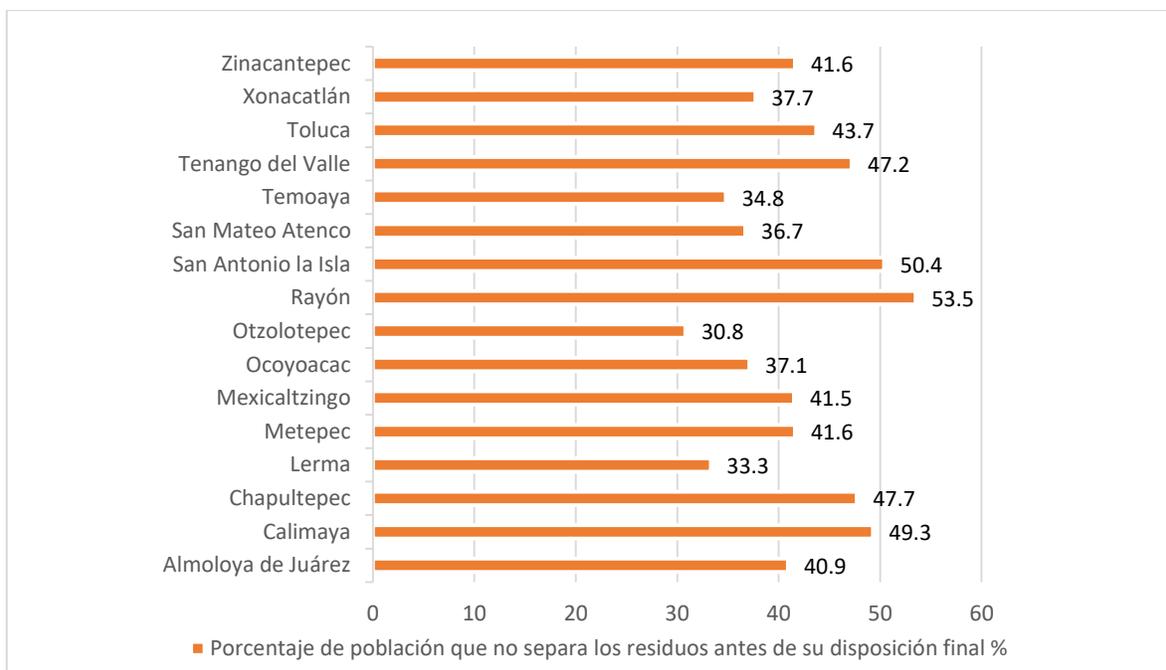


Fuente: Elaboración propia, 2020

f) Población que no separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final

El porcentaje de población que no separa los RSU antes de su disposición final, por municipio es Rayón que ocupa el primer lugar con un 53.5% de población, lo que representa más de la mitad de la población del municipio, en segundo lugar lo ocupa el municipio de San Antonio la Isla con un 50.5% de población, y el tercer lugar está Calimaya con un 49.3%, posteriormente los 13 municipios restantes de la ZMT están entre el 30 % y 47% de población que no separa los RSU, como se muestra en la figura 19.

Figura 19. Porcentaje de población que no separa los residuos antes de su disposición final, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2020

En la etapa de separación, el porcentaje de población que separa los RSU antes de su disposición final, son los municipios de Otzolotepec, Lerma, San Mateo Atenco, que comparando con la población total de esos municipios, son bajas a comparación de Toluca o municipios con alto número de población, y Otzolotepec es un municipio que no colinda directamente con Toluca, por otro lado, del lado negativo, los municipios que no separan los RSU antes de su disposición con valores altos son los municipios de Rayón, San Antonio la Isla y Calimaya, municipios que podría decirse son pequeños en cuanto a número de población, son urbanos y además comparten un relleno sanitario que se encuentra en San Antonio la Isla, lo que lleva a pensar en un principio que se está viendo una mejor separación de RSU en municipios pequeños que no colindan de manera directa con el municipio central de la ZMT caso del municipio de Otzolotepec, que municipios que colindan con Toluca y aparte comparten relleno sanitario no hacen separación de residuos, también cabe recalcar que si se suman ambas cifras de los porcentajes de los que reciclan y los que no reciclan, no da el 100% ya en las bases de datos también está el indicador de los que no contestaron esta información.

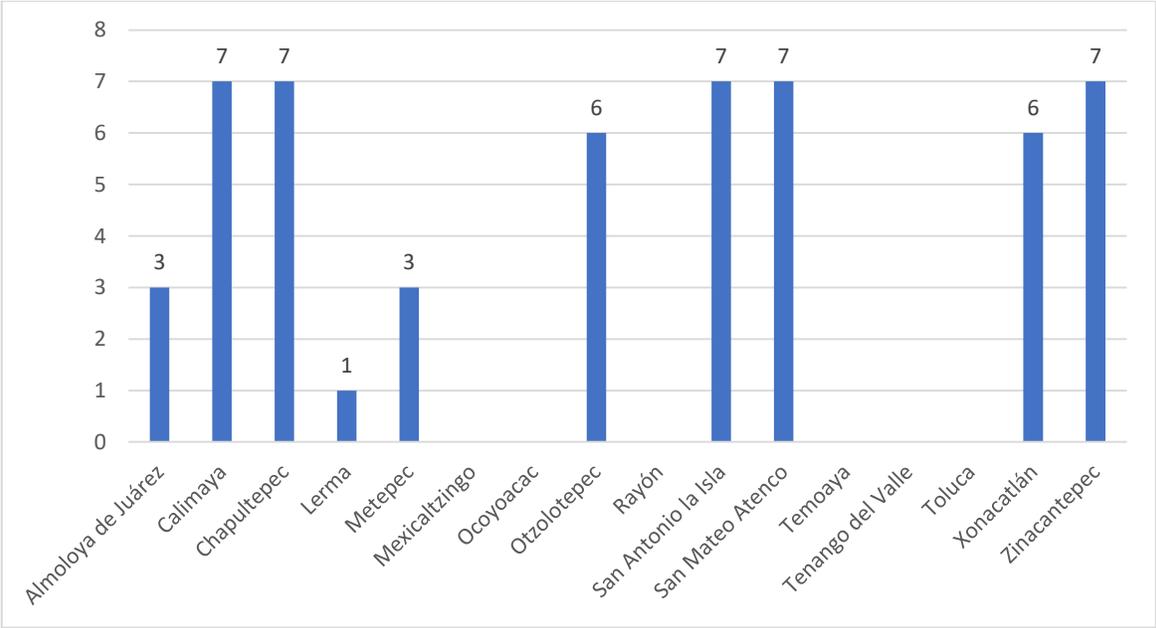
4.2.4. Etapa de recolección

Los indicadores considerados para esta etapa son: g) frecuencia de la recolección a la semana en el municipio, h) cobertura de la recolección municipal, i) unidades de recolección y j) personas empleadas en la recolección, por lo que a continuación se describen los resultados.

g) Frecuencia de la recolección a la semana

Este indicador se clasificó en dos grupos de municipios. En primer lugar, los municipios con mayor número de veces que se hace la recolección son Calimaya, Chapultepec, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco y Zinacantepec hacen su recolección siete veces a la semana junto con los municipios de Oztolotepec y Xonacatlán que la hacen seis veces. En segundo lugar, están los municipios de Almoloya de Juárez y Metepec que hacen su recolección tres veces por semana y Lerma la hace una vez por semana, los municipios restantes no reportan el dato de la frecuencia de la recolección de los RSU como se muestra en la figura 20.

Figura 20. Número de veces que se hace la recolección a la semana, 2019



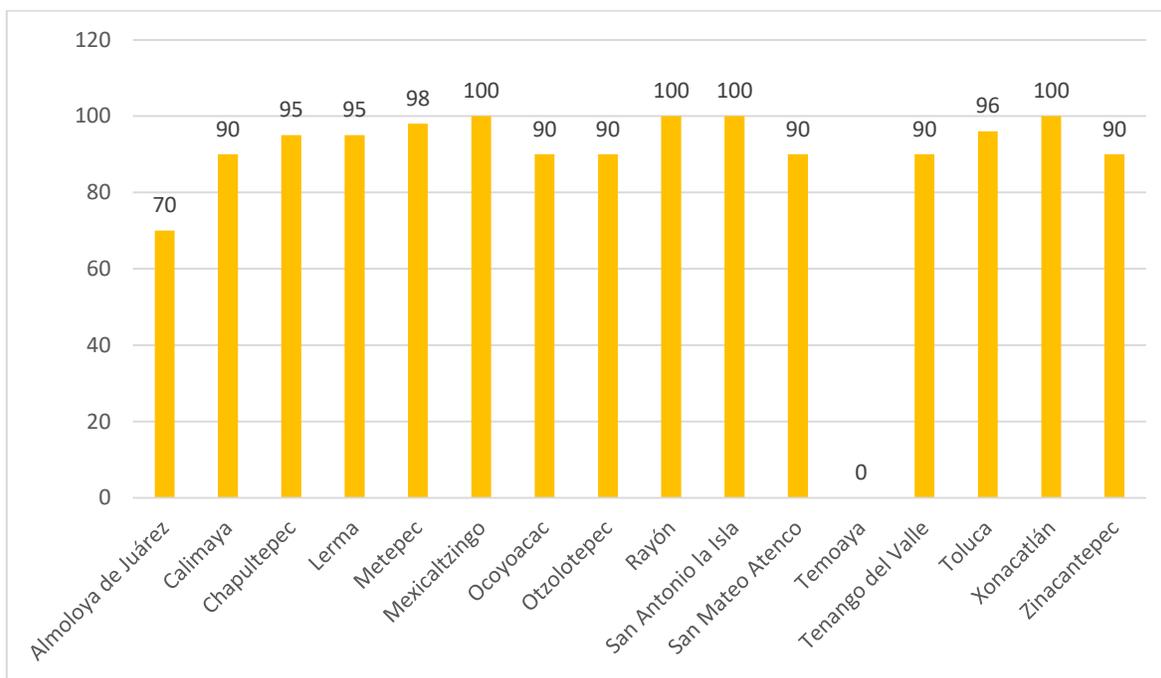
Fuente: Elaboración propia, 2020

h) Cobertura de recolección municipal

Los municipios de Mexicaltzingo, Rayón, San Antonio la Isla y Xonacatlán, son los que cuentan con el 100% de la cobertura de la recolección de los RSU, Metepec cuenta con un 98% de cobertura municipal, Toluca con 96%, Chapultepec y Lerma cuentan con un 95% y

los demás municipios tienen un 90% de la cobertura municipal a excepción de Almoloya de Juárez que presenta un 70% y Temoaya que no está disponible ese dato, como se aprecia en la figura 21.

Figura 21. Porcentaje de la cobertura municipal de la recolección de los RSU en porcentaje – INEGI, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2020

i) Unidades de recolección

Con relación a las unidades recolectadas con la que cuenta cada municipio, el primer lugar lo ocupa el municipio de Toluca, ya que tiene 164 unidades, el segundo está Metepec con 23, el tercer lugar Zinacantepec con 19, el cuarto lugar lo ocupa San Mateo Atenco con 16 y el quinto lugar Lerma con 15, los municipios restantes cuentan de 11 a 2 unidades recolectoras de RSU, como se muestra en la figura 22.

Figura 22. Número de unidades recolectoras por municipio, 2019

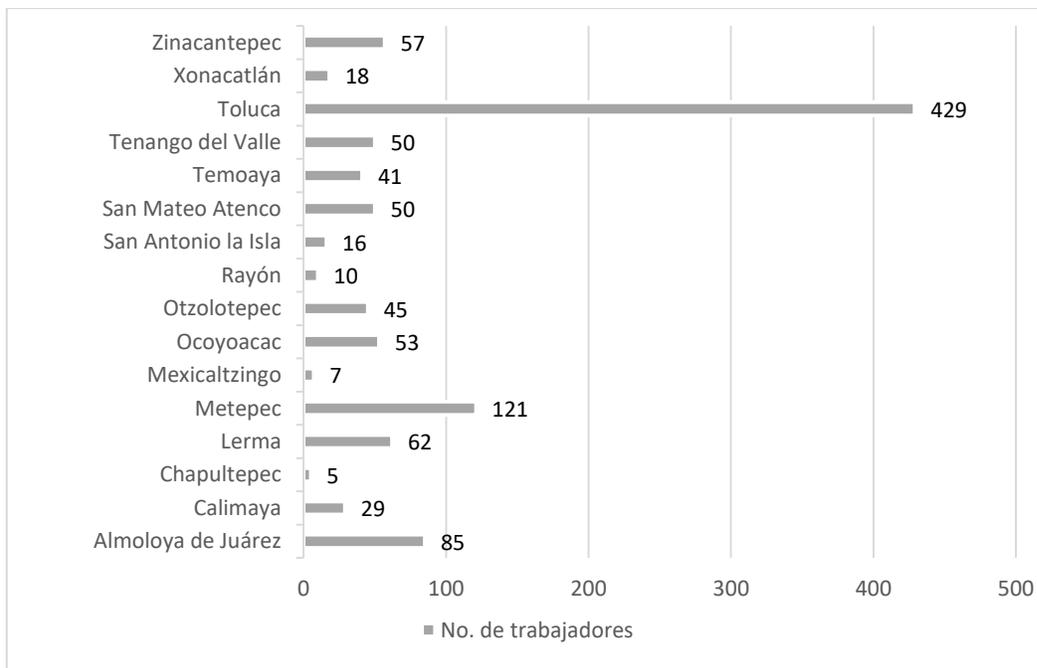


Fuente: Elaboración propia, 2020

j) Personas empleadas en la recolección

El número de trabajadores que están involucrados con el manejo de los RSU por municipio, en primer lugar, es Toluca al contar con 429 trabajadores, segundo lugar Metepec con 121, en tercer lugar, Almoloya de Juárez con 85, luego Lerma con 62, los 12 municipios restantes oscilan de los 5 a los 57 trabajadores involucrados, como se aprecia en la figura 23.

Figura 23. Trabajadores involucrados en el manejo de los RSU, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2020

En la etapa de recolección, el número de veces que se hace la recolección de los RSU por semana en el municipio es el siguiente: Lerma reporta que se hace una vez por semana, y Almoloya de Juárez junto con Metepec tres veces, lo que hace que estos tres municipios sean los de menor número de recolección por semana, los demás municipios rondan entre 6 y 7 veces por semana, mientras otros municipios no reportan, por lo tanto 7 de los 16 municipios de la ZMT reportan tener casi todos los días de la semana la recolección de los RSU en su municipio.

Estos municipios que reportan tener el 100% de cobertura de la recolección de los RSU en su territorio son Mexicaltzingo, Rayón, San Antonio la Isla y Xonacatlán, algunos municipios reportan en sus planes que se debe a la orografía del municipio el que existe dificultades en algunas localidades hacer la recolección, el municipio de Almoloya de Juárez fue el único que salió más bajo en cuanto a la cobertura municipal, lo que supone que podría ser por la orografía del municipio o por el pequeño número de unidades recolectoras.

Por consiguiente, en el caso del número de unidades de recolección en los municipios de la ZMT, aquellos que tienen más son los municipios que al parecer hay mayor generación de RSU, son municipios que por lo tanto tienen mayor población y se entiende que por eso aumente el número de unidades recolectoras para cubrir la recolección al porcentaje que actualmente cada municipio reporte tener, otro aspecto es el número de viviendas particulares habitadas por municipio a las que las unidades deben recolectar, por lo que interviene ese factor también y el tamaño del municipio hablando superficialmente, sumando estas características también se deben tener en cuenta los trabajadores.

El indicador de trabajadores va vinculado a estos factores y siguiendo el mismo patrón, se puede describir que los municipios con mayor generación de RSU, que tienen más viviendas particulares habitadas, los que tienen mayor población y con mayor territorio, es por eso que tienen mayor personal relacionado al manejo de los RSU.

4.2.5. Etapa de transferencia

En la etapa de transferencia, el indicador que se abordó para el caso de esta investigación es:

k) Centros o subcentros de transferencia o clasificación

Con respecto a los centros o subcentros de transferencia o clasificación municipal, solo algunos municipios hacen mención en el caso de Chapultepec si cuenta con ellos, el municipio de San Mateo Atenco menciona que está en construcción. Temoaya señala que tiene 2 centros o subcentros de PET y 20 de Fierro, otro de los municipios que reporta es Toluca, que cuenta con 18 subcentros, y el municipio de Zinacantepec tiene 60 segregadores independientes.

Para la etapa de transferencia, los centros o subcentros de recolección, seguir la lógica de los municipios con mayor población y mayor generación de RSU, por lo tanto, entre mayor sea el municipio más subcentros de transferencia tienen, también hay en construcción uno en San Mateo Atenco, otros se consideran subcentros de privados ya que separan y recolectan solo algunos tipos de materiales. Más de la mitad de los municipios no reportan tener subcentros, lo que podría ser de suma importancia ya que estarían llevando los RSU al relleno sanitario sin ser separados y sin ningún tipo de aprovechamiento en el reciclaje.

4.2.6. Etapa de disposición final

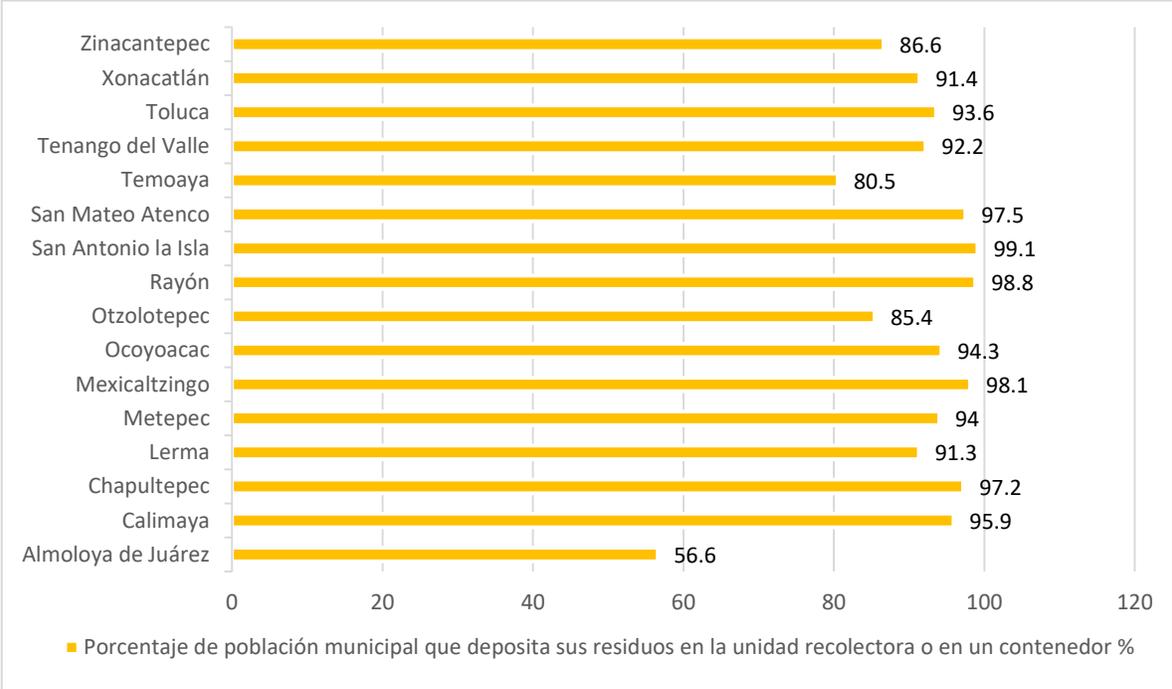
En la etapa de transferencia, los indicadores que se abordaron son l) población municipal que deposita sus residuos en la unidad recolectora o en un contenedor, m) población municipal que queman sus residuos, n) población municipal que entierra sus residuos sólidos urbanos y ñ) sitios de disposición final, por lo que a continuación se describen los resultados.

l) Población municipal que deposita sus residuos en la unidad recolectora o en un contenedor

El porcentaje de población que deposita sus RSU en una unidad recolectora o contenedor, son los RSU que posteriormente irán al relleno sanitario, del 95% al 99.1% población con un rango alto, corresponden a los municipios de San Antonio la Isla, Rayón, Mexicaltzingo, San Mateo Atenco, Chapultepec y Calimaya, los municipios con un rango medio va del 85% al 94% de población, que son Ocoyoacac, Metepec, Toluca, Tenango del Valle, Xonacatlán, Lerma, Zinacantepec y Oztolotepec, por último, en un rango bajo que va del 56.6% al 84%

de población que deposita sus residuos en la unidad recolectora o en algún contenedor, los municipios son: Temoaya y Almoloya de Juárez, como se ve en la figura 24.

Figura 24. Población que deposita sus residuos en unidad recolectora o en contenedor, 2019

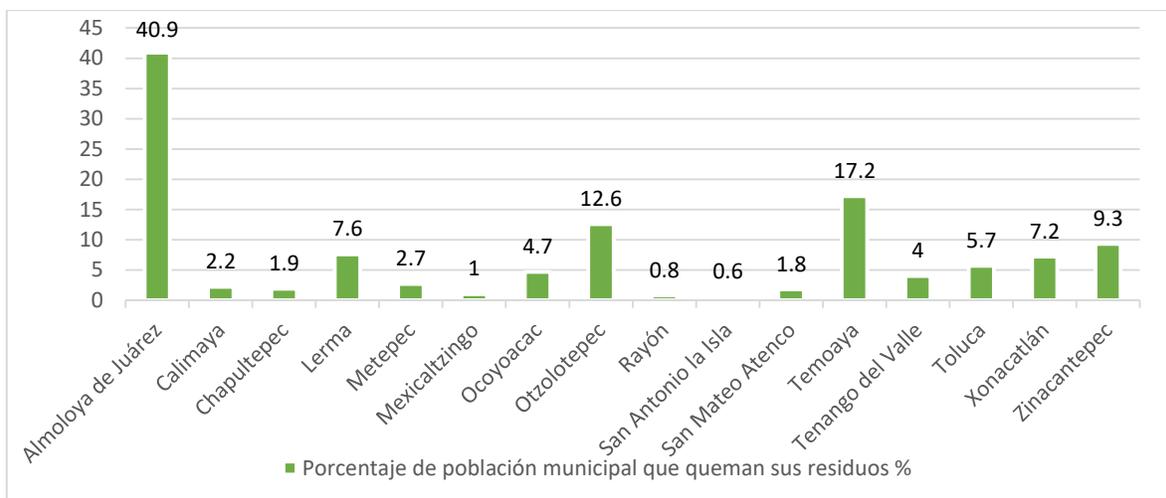


Fuente: Elaboración propia, 2020

m) Población municipal que queman sus residuos

El porcentaje de población municipal que queman sus residuos sólidos urbanos, en primer lugar, el municipio de Almoloya de Juárez con un 40.9%, en segundo lugar, está el municipio de Temoaya con 17.2%, y en tercer lugar el municipio de Otzolotepec con un 12.6%, mientras que en los 13 municipios restantes los resultados van de 0.6% al 9.3% de población municipal que queman sus residuos (figura 25).

Figura 25. Población que quema sus residuos sólidos, 2019

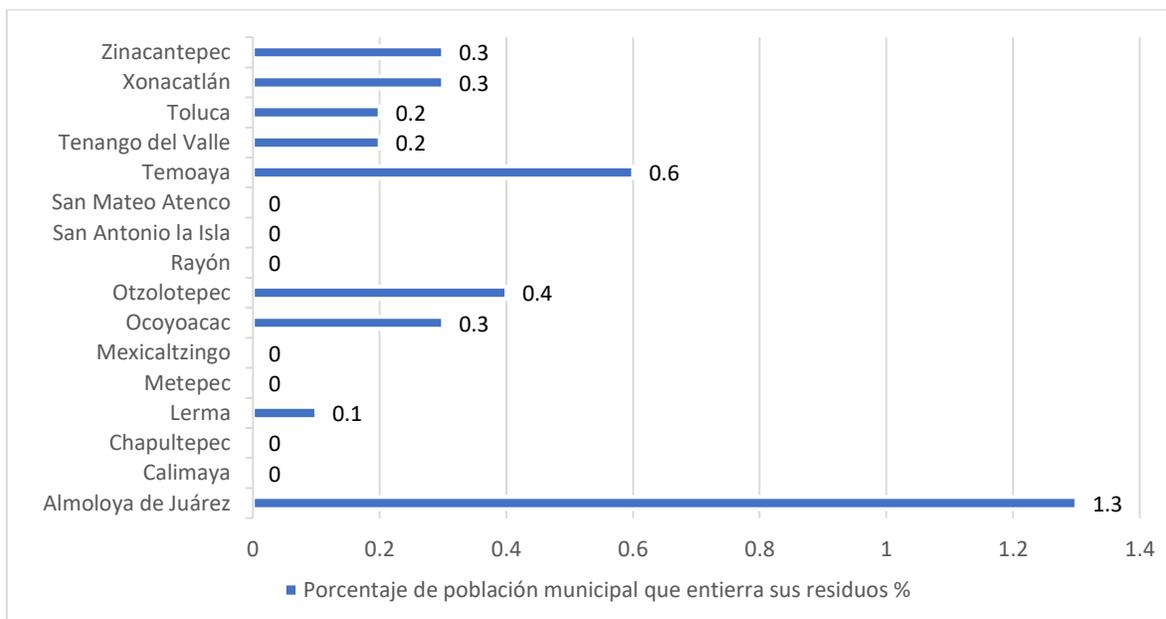


Fuente: Elaboración propia, 2020

n) Población municipal que entierra sus residuos sólidos urbanos

El municipio que destaca es Almoloya de Juárez con un 1.3% de población municipal, le sigue el municipio de Temoaya con un 0.6%, seguido del municipio de Otzolotepec con un 0.4%, Ocoyoacac, Xonacatlán y Zinacantepec con un 0.3% población, los 10 municipios restantes cuentan de 0.0 a 0.2% con una población municipal como se ve en la figura 26.

Figura 26. Población que entierra sus residuos, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2020

que deposita sus residuos en contenedores o una unidad recolectora, si se compara con la cobertura de recolección de RSU en el municipio, este mismo municipio sale bajo en este otro indicador con un 70% de cobertura municipal.

Por lo tanto, esta cantidad de porcentaje baja de población que deposita sus RSU en contenedores o unidades recolectoras puede ser equivalente a que el municipio tiene déficit en su cobertura de la recolección y por eso la población no puede entregar a la unidad recolectora sus RSU o depositarlos en un contenedor para su posterior traslado al relleno sanitario.

En cuanto al resto de los municipios, están por entre el 80% y 99% de población que hacen el depósito de sus RSU a las unidades recolectoras o lo depositan en algún contenedor, coincide también con la lógica de que en cuanto a la cobertura de la recolección de los RSU en estos municipios es arriba del 80%, otro indicador a resaltar es el del porcentaje de población que quema la basura, ya que las cifras que arrojaron los resultados del diagnóstico, apunta a que Almoloya de Juárez tiene el valor más alto, por consiguiente como se acaba de describir, a falta de cobertura de recolección de RSU en el municipio y que un poco más de la mitad de la población deposita los RSU en una unidad recolectora o contenedor, la población se ve a la necesidad de quemar los residuos para deshacerse de ellos, le siguen Temoaya y Ocotlán con cifras menos altas en la quema de sus residuos, ya que rondar entre el 80% y 86% de población que deposita sus residuos en unidades recolectoras o contenedores, porcentaje un poco bajo, los demás municipios tienen un porcentaje bajo al quemar sus residuos, ya que cuentan con un porcentaje alto de población que depositan sus residuos a las unidades recolectoras o contenedores.

La población al no contar con el servicio de la recolección de los RSU, la manera directa de deshacerse de los RSU es quemarla, otra forma de que la población pueda deshacerse de los RSU es enterrándolos, en cuanto a este indicador de porcentaje de población que entierra sus residuos Almoloya de Juárez sigue siendo el de mayor porcentaje de población, en este caso, con 1.3% de población, el resto de los municipios está por debajo del 0.6% de población municipal que entierra sus residuos.

Un hallazgo que se pudo percibir en el diagnóstico del manejo de los RSU en la ZMT, de la comparación de los resultados que arrojaron solo los Planes de Desarrollo Municipal (PDM)

y los Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU), con estos resultados donde se combinan los datos de los planes y la base de datos de INEGI, es que manejan datos distintos, ya que comparando el cuadro 8 y el cuadro 9 se observan incongruencias, datos que sí se hace una comparación entre los indicadores como lo son la generación de RSU municipal al día y per cápita al día, porcentaje de cobertura municipal, número de trabajadores, de unidades recolectoras, entre otros, no concuerda lo que describen los Gobiernos Municipales en sus Planes y lo que describe INEGI por parte del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales y de la Encuesta Intercensal 2015 , por lo tanto, se representó la información en dos cuadros, el primero con los datos que corresponden a la fuente de los planes, y el segundo cuadro que corresponde a datos de las fuentes de INEGI pero con indicadores de los planes, dando preferencia a los datos que describe INEGI en sus bases de datos, con el fin de completar la matriz metodológica.

Para concluir con el diagnóstico del manejo de los residuos sólidos urbanos de los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca, en el cuadro 12, se representa el valor total y el promedio de cada indicador cuantitativo, para describir mejor los datos y tener una claridad en el análisis de las etapas del manejo de los residuos.

Cuadro 12. Suma y promedio de los indicadores cuantitativos del diagnóstico del manejo de los RSU en la ZMT

Municipio	Generación		Prevención y disminución		Separación		Recolección				Disposición Final		
	ton/día	Generación de Residuos Sólidos Urbanos per cápita municipal kg / hab / día	Porcentaje de población que hace reciclaje de residuos orgánicos%	Porcentaje de población en el municipio que recicla Aluminio, plásticos, PET, %	Porcentaje de población que separa los residuos orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final %	Porcentaje de población que separa los residuos orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final %	Frecuencia de recolección a la semana en el municipio	Cobertura de recolección municipal%	No. de unidades de recolección	No. de personas empleadas en la recolección	Porcentaje de población municipal que deposita sus residuos en la unidad recolectora o en un contenedor %	Porcentaje de población municipal que queman sus residuos %	Porcentaje de población municipal que entierra sus residuos %
Almoloya de Juárez	1,374.6	11.2	892.4	1,078.4	926.3	667.8	54	1,394	305	1,078	1,452.5	120.2	3.7
Calimaya													
Chapultepec													
Lerma													
Metepec													
Mexicaltzingo													
Ocoyoacac													
Otzolotepec													
Rayón													
San Antonio la Isla													
San Mateo Atenco													
Temoaya													
Tenango del Valle													
Toluca													
Xonacatlán													
Zinacantepec													
Total	1,374.6	11.2	892.4	1,078.4	926.3	667.8	54	1,394	305	1,078	1,452.5	120.2	3.7
Promedio	85.91	0.70	55.775	67.4	57.89	41.73	5.4	92.93	19.06	67.37	90.78	7.51	0.23

Fuente: Elaboración propia, 2020

4.3. Criterios para la evaluación del manejo integral de los RSU

Para la evaluación se emplearon los indicadores que se presentan en el cuadro 11, (arriba reportado), sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos en los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca a través de una clasificación por semáforos y así describir que municipios tienen valores positivos, regulares o negativos dependiendo del indicador.

A continuación, se describen los valores para la evaluación de cada indicador por variable:

-Generación

Para obtener los valores de la evaluación de la generación de los RSU, se optó por obtener la mediana ya que había que tener tres rangos para el procedimiento empleado de la técnica del semáforo, por lo tanto, el análisis se realizó en Excel para la facilidad del dato en cuanto a su análisis y para llevar un orden de los valores, estos valores son los del valor de generación de cada municipio, lo que se obtuvo entonces fue: el valor de la mediana en el indicador de generación de 40.5, con esa cifra, se decidió aumentar 10 unidades más, para obtener el rango superior y para que quedara equitativo lo más posible, dando un valor de 50, quitando el .5 y se restaron 10 unidades para el rango inferior, dando un valor de 30, de igual manera quitando el .5, por lo tanto quedó de 30 a 50 toneladas el rango medio, que corresponde al valor regular (color amarillo), de 0 a 30 con un valor bajo - positivo (color verde) y con un valor mayor a 51 es un valor alto - negativo (color rojo).

En el indicador de la generación per cápita de RSU en los municipios, para la obtención de los valores, se elaboró de la misma manera que el indicador anterior de la generación de RSU, se optó por obtener la mediana del rango de valores de cada municipio, de igual forma en Excel, que dio como resultado 0.74, de la mediana obtenida se aumentaron 11 decimales para el dato superior, quedando en 0.85 y se restaron 9 decimales para el dato inferior, con valor de 0.65 por lo tanto, el rango de en medio, quedó de 0.66 a 0.85, representando el valor medio - regular (color amarillo), el rango de 0.0 a 0.65 con valor bajo - positivo (color verde) y el rango mayor – negativo de 0.86 es un valor alto (color rojo).

-Prevención y disminución

Para obtener los valores del porcentaje de población que hace reciclaje de residuos orgánicos, para calcular el porcentaje se tomó el valor como si fuera el de una calificación del 1 al 10

proporcionalmente, donde el rango de valor de 1% al 59% es valor negativo (color rojo), el rango del 60% al 75% es valor regular (valor amarillo) y del 76% al 100% es valor positivo (color verde).

Lo mismo sucede para el porcentaje de población en el municipio que recicla aluminio, plásticos, PET, se obtuvieron de igual forma los valores, como si fuera el de una calificación del 1 al 10 proporcionalmente, donde el rango de valor de del 1% al 59% es valor negativo (color rojo), el rango del 60% al 75% es valor regular (valor amarillo) y del 76% al 100% es valor positivo (color verde).

-Separación

En la obtención de los valores para el porcentaje de población que separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final se obtuvo como los anteriores indicadores de porcentajes, como si fuera el de una calificación del 1 al 10 proporcionalmente, donde el rango de valor de del 1% al 59% es valor negativo (color rojo), el rango del 60% al 75% es valor regular (valor amarillo) y del 76% al 100% es valor positivo (color verde).

Para el caso de porcentaje de población que no separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final, para obtener los valores cambia la dinámica, se mantiene el dato como si fuera una calificación del 1 al 10 proporcionalmente, pero se invierten los rangos, ya que en este caso el rango del 40% al 100% es valor negativo (color rojo), el rango de 26% a 40% es un rango regular (color amarillo) y del 25% al 1% es un rango positivo (color verde).

-Recolección

En cuanto a la frecuencia de la recolección a la semana en el municipio, el rango de valores se obtuvo, siendo que solo son 7 valores, se trató de desglosar en 3 valores, el 1 y 2 son valores negativos (color rojo) el valor 3 y 4 son valores regulares (color amarillo) y el 5, 6 y 7 son valores positivos, (color verde).

Para obtener los valores de la cobertura de la recolección municipal, se consideró que los valores fueran como el valor de una calificación muy estricta, primero con un valor positivo

de 100% al 90% (color verde), el siguiente rango de 90% a 80% con un valor regular (color amarillo) y el rango de 80% a 0% con un valor negativo (color rojo).

Con el indicador de número de unidades de recolección, la obtención de los valores para la evaluación, fue observando los resultados de cada municipio, desde el municipio que tiene menos unidades recolectoras hasta el que tiene más, se desglosa de la siguiente manera los valores, de 0 a 7 unidades es valor negativo (color rojo), de 8 a 20 unidades es valor regular (color amarillo) y mayor a 21 unidades el valor es positivo (color verde).

En el indicador de personas empleadas en la recolección, los valores se obtuvieron de la misma manera que el indicador anterior de número de unidades recolectoras, observando los resultados de cada municipio, desde el municipio que tiene menor número de trabajadores hasta el municipio con mayor número de trabajadores, lo que dio rango de 0 a 20 personas es valor negativo (color rojo), de 21 a 50 personas es valor regular (color amarillo) y mayor a 51 personas es un valor positivo (color verde).

-Transferencia

En el siguiente indicador que es de centros o subcentros de transferencia o clasificación, aquí para obtener los valores para la evaluación se con los valores de “Si” que se le asigna el color verde (valor positivo), el “No reporta” que se le asigna el color amarillo (valor regular) y el “No” que se le asigna el color rojo (valor negativo).

-Disposición final

En el caso del indicador de la población municipal que deposita sus residuos en la unidad recolectora o en un contenedor, la obtención de los porcentajes para asignarles los valores se da como si fuera una calificación de manera muy estricta al tener en el rango de 100% a 95% en valor positivo (con color verde), el rango de 96% a 86% en valor regular (con color amarillo) y el rango de menor a 85% es el valor negativo (con color rojo).

Con la parte del indicador de población municipal que queman sus residuos, para obtener los valores, fue necesario observar los resultados de cada municipio para poder obtener los rangos de porcentaje, el primer rango de 0% a 5% es un valor positivo (se le asigna el color verde), en el segundo rango es de 6 a 10% y es un valor regular (el color que se le asigna es el color amarillo) y el rango mayor a 11% es un valor negativo (con el color rojo).

En el siguiente indicador de población municipal que entierra sus residuos, como los resultados son en números decimales, y los datos son bajos, se planteó la obtención del porcentaje con el primer rango de 0% a 0.2% con un valor positivo (en este caso se le asigna el color verde), el rango de 0.3% a 0.5% con un valor regular (color amarillo) y un rango mayor de 0.6% con valor negativo (color rojo).

Por último, el indicador de los sitios de disposición final, se planteó que para el valor positivo fuera depositado en un relleno sanitario, para el caso del valor regular le correspondió a depositar en tiraderos a cielo abierto y el valor negativo, los sitios que son dos o más, ya sea que sea en rellenos sanitarios o tiraderos a cielo abierto.

Cuadro 13. Evaluación de indicadores del manejo integral de RSU, siguiendo la clasificación del semáforo

Subtema	Indicador	Unidad de Medida / Municipio	Valores de Referencia		
			< 30ton/día	31ton/día-50ton/día	> 51ton/día
Generación	1. Generación de residuos sólidos urbanos por municipio	ton/día			
		Almoloya de Juárez		32	
		Calimaya		48	
		Chapultepec	1.6		
		Lerma			76
		Metepec			154
		Mexicaltzingo	6		
		Ocoyoacac			55
		Otzolotepec		33	
		Rayón	13		

		San Antonio la Isla	19		
		San Mateo Atenco			60
		Temoaya	23		
		Tenango del Valle			91
		Toluca			650
		Xonacatlán	23		
		Zinacantepec			90
	2. Generación per cápita de residuos sólidos urbanos	kg/hab/día	< 0.65kg	0.66kg-0.85kg	> 0.86kg
		Almoloya de Juárez		0.81	
		Calimaya		0.80	
		Chapultepec			1.20
		Lerma		0.68	
		Metepec			1.50
		Mexicaltzingo			1.05
		Ocoyoacac	0.41		
		Otzolotepec	0.47		
		Rayón	0.17		
		San Antonio la Isla	0.44		
		San Mateo Atenco			0.92
		Temoaya	0.10		
		Tenango del Valle			0.92
		Toluca			1.0

Prevención y disminución		Xonacatlán	0.42		
		Zinacantepec	0.39		
	3. Población que hace reciclaje de residuos orgánicos	Porcentaje	100%-76%	75%-60%	< 59%
		Almoloya de Juárez		64.9	
		Calimaya			50.3
		Chapultepec			40.6
		Lerma		64.7	
		Metepec			35.9
		Mexicaltzingo			54.4
		Ocoyoacac		65.1	
		Otzolotepec		71.2	
		Rayón			57.7
		San Antonio la Isla			41.3
		San Mateo Atenco			55.5
		Temoaya		60.8	
		Tenango del Valle		60.8	
	Toluca			49.5	
	Xonacatlán		62.5		
	Zinacantepec			57.2	
	4. Población que recicla aluminio, plásticos y PET	Porcentaje	100%-76%	75%-60%	< 59%
Almoloya de Juárez			66.6		
Calimaya			62.2		
Chapultepec				56.2	
Lerma			73.1		

		Metepec			56.3		
		Mexicaltzingo		65.4			
		Ocoyoacac		69.5			
		Otzolotepec	81.1				
		Rayón		72.7			
		San Antonio la Isla		61.9			
		San Mateo Atenco		70.9			
		Temoaya		69.4			
		Tenango del Valle		73.3			
		Toluca		64.6			
		Xonacatlán		70.1			
		Zinacantepec		65.1			
		Separación	5. Población que separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final	Porcentaje	100%-76%	75%-60%	< 59%
				Almoloya de Juárez			58.3
Calimaya					50.3		
Chapultepec					52.0		
Lerma				66.2			
Metepec					58.1		
Mexicaltzingo					58.4		
Ocoyoacac				62.7			
Otzolotepec				68.1			
Rayón					46.4		
San Antonio la Isla					49.5		
San Mateo Atenco				63.1			

		Temoaya		64.7	
		Tenango del Valle			52.5
		Toluca			56.1
		Xonacatlán		61.6	
		Zinacantepec			58.3
	6. Población que no separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final	Porcentaje	0%-25%	26%-40%	> 41%
		Almoloya de Juárez		40.9	
		Calimaya			49.3
		Chapultepec			47.7
		Lerma		33.3	
		Metepec			41.6
		Mexicaltzingo			41.5
		Ocoyoacac		37.1	
		Otzolotepec		30.8	
		Rayón			53.5
		San Antonio la Isla			50.4
		San Mateo Atenco		36.7	
		Temoaya		34.8	
		Tenango del Valle			47.2
		Toluca			43.7
		Xonacatlán		37.7	
		Zinacantepec			41.6
Recolección		7. Recolección a la semana en el municipio	Número	7 - 5	4 - 3
	Almoloya de Juárez			3	

		Calimaya	7		
		Chapultepec	7		
		Lerma			1
		Metepec		3	
		Mexicaltzingo			
		Ocoyoacac			
		Otzolotepec	6		
		Rayón			
		San Antonio la Isla	7		
		San Mateo Atenco	7		
		Temoaya			
		Tenango del Valle			
		Toluca			
		Xonacatlán	6		
		Zinacantepec	7		
	8. Cobertura de la recolección municipal	Porcentaje	100%-91%	90%-81%	< 80%
		Almoloya de Juárez			70%
		Calimaya		90	
		Chapultepec	95		
		Lerma	95		
		Metepec	98		
		Mexicaltzingo	100		
		Ocoyoacac		90	
		Otzolotepec		90	
		Rayón	100		

		San Antonio la Isla	100		
		San Mateo Atenco		90	
		Temoaya			
		Tenango del Valle		90	
		Toluca	96		
		Xonacatlán	100		
		Zinacantepec		90	
	9. Unidades de recolección	Número	> 21	20 - 8	7 - 0
		Almoloya de Juárez		9	
		Calimaya			4
		Chapultepec			2
		Lerma		15	
		Metepec	23		
		Mexicaltzingo			4
		Ocoyoacac		8	
		Otzolotepec			7
		Rayón			2
		San Antonio la Isla			4
		San Mateo Atenco		16	
		Temoaya		10	
		Tenango del Valle		11	
		Toluca	164		
		Xonacatlán			7

		Zinacantepec		19	
	10. Personas empleadas en la recolección	Número	> 51	50 - 21	20 - 0
		Almoloya de Juárez	85		
		Calimaya		29	
		Chapultepec			5
		Lerma	62		
		Metepec	121		
		Mexicaltzingo			7
		Ocoyoacac	53		
		Otzolotepec		45	
		Rayón			10
		San Antonio la Isla			16
		San Mateo Atenco		50	
		Temoaya		41	
		Tenango del Valle		50	
		Toluca	429		
		Xonacatlán			18
Zinacantepec	57				
Transferencia	11. Centros o subcentros de transferencia o clasificación	Si, no reporta, no	Si	No reporta	No
		Almoloya de Juárez		•	
		Calimaya		•	
		Chapultepec	•		

		Lerma		•	
		Metepec		•	
		Mexicaltzingo		•	
		Ocoyoacac		•	
		Otzolotepec		•	
		Rayón		•	
		San Antonio la Isla		•	
		San Mateo Atenco	•		
		Temoaya	•		
		Tenango del Valle		•	
		Toluca	•		
		Xonacatlán		•	
		Zinacantepec	•		
		Disposición final	12. Población municipal que deposita sus residuos en la unidad recolectora o en un contenedor	Porcentaje	100%-95%
Almoloya de Juárez					56.6%
Calimaya	95.9				
Chapultepec	97.2				
Lerma				91.3	
Metepec				94.0	
Mexicaltzingo	98.1				
Ocoyoacac				94.3	
Otzolotepec					85.4
Rayón	98.8				
San Antonio la Isla	99.1				

		San Mateo Atenco	97.5		
		Temoaya			80.5
		Tenango del Valle		92.2	
		Toluca		93.6	
		Xonacatlán		91.4	
		Zinacantepec		86.6	
	13. Población municipal que queman sus residuos	Porcentaje	0%-5%	6%-10%	> 11%
		Almoloya de Juárez			40.9
		Calimaya	2.2		
		Chapultepec	1.9		
		Lerma		7.6	
		Metepec	2.7		
		Mexicaltzingo	1.0		
		Ocoyoacac	4.7		
		Otzolotepec			12.6
		Rayón	0.8		
		San Antonio la Isla	0.6		
		San Mateo Atenco	1.8		
		Temoaya			17.2
		Tenango del Valle	4.0		
		Toluca	5.7		
		Xonacatlán		7.2	
		Zinacantepec		9.3	
	14. Población municipal que entierra sus residuos	Porcentaje	0%-0.2%	0.3%-0.5%	> 0.6%
		Almoloya de Juárez			1.3
		Calimaya	0		
		Chapultepec	0		
		Lerma	0.1		
		Metepec	0		
		Mexicaltzingo	0		
		Ocoyoacac		0.3	
		Otzolotepec		0.4	
		Rayón	0		
	San Antonio la Isla	0			

		San Mateo Atenco	0		
		Temoaya			0.6
		Tenango del Valle	0.2		
		Toluca	0.2		
		Xonacatlán		0.3	
		Zinacantepec		0.3	
	15. Sitios de disposición final	Lugar	Relleno	Tiradero	2 ó más
		Almoloya de Juárez		Tiradero	
		Calimaya		Tiradero	
		Chapultepec			Dos rellenos
		Lerma	Relleno		
		Metepec	Relleno		
		Mexicaltzingo			Tiradero y relleno
		Ocoyoacac	Relleno		
		Otzolotepec	Relleno		
		Rayón	Relleno		
		San Antonio la Isla	Relleno		
		San Mateo Atenco	Relleno		
		Temoaya		Tiradero	
		Tenango del Valle		Tiradero	
		Toluca			Tres rellenos
		Xonacatlán	Relleno		
		Zinacantepec	Relleno		

Fuente: Elaboración propia, 2020

Una vez realizada la evaluación de cada una de los indicadores del manejo de los RSU, para un contexto general de análisis de los datos, a continuación, se presenta la evaluación de manera horizontal, y para observar el comportamiento de cada municipio en cada variable e indicador, creando la columna de condiciones del municipio, que representa, dependiendo de los valores que se obtuvieron para el caso del cuadro 14 sobre las filas, el valor más repetitivo de los indicadores. Si el valor es positivo, regular o negativo, se representará al final de la fila el valor predominante ya sea verde (valor positivo, que el municipio presenta una condición aceptable), color amarillo (valor regular, donde el municipio tiene una condición de atención) y color rojo (valor negativo, donde el municipio tiene una condición de crisis y

necesita de mayor atención), dado los resultados, se retomarán los datos para poder dar propuestas en los municipios de la ZMT de los lineamientos para mejorar el manejo de los RSU, en los municipios con mayor prioridad.

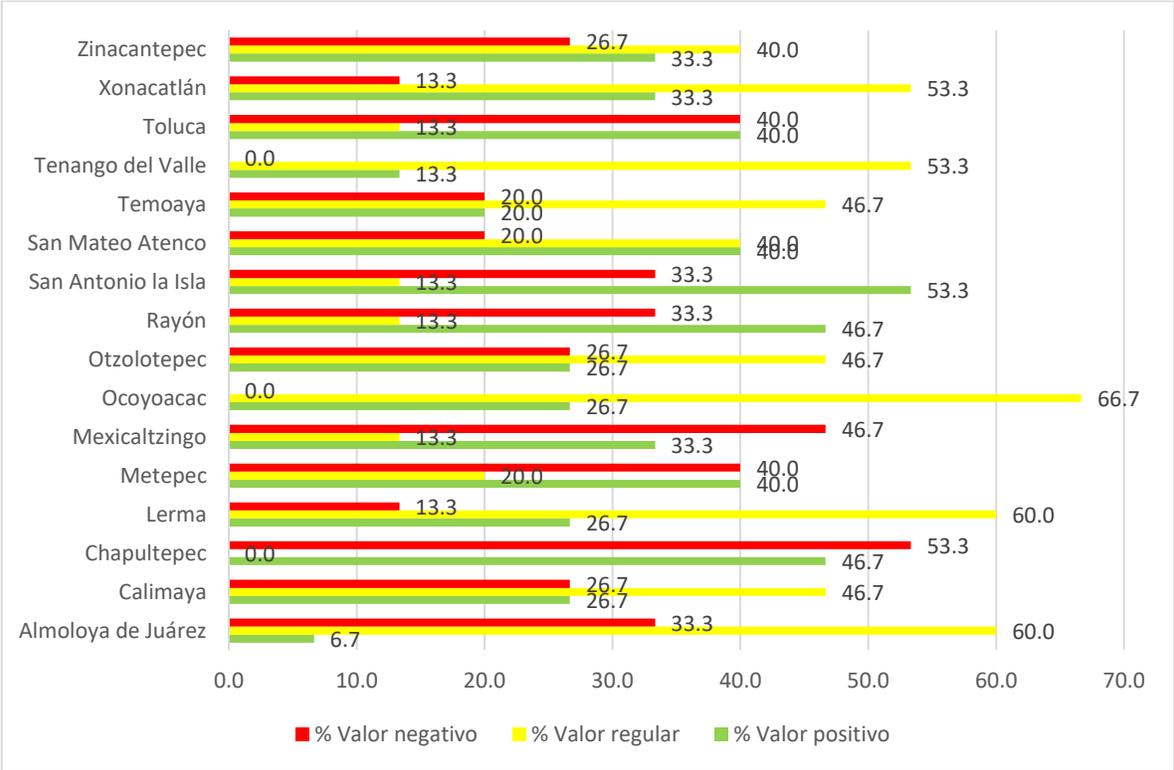
Cuadro 14. Evaluación del manejo de los residuos sólidos urbanos.

Etapas	Generación		Prevención y disminución		Separación		Recolección				Transferencia	Disposición Final			Total	
	Generación de Residuos Sólidos Urbanos del municipio ton/día	Generación de Residuos Sólidos Urbanos per cápita municipal kg / hab / día	Porcentaje de población que hace reciclaje de residuos orgánicos %	Porcentaje de población en el municipio que recicla Aluminio, plásticos, PET, %	Porcentaje de población que separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final %	Porcentaje de población que no separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final %	Frecuencia de la recolección a la semana en el municipio	Cobertura de la recolección municipal %	No. de unidades de recolección	No. de personas empleadas en la recolección		Centros o subcentros de transferencia o clasificación (si, no, no reporta)	Porcentaje de población municipal que deposita sus residuos en la unidad recolector a o en un contenedor %	Porcentaje de población municipal que queman sus residuos %		Porcentaje de población municipal que entierran sus residuos %
Almoloya de Juárez	32.0	0.81	64.9	66.6	58.3	40.9	3	70	9	85	.	56.6	40.9	1.3	Tiradero	
Calimaya	48.0	0.80	50.3	62.2	50.3	49.3	7	90	4	29	.	95.9	2.2	0.0	Tiradero	
Chapultepec	1.6	1.20	40.6	56.2	52.0	47.7	7	95	2	5	Si cuenta	97.2	1.9	0.0	Dos rellenos	
Lerma	76.0	0.68	64.7	73.1	66.2	33.3	1	95	15	62	.	91.3	7.6	0.1	Relleno	
Metepec	154.0	1.50	35.9	56.3	58.1	41.6	3	98	23	121	.	94.0	2.7	0.0	Relleno	
Mexicaltzingo	6.0	1.05	54.4	65.4	58.4	41.5	No indica	100	4	7	.	98.1	1.0	0.0	Tiradero y relleno	
Ocoyoacac	55.0	0.41	65.1	69.5	62.7	37.1	No indica	90	8	53	.	94.3	4.7	0.3	Relleno	
Otzolotepec	33.0	0.47	71.2	81.1	68.1	30.8	6	90	7	45	.	85.4	12.6	0.4	Relleno	
Rayón	13.0	0.17	57.7	72.7	46.4	53.5	No indica	100	2	10	.	98.8	0.8	0.0	Relleno	
San Antonio la Isla	19.0	0.44	41.3	61.9	49.5	50.4	7	100	4	16	.	99.1	0.6	0.0	Relleno	
San Mateo Atenco	60.0	0.92	55.5	70.9	63.1	36.7	7	90	16	50	En construcción	97.5	1.8	0.0	Relleno	
Temoaya	23.0	0.10	60.8	69.4	64.7	34.8	No indica	No indica	10	41	2 de PET y 20 de Fierro	80.5	17.2	0.6	Tiradero	
Tenango del Valle	91.0	0.92	60.8	73.3	52.5	47.2	No indica	90	11	50	.	92.2	4.0	0.2	Tiradero	
Toluca	650.0	1.00	49.5	64.6	56.1	43.7	No indica	96	164	429	18 subcentros	93.6	5.7	0.2	Tres rellenos	
Xonacatlán	23.0	0.42	62.5	70.1	61.6	37.7	6	100	7	18	.	91.4	7.2	0.3	Relleno	
Zinacantepec	90.0	0.39	57.2	65.1	58.3	41.6	7	90	19	57	60 segregadores indep.	86.6	9.3	0.3	Relleno	

Fuente: Elaboración propia, 2020 con base en INEGI, PDM y PMDU

En la figura 28, se representan la información por municipio de la ZMT y los valores de la evaluación en porcentajes. Se reporta el porcentaje del valor pudiendo resultar: negativo, regular y positivo a través de la clasificación por semáforos, para el caso de los municipios de Almoloya de Juárez, Lerma, Ocoyoacac y Xonacatlán el número de indicadores superan el 50% en valor regular, y es el valor que prevalece más en los municipios, teniendo los valores negativos y positivo por debajo del 50% en todos los municipios.

Figura 28. Valores (%) de la evaluación por municipio de la ZMT



Fuente: Elaboración propia, 2020

A continuación, se representan los mapas de los indicadores más representativos de cada etapa del manejo de los RSU, el resto se encuentra en la sección de anexos, dichos indicadores de evaluación aparecen en los cuadros 10 y 11, por lo que se puede representar de una mejor manera, el análisis y la descripción de los resultados espacialmente.

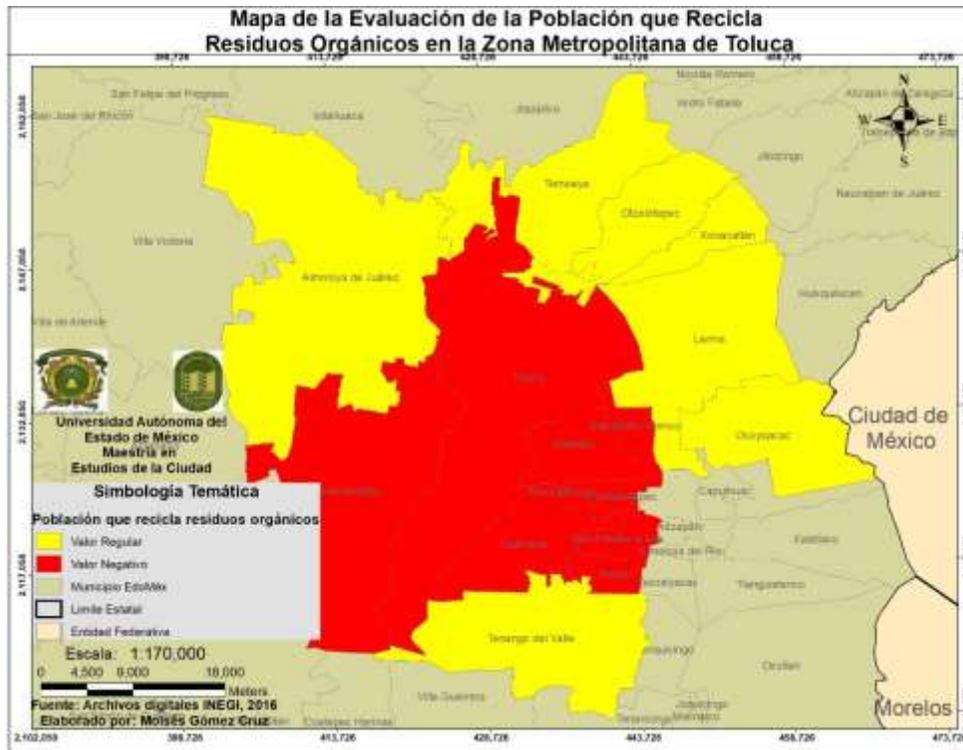
Figura 29. Evaluación de la generación municipal de los RSU en la ZMT



Fuente: Elaboración propia, 2020

De acuerdo con el mapa de la evaluación de la generación de los RSU en la ZMT, los municipios con valores negativos, esto quiere decir, los municipios con mayor generación de los RSU son los municipios centrales, junto con un municipio al norte que es Otzolotepec, y al sur el municipio de Tenango del Valle, mientras los municipios que cuentan con una generación regular de RSU son, Almoloya de Juárez, Calimaya, y Ocoyoacac.

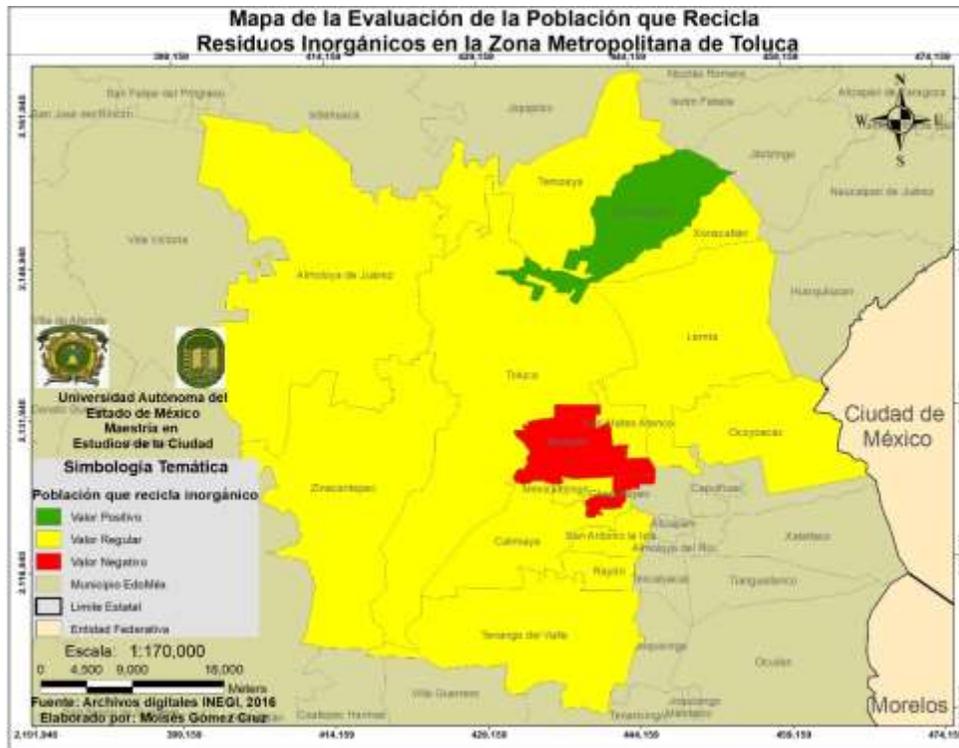
Figura 30. Evaluación de la población que hace reciclaje de residuos orgánicos



Fuente: Elaboración propis, 2020

El mapa de la evaluación de la población que recicla residuos orgánicos en la ZMT, demuestra que parte de los municipios centrales junto con los municipios colindantes al Sur de Toluca no reciclan los residuos orgánicos o lo hacen deficientemente, estos municipios son los que se muestran en color rojo, los municipios con un valor regular, que quiere decir que reciclan los residuos orgánicos de una forma regular, son los municipios de color amarillo representados en el mapa al norte y oriente, junto con Tenango del Valle al sur.

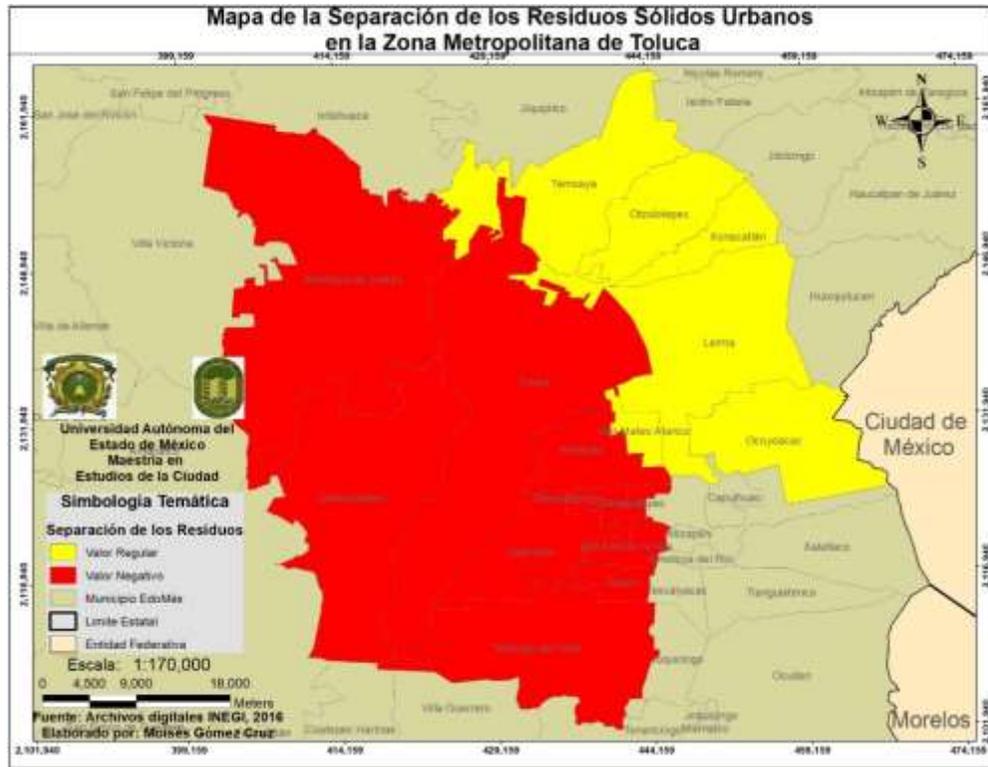
Figura 31. Evaluación de la población que hace reciclaje de residuos inorgánicos



Fuente: Elaboración propia, 2020

Por otro lado, mostrando el mapa de la evaluación de la población que recicla residuos inorgánicos en la ZMT, se representa en el mapa que el único municipio que recicla sus residuos inorgánicos de manera eficiente es Otzolotepec, representado de color verde, el resto de los municipios a excepción de Metepec y Chapultepec, son de un valor regular con color amarillo, que quiere decir que los municipios tienen un regular reciclaje de los residuos inorgánicos, y los municipios en rojo, Metepec y Chapultepec, tienen un deficiente o no reciclan sus residuos inorgánicos.

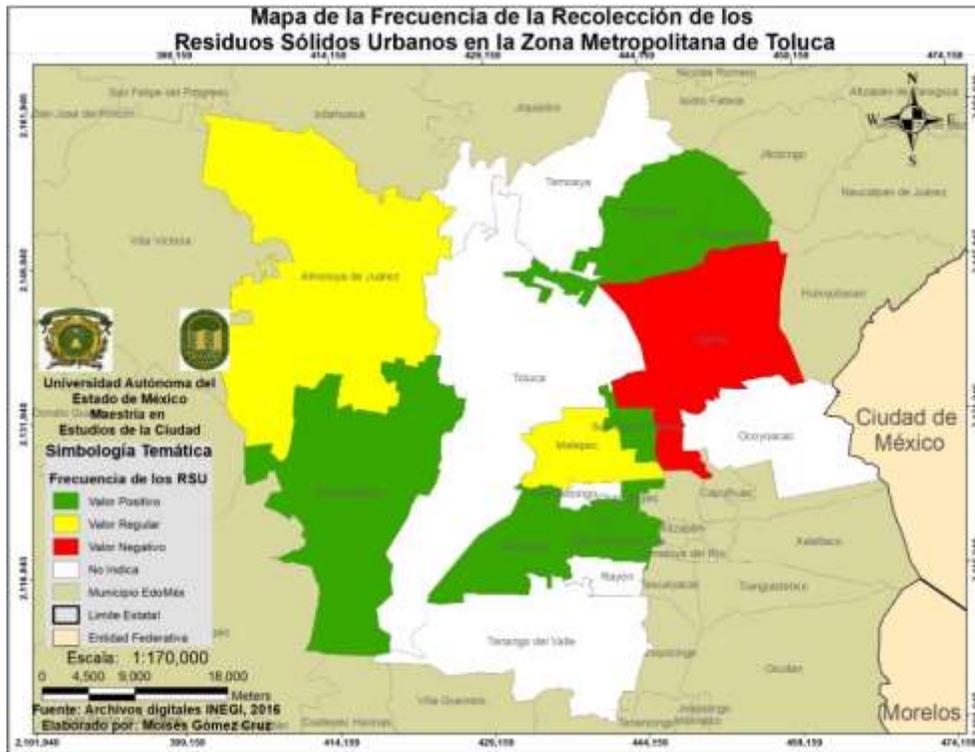
Figura 32. Mapa de la evaluación de la separación de los RSU en la ZMT



Fuente: Elaboración propia, 2020

En el mapa de la evaluación de la separación de los RSU en la ZMT antes de que sean depositados en un contenedor o en una unidad recolectora, los municipios que no separan o que separan de una forma deficiente, son los municipios que se ubican al poniente, mientras que los municipios que separan sus RSU de una forma regular, o sea en color amarillo, son los municipios que están al oriente.

Figura 33. Mapa de la evaluación de la frecuencia de los RSU en la ZMT



Fuente: Elaboración propia, 2020

En cuanto al mapa de la evaluación de la frecuencia de la recolección de los RSU en la ZMT, Lerma es el único municipio que es representado en color rojo, ya que, la frecuencia de recolección el municipio es muy poca, los municipios representado con un valor regular, son Almoloya de Juárez y Metepec ya que en los municipios la frecuencia es regular, los municipios en verde representan una frecuencia de recolección de los RSU aceptable ya que es frecuente y los municipios representados de color blanco no indican cada cuanto hacen la recolección de los RSU.

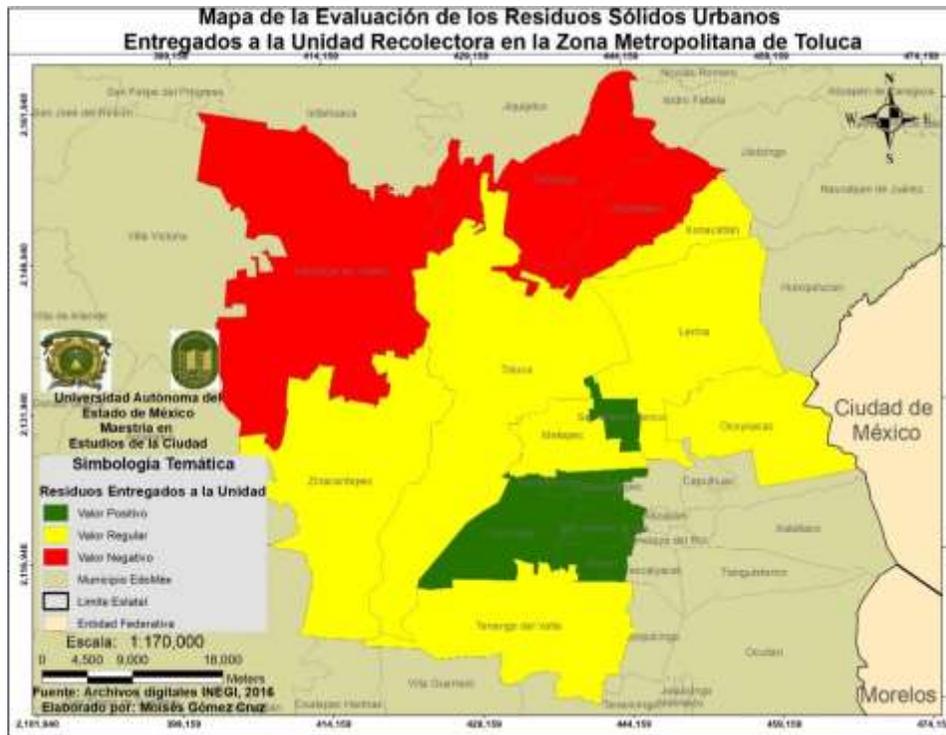
Figura 34. Mapa de la evaluación de los sitios de transferencia de los RSU en la ZMT



Fuente: Elaboración propia, 2020

Continuando con los mapas, en el de la evaluación de los centros de transferencia de RSU en la ZMT, los municipios de Temoaya, Toluca, Zinacantepec, San Mateo Atenco y Chapultepec, tienen un valor positivo representado con un color verde en esta evaluación, mientras que los municipios en amarillo al oriente y Almoloya de Juárez al poniente, son municipios que tienen un valor regular en la evaluación de los RSU en la ZMT.

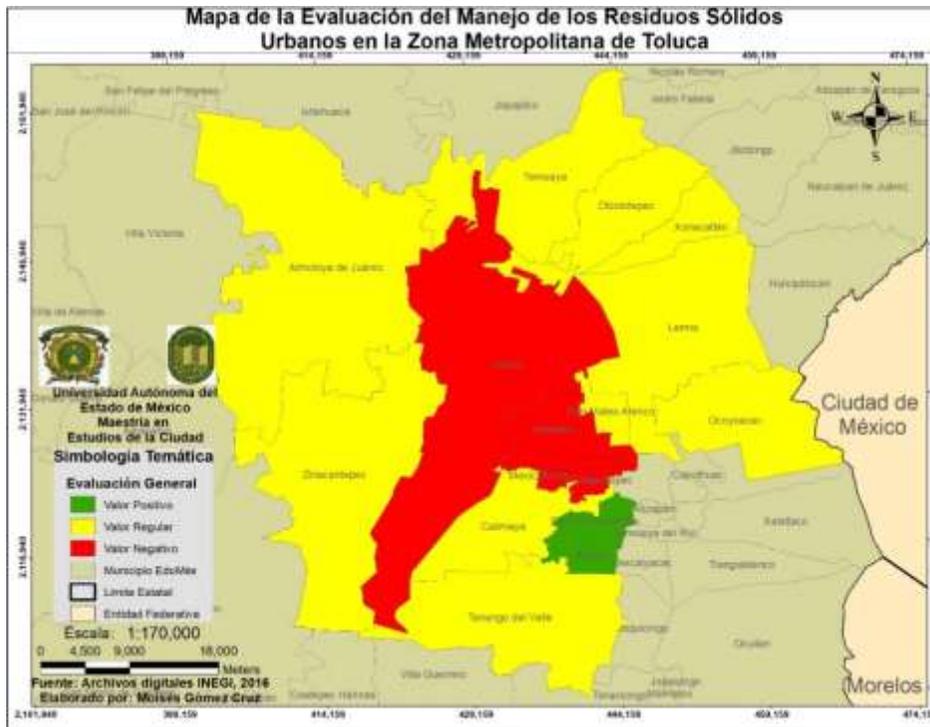
Figura 35. Mapa de la evaluación de los RSU que son entregados a una unidad recolectora o depósito en la ZMT



Fuente: Elaboración propia, 2020

Por otro lado, en el mapa de la evaluación de los RSU que son entregados a un contenedor o a una unidad recolectora en la ZMT, los municipios que no depositan son los que se ubican al norte, representado con color rojo indicado que son un valor negativo, los municipios que tienen un valor regular con color amarillo en cuanto a depositar sus RSU en los contenedores o unidades recolectoras son los municipios del centro, oriente y sur, por último se representan con color verde los municipios que cuentan con un valor positivo, o sea que depositan sus RSU en un contenedor o unidad recolectora y son los municipios colindantes al sur con el municipio de Toluca.

Figura 36. Mapa de la evaluación general del manejo de los RSU en la ZMT



Fuente: Elaboración propia, 2020

Por último, el mapa de la evaluación del manejo de los RSU en la ZMT, se representa que los municipios con color rojo, valores negativos en cuanto a su manejo de los RSU, son los municipios centrales de Toluca, Metepec, Mexicaltzingo y Chapultepec, los municipios con valor regular, o sea color amarillo y que por lo tanto su manejo de los RSU es regular, son los municipios al oriente, poniente y al sur, solo dos municipios tienen un valor positivo, esto quiere decir que el manejo de sus RSU es eficiente y son Rayón y San Antonio la Isla.

4.4. Lineamientos generales del manejo de RSU a través de basura cero para la ZMT

En este apartado, la evaluación obtenida desde los resultados que surgen de la matriz metodológica del diagnóstico de los RSU en la Zona Metropolitana, ayuda a poder crear reglas o pasos para el posible desarrollo de un manejo integral de residuos sólidos urbanos a través de basura cero o a mejorar el actual manejo integral e integrar basura cero, desde poder vincular algunos de los indicadores de ambas técnicas de tratar los RSU para abordar los municipios de la ZMT, comenzando con los municipios con mayores indicadores negativos en su evaluación.

Por lo tanto, para mejorar el manejo de los RSU a través de basura cero y economía circular, de los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca y con ello incidir en el desarrollo urbano sustentable se proponen los siguientes lineamientos:

1. Elaborar bases de datos de cada una de las variables del manejo integral de los RSU en cada municipio por parte del sector público y privado para medir los RSU y tener un control.
2. Tener mayor comunicación entre la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México junto con los gobiernos municipales para tratar temas relacionados al manejo de los RSU.
3. Incorporar al manejo integral de los RSU de cada municipio existente, los objetivos de desarrollo sostenible, junto con otras estrategias del gobierno federal, para tratar de reducir la generación de RSU.
4. Integrar la educación y la capacitación de prácticas que aporten a la generación consciente de RSU, y al reciclaje como a la reutilización.
5. Mejorar las bases normativas y de planeación en materia de los RSU, siendo más rigurosas y formulando ciertos aspectos sobre el monitoreo, control y condiciones para mejorar el manejo integral.
6. Vincular y reforzar la participación ciudadana junto con la participación del gobierno además de la transparencia, para mejorar las prácticas y hacer que se cumpla y respete la ley, para hacer efectiva la educación y capacitación sobre un mejor manejo de RSU.
7. Anexar en los marcos de planeación y de programas, metas que contemplen la reducción de la generación de RSU y el fortalecimiento para el reciclaje y la reutilización.

Para poder llevar a cabo los lineamientos mencionados, se deben considerar las siguientes acciones:

Creación de un plan de desarrollo urbano metropolitano de la ZMT:

Crear un plan donde se integre el aspecto de los RSU enfocado a basura cero y fijar principalmente metas u objetivos de reducción, reciclar y aprovechar los residuos, dichas metas se tendrán que cumplir en un mediano o largo plazo, junto con el seguimiento de cada uno de los objetivos, y por lo tanto, también la creación de un programa de residuos sólidos

urbanos, donde se establezca el control, la medición, sobre todo la reducción y el aprovechamiento de los municipios de la ZMT, para tratar de reducir la colocación de los residuos en los rellenos sanitarios y que estos sigan contaminando.

Esto con el fin de mejorar y actualizar el actual Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca (PRDUVT), que contempla a manera muy general el manejo de los RSU que se debe llevar en cada municipio de la región, sumando que se tienen que actualizar temas relacionados y que abarcan al actual desarrollo urbano de la región o ahora de la ZMT.

Reformar la educación básica e integrar temas de medio ambiente y el manejo de los RSU:

Modificar e integrar temas que fortalezcan los aspectos del medio ambiente y los residuos sólidos urbanos, empezando por los niños, creando la cultura y el hábito de manejar los RSU de una forma más adecuada, pero sobre todo más eficiente, para que las sociedades desde pequeñas reduzcan la generación de los residuos y aprendan a reciclar y reusar los RSU.

Crear y reformar el marco normativo sobre los RSU del país:

Con el fin de mejorar el manejo de los RSU e ir adoptando basura cero para empezar a aplicarlo en la zona de estudio y en el país, es necesario reformar el marco normativo en cuestión de los RSU de México, para poder llevar a cabo las metas u objetivos de reducción de RSU, aplicar basura cero y además tener un control de los residuos, una medición, y al menos asumir más la importancia del tema, en los tres niveles de gobierno, ya que pareciera ser que el tema de los residuos no se ha actualizado en cuestión de la normatividad, y por lo tanto los gobiernos municipales, estatales y el federal no tienen esa congruencia de mejorar el manejo de los RSU.

Desarrollar talleres, programas locales y municipales:

El desarrollar talleres, programas o actividades que conduzcan a generar menos RSU son de importancia, ya sea en cualquier ámbito de la sociedad, éstos, acompañados con la difusión y participación de la sociedad y gobierno, con el objetivo de orientar y tratar de reducir la generación de los residuos, reciclar y reusar e ir creando un hábito en el que se depositen menor cantidad de residuos en los recipientes que contienen estos residuos y por consiguiente al relleno sanitario.

Crear objetivos o metas que orienten a generar menos y aprovechar los RSU:

Objetivos o metas en el marco de planeación para poder reducir, pero también aprovechar los RSU ya generados, esto con técnicas que se implementan ya en otros sitios como los que se veían en el marco de referencia, ya sea por la generación de composta, generación de biogás, de energía eléctrica, o el reúso y así lograr integrar esos residuos sólidos urbanos.

A manera de resumen en capítulo se aplicó la metodología en la ZMT derivada de los PDM y PMDU y se complementó con las bases de datos censales del INEGI. Esta metodología consistió en la elaboración del diagnóstico del manejo de los RSU de los municipios que integran la zona de estudio. Y posteriormente se diseñó una matriz de variables e indicadores para evaluar el manejo de los residuos sólidos mediante la técnica del semáforo.

A partir de los resultados de cada municipio, se establecieron lineamientos apoyados de acciones. Estos lineamientos van enfocados principalmente a los municipios con valores críticos como los que arrojaron valores negativos y regulares, con el fin de tratar de mejorar su manejo de RSU al adoptar el enfoque de basura cero e ir direccionando al manejo a tratar de reducir la generación de los residuos y aprovecharlos, mejorando con ello la sustentabilidad urbana en la zona de estudio.

4.5. Conclusión parcial

Este apartado sirvió para poder identificar los valores de cada resultado de la matriz metodológica, empezando con el análisis de la zona metropolitana de Toluca (ZMT) con ayuda de los planes de desarrollo municipal y los planes municipales de desarrollo urbano (PDM y PMDU) en un primer acercamiento, que se complementó con un estudio de selección de las bases de datos en censos de INEGI y se terminó por completar el diagnóstico del manejo de los RSU y la posterior obtención de resultados de los indicadores por su variable.

Esta matriz ya terminada y que demostró el diagnóstico de la ZMT, sirvió posteriormente como base a una evaluación que se realizó por la técnica de semáforos, en el que se representaron los valores de cada municipio y con ello, la condición en la que se encuentran respecto al manejo de los RSU tomando en cuenta indicadores que también intervienen con basura cero.

Derivado de los resultados de cada municipio, lo que al final se llevó a elaborar fue crear lineamientos apoyado de acciones, estos lineamientos van enfocados al área de estudio pero sobre todo con atención prioritaria a los municipios con valores más críticos como los que arrojaron valores negativos y regulares, con el fin de tratar de mejorar el manejo de los RSU adoptando basura cero e ir direccionando al manejo a llevar a reducir la generación de los residuos y aprovecharlos, mejorando la sustentabilidad urbana en la zona de estudio.

Conclusiones

La fundamentación conceptual central de esta investigación que se efectuó en el primer capítulo, tiene que ver con la descripción que se realizó con base en el desarrollo sustentable y sus antecedentes, ya que se comprendió el análisis de la relación del medio ambiente con el desarrollo de las naciones en las últimas décadas del siglo XX. Además de la representación del mismo concepto en el desarrollo urbano y sus enfoques, también se buscó describir en qué consistía el desarrollo urbano sustentable, ciudad, desarrollo urbano, y metabolismo urbano enfocado a los residuos sólidos urbanos (RSU) ya que el área de estudio de la investigación abarca a la zona metropolitana de Toluca (ZMT).

Además de describir, se indagó para integrar y explicar el concepto residuos sólidos urbanos, su clasificación y manejo junto con sus etapas, también se expuso el enfoque de basura cero, junto con el de la economía circular, lo cual fue fundamental para identificar las variables del planteamiento del problema y justificaron para fundamentar la investigación.

Derivado de la revisión de la tendencia internacional y nacional del enfoque de basura cero y como se ha desenvuelto, se describe en el segundo capítulo a nivel internacional algunos casos de estudio donde se demostró que algunas ciudades reportan significativo avance en la reducción de sus RSU y que son ciudades punteras en la reducción de sus residuos, enfoque que se ha puesto en marcha ya que sus gestiones en cuanto a los residuos demostraban ser ineficientes antes de la llegada de basura cero.

Entre las principales características que tienen estas ciudades al poner en marcha basura cero son la intervención de variables sociales, culturales, al poder tener una fuerte participación de las sociedades junto con el gobierno para la toma de decisiones, contar con un marco legal que respalde la propuesta de basura cero y del Estado para así asumir una eficiencia en el enfoque de basura cero, un gobierno participativo e incluyente y la disposición de llevar a cabo las metas con una base jurídica sólida, tales prácticas se empiezan a observar en las tendencias nacionales al analizar los casos en otras entidades de este país.

El gobierno federal de México, ha impulsado basura cero, a través de la iniciativa titulada “Visión nacional hacia una gestión sustentable: cero residuos” (SEMARNAT, 2019), pero debido a la insuficiente atención en los gobiernos estatales y municipales se observa una

considerable ausencia en el marco normativo y jurídico al no amparar basura cero, ya que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 115 señala que los municipios están a cargo de las funciones del manejo de los RSU, pero en la práctica este manejo no es del todo eficiente de ahí la importancia del avanzar en el enfoque basura cero.

Para implementar el enfoque de basura cero en México se requiere reestructurar los marcos jurídicos y de planeación, pero también hay que fortalecer el compromiso con la sociedad para reducir la generación de residuos y cambiar hábitos, principalmente en la forma producir y consumir, como lo vienen practicando la tendencia internacional.

El objetivo de investigación fue evaluar el manejo integral de los residuos sólidos urbanos a través de los principios de basura cero y economía circular, mismo que se cumplió empleando una serie de variables e indicadores y con criterios de evaluación definidos y presentados con la técnica del semáforo.

Con relación a la hipótesis planteada, se cumplió y se pudo constatar que México está entrando en la transición a basura cero, pero sigue atado a la normatividad vigente sobre RSU, además de la falta de información acerca del monitoreo y control de los residuos, así como de los materiales que se reciclan y reúsan.

Sobre la elaboración de un marco de referencia, se creó con la finalidad de comparar los casos de estudio relacionados con el tema de esta investigación, además de analizar y retomar los aspectos más importantes y vincularlos metodológicamente con este trabajo.

El marco teórico conceptual fue la base para dar sustento al trabajo y describir los teorías y conceptos, que describen el problema de investigación, relacionándolo con los residuos sólidos urbanos (RSU). En cuanto al marco jurídico y normativo sobre los RSU en México esta desactualizado y lo mismo se observó en las normas con respecto a basura cero y economía circular.

La propuesta metodológica desde el enfoque de basura cero y economía circular inicio con el análisis del manejo de los RSU en los municipios de la ZMT, para realizar un diagnóstico con base en los PDUM, PMD y de la información del INEGI, y se obtuvo una base de datos. Cada uno de los planes reporta información de residuos, pero en unos municipios está más

completa debido a la carencia de información, algunas variables e indicadores del esquema de basura cero quedaron fuera de la matriz y no pudieron ser retomadas derivado de la falta de información, y ausencia de monitoreo de residuos por parte del sector público y privado.

La metodología realizada es totalmente replicable en zonas urbanas y municipios, además de poder complementar indicadores la matriz si surge información necesaria. La metodología se sintetiza en una matriz, enriquecida con la revisión de literatura, contiene variables e indicadores con enfoque de basura cero y todo ello con el propósito de establecer la evaluación del manejo integral de los RSU en los municipios de la ZMT. A través de la evaluación realizada se clasifican los resultados por semáforos.

Los resultados de la evaluación son: para la generación de los RSU en la ZMT, los municipios con valores negativos, esto quiere decir, los municipios con mayor generación de los RSU son los municipios centrales, junto con un municipio al norte que es Otzolotepec, y al sur el municipio de Tenango del Valle, mientras los municipios que cuentan con una generación regular de RSU son, Almoloya de Juárez, Calimaya, y Ocoyoacac.

En el caso de la evaluación de la población que recicla residuos orgánicos en la ZMT, demuestra que parte de los municipios centrales y los colindantes al Sur de Toluca no reciclan los residuos orgánicos o lo hacen deficientemente, estos municipios cuentan con valores negativos, los municipios con un valor regular, que quiere decir que reciclan los residuos orgánicos de una forma regular son el resto de municipios al norte y oriente de la ZMT, junto con Tenango del Valle al sur.

Por otro lado, la evaluación de la separación de los residuos antes de que sean depositados en un contenedor o en una unidad recolectora, los municipios que no separan o que separan de una forma deficiente (valor negativo), son los municipios que se ubican al poniente de la ZMT, mientras que los municipios que separan sus RSU de una forma regular, son los municipios que están al oriente (Temoaya, Otzolotepec, Xonacatlán, Lerma, San Mateo Atenco y Ocoyoacac).

Los resultados de la evaluación en general del manejo de los RSU en la ZMT demuestran que se identificó que los municipios con valores negativos en cuanto a su manejo de los RSU, son los municipios centrales de Toluca, Metepec, Mexicaltzingo y Chapultepec, los

municipios con valor regular, o sea que el manejo de sus RSU es regular, son los municipios al oriente, poniente y al sur, solo dos municipios tienen un valor positivo, esto quiere decir que el manejo de sus RSU es eficiente y son Rayón y San Antonio la Isla.

Derivado de situación encontrada, se proponen lineamientos de manejo de RSU a través del enfoque de basura cero, a fin de coadyuvar en la sustentabilidad urbana. Estos lineamientos definen acciones aplicables de manera inmediata en el corto plazo en municipios con valores negativos o manejo deficiente, luego seguir con los municipios con valores regulares y, posteriormente aplicar acciones en los que tienen valores positivos para seguir mejorando el manejo.

Se puede afirmar que en México se ha dado pasos importantes para realizar un manejo integral de residuos, sin embargo, sigue prevaleciendo la ausencia de información sobre RSU y hace falta trabajar más por parte del sector público para generar mayor cantidad y calidad de datos continuos y homogéneos para los municipios. Por ejemplo, los PDM y los PDMU reportan parcialmente información de los residuos a nivel municipal y no hay datos disponibles de empresas responsables de los rellenos sanitarios, y de recolección y/o traslado de los RSU. Es necesario que el gobierno junto con la sociedad le den importancia y responsabilidad para hacer realidad el enfoque de basura cero.

La metodología realizada y aplicada para esta investigación, su principal fortaleza es que destaca la vinculación entre dos esquemas conceptuales de abordar la gestión de los RSU, el del manejo de los residuos sólidos urbanos actual frente al enfoque de basura cero que ya es una realidad en otros países. Los dos esquemas se pueden vincular a manera de avanzar progresivamente hacia nuevos esquemas de gestión.

El enfoque de basura cero, para este trabajo, con una matriz y perspectiva de basura cero para el diagnóstico y la evaluación, si inciden en el actual manejo integral de los RSU, al generar menor cantidad de residuos que llegan a los rellenos sanitarios, por lo que es necesario reforzar esta estrategia, esto podría tomarse como el alcance de la metodología.

La implementación del enfoque de basura cero plantea desafíos, en la mayoría de los casos conocidos se aplicaron en comunidades pequeñas y en ciudades de países desarrollados, sin

embargo, si se opta por acciones desde los domicilios el tratar de reducir, reutilizar o reusar, puede hacer la diferencia, y se lograría fortalecer aún más si se le diera difusión y sobre todo si se apoyara con acciones continuas.

Es necesario establecer este cambio buscando involucrar el interés de la sociedad, ya que muchos países le están apostando a mejorar la calidad de vida de las personas con tecnologías y con la participación de la ciudadanía y del gobierno como se mencionó en la mayoría de los casos de referencia, además de un gobierno más incluyente encaminado de la renovación jurídica y normativa, ya que en México hace falta impulsar el enfoque de basura cero con estas características, los gobiernos locales de las ciudades deben renovar el manejo de los RSU.

Recomendaciones

El tema de los RSU es muy extenso, ya que siempre han existido y seguirán produciéndose a través del tiempo mientras los asentamientos humanos los generen, por lo tanto, el concepto de los RSU da para diversas líneas de investigación, por lo que algunas recomendaciones son las siguientes:

- El actual manejo integral de los RSU, en los municipios de la zona de estudio y del país se tiene diversas deficiencias en la operatividad, se sugiere fortalecer el seguimiento de los RSU de los municipios y llevar una cuantificación más exacta de ellos, ya que aún es deficiente el conteo que se tiene de los residuos en la zona de estudio, esto facilitaría futuras investigaciones.
- Otra recomendación es abordar el marco jurídico nacional, para reformar y fortalecer las leyes en materia de los RSU no solo después de la generación, ya que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos hace mención a que hacer con los residuos después de que se generaron, pero será bueno también abarcar el tema antes de generación, para así abrir camino hacia poner en práctica basura cero y disminuir la generación disminuir el destinado a los sitios de disposición final en

algunos municipios, sobre todo en los de la ZMT, también vale la pena fortalecer lo normativo para incluirlo por ejemplo en planes de desarrollo urbano.

Referencias

- Aitec. (2017) *Economía circular, un principio sin fin*. Blog de Aitec, WordPress. Disponible en: <http://www.aitec-intl.com/blog/?p=851> [Consultado el 20-12-2020]
- Alva, B. (2018) “El Desarrollo Urbano Sustentable, ¿Una Utopía O Un Proyecto Viable?”. *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*. México. Disponible en: <https://convergencia.uaemex.mx/article/view/9522/7937> [Consultado el 10-03-2019]. ISSN 2448-5799.
- Anzano, J. (2010) “El proceso de urbanización en el mundo, el sistema urbano, tipos de urbanismo, repercusiones ambientales y económicas”. *Sección Temario de oposiciones de Geografía e Historia*, Proyecto Clío 36. México. Disponible en: <http://clio.rediris.es> [Consultado el 10-11-2019]. ISSN: 1139-6237.
- Arroyo, F. R. (2018) “La Economía Circular Como Factor De Desarrollo Sustentable Del Sector Productivo”. *INNOVA Research Journal*. Vol. 3, No. 12, 78-98. Ecuador. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6828555.pdf> [Consultado el 12-12-2020]. ISSN 2477-9024
- Artaraz, M. (2002) “Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible”. *Ecosistemas Revista de Ecología y Medio Ambiente*. Año X, N°3/2001. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/614/580> [Consultado el 30-06-2019]
- Avendaño, E. F. (2015) *Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. Análisis del caso Bogotá D.C. programa basura cero*. Tesis de Ingeniería. Colombia. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3417/79911240.pdf;jsessionid=1531659B67618A2923B322FC3A59F797.jvm1?sequence=1> [Consultado el 13-11-2019]
- Barrionuevo, J. (2016) “Desarrollo y crecimiento económico”. *Revista Vistazo*. Edición especial 500. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/323317855_Desarrollo_y_crecimiento_economico [Consultado el 23-01-2020]
- Becerra, F. A. y Pino J. R. (2005) “Evolución del concepto de desarrollo e implicaciones en el ámbito territorial: experiencia desde Cuba”. *Economía, Sociedad y Territorio*. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/111/11101705.pdf> [Consultado el 25-06-2019]

- Bernache, G. (2015) “La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales, Sociedad y Ambiente”. *El Colegio de la Frontera Sur Campeche*. México. Vol. 1, núm. 7. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4557/455744912004.pdf> [Consultado el 10-09-2019]
- Bifani, P. (1999) *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Instituto de Estudios Políticos para América Latina y África (IEPALA) Editorial. 4a. ed. Madrid, España.
- Cabrera, C. (2014) *Propuesta para una gestión sustentable de residuos sólidos urbanos en el municipio de Metepec, Estado de México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Planeación Urbana y Regional, México, Disponible en: http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/32717/Tesis_AdrianaCabreraG.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Consultado el 10-03-2020]
- Camagni, R. (2005) *Economía Urbana*. Antoni Bosch, editor, S.A. España. Disponible en: https://archive.org/stream/pdfy-ZZHFwu51mlLJOV6f/Economia%20Urbana%20Roberto%20Camagni_djvu.txt [Consultado el 10-11-2019]
- Cárdenas, L. A. (1999) “Definición de un marco teórico para comprender el concepto del desarrollo sustentable”. *Revista de Urbanismo*. N°1. Disponible en: <http://revistaurbanismo.uchile.cl> [Consultado el 10-03-2019]. ISSN 0717-5051
- Carrasco, B. V. y Vargas, J. T. (2015) “Basura cero como alternativa a la incineración de residuos en cementeras Movimiento Pro Salud, Apaxco, México”. *ecologíaPolítica*. Repositorio Institucional RI. Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65212> [Consultado el 20-07-2019]
- Castillo, P. (2011) “Política Económica: Crecimiento Económico, Desarrollo Económico, Desarrollo Sostenible”. *Revista Internacional del Mundo Económico y del Derecho*. Volumen III, Disponible en: <http://www.revistainternacionaldelmundoeconomicoydelderecho.net/wp-content/uploads/RIMED-Pol%C3%ADtica-econ%C3%B3mica.pdf> [Consultado el 13-01-2020]
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Ministerio de Desarrollo Social de Chile. (2016) “Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios”. *Manuales de la CEPAL 02*. Santiago, Chile. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40407/1/S1500804_es.pdf [Consultado el 28-08-2019]. ISSN 2518-3923
- Connett, P. y Sheehan, B. (2001) *A Citizen's Guide to Zero Waste*. G&GVideo, GRRN. Disponible en: http://archive.grn.org/zerowaste/community/activist/citizens_agenda_2_read.pdf [Consultado el 10-12-2019]
- Daly, H. E. (1994) “De la economía de un mundo vacío a la de un mundo lleno. Reconocimiento de una coyuntura histórica en el desarrollo económico”. En Goodland, R., Herman E. Daly, H.,

Salah El Serafy y Bernd von Droste (Eds.). *Desarrollo económico sostenible*. TM Editores, p. 54. Santafé de Bogotá. [Consultado el 20-12-2019]

De Valle, G. (2005) *La Gestión Integral Sustentable de residuos sólidos urbanos: Diagnóstico y evaluación para la ciudad de Saltillo, Coahuila*. Tesis de Maestría. El Colegio de México. México, D.F. Disponible en: https://colmex.userservices.exlibrisgroup.com/view/delivery/52COLMEX_INST/1264684900002716?language=es [Consultado el 18-12-2019]

Delgado, C. (2016) “Miradas sobre la ciudad desde la geografía, la historia y el urbanismo. el estado de la cuestión a comienzos del siglo XXI”. *Ciudades* 19 (1) 2016: 117-142. Valladolid, España. Disponible en: <https://revistas.uva.es/index.php/ciudades/article/view/1097> [Consultado el 10-11-2019]

Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas (DIPNU). (2002) “La Cumbre de Johannesburgo: panorama general”. *Síntesis, ONU*. Disponible en: https://www.un.org/spanish/conferences/wssd/cumbre_ni.htm [Consultado el 19-06-2020]

Díaz, C. (2014) “Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades”. *INTERdisciplina*. Vol. 2, núm. 2. Colombia. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/inter/article/download/46524/41776> [Consultado el 10-11-2019]

Díaz, R. y Escárcega, S. (2009) “Desarrollo Sustentable, una oportunidad para la vida”. *McGRAW-HILL*. México. Disponible en: <http://siar.minam.gob.pe/puno/download/file/fid/59731> [Consultado el 25-07-2019] ISBN: 9789701070253

Díaz, L. C. y Tinoco, M. A. (2019) The Urban Solid Wastes Management in Cuautlancingo, Puebla, Towards a Circular Economy: Social and Economic Impacts of CE to the Region – Innovative Business Models. En Franco, M. y Carpio, J. *Towards Zero Waste Circular Economy Boost, Waste to Resources*. (105-120) Cham, Switzerland. Springer Nature Switzerland AG. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92931-6> [Consultado el 22-01-2020]

Durán, H. (1997) “Gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos: un enfoque de política integral”. *Comisión Económica para América Latina y El Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL) y Cooperación Técnica Alemana (GTZ)*. Santiago de Chile. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/30966> [Consultado el 17-05-2019]

Ellen MacArthur Foundation. (2013) “Towards the Circular Economy”. *Economic and business rationale for an accelerated transition*. Disponible en <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf> [Consultado el 15-11-2019]

Enkerlin, H., Cano, E. C., Garza, G., Vogel, R. A. y Enrique. (1997) *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. International Thomson Editores. México D.F.

- EPA. (2018) Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, EPA en español, [Consultado el 29-08-2019] Disponible en: <https://espanol.epa.gov/>
- Escobar, J. L. y Jiménez, J. S. (2009) “Urbanismo y sustentabilidad: estado actual del desarrollo urbano de la ZMVM”. *Revista Digital Universitaria*. Volumen 10 Número 7. Disponible el: <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num7/art40/art40.pdf> [Consultado el 10-11-2019]. ISSN: 1067-6079
- Fernández, J., Cisneros, G. y Otero, F. (2009) “Régimen Jurídico del Urbanismo, Memoria del Primer Congreso de Derecho Administrativo Mexicano”. *Universidad Nacional Autónoma de México*. Primera edición. México. Disponible en: <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/6/2735/10.pdf> [Consultado el 10-11-2019]
- Flores, B. T. (2008) “¿Desarrollo sostenible o sustentable?” *Asociación Boliviana Prodefensa de la Naturaleza*, Disponible en: <https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uct=8&ved=0ahUKEwi%2Fname%2Fdesarrollo%2520sostenible%2520o%2520sustentabledf&usg=AFQjCNGv5RTsYFYiYY7oTN1UJre3Iwg&sig=Iaq2FtmBHy1oWE4eERW55g> [Consultado el 28-07-2019]
- Franco, M. y Carpio, J. (2019) “Towards Zero Waste Circular Economy Boost, Waste to Resources”. *Springer Nature Switzerland AG, Greening of Industry Networks Studies*, Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92931-6> [Consultado el 22-01-2020]. ISSN 2543-0246
- Gamboa, F. (2015) *Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en el municipio de Toluca, Estado de México 2009 a 2013*. Tesis de Maestría, Facultad de Planeación Urbana y Regional, Universidad Autónoma del Estado de México. [Consultado el 13-05-2020]
- Gobierno del Estado de México (GEM). (1993) “Ley orgánica municipal del Estado de México”. Publicada en la *Gaceta del Gobierno*, última reforma 29-12-2019. Disponible en: <http://www.secretariadeasuntosparlamentarios.gob.mx/mainstream/Actividad/legislacion/leyes/pdf/061.pdf> [Consultado el 15-11-2020]
- Gobierno del Estado de México (GEM). (1995) “Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México”. Disponible en: <https://legislacion.edomex.gob.mx/node/842> [Consultado el 10-05-2020]
- Gobierno del Estado de México (GEM). (2006) “Código para la Biodiversidad del Estado de México”. Publicada en la *Gaceta del Gobierno* en mayo, última reforma 29-05-2008. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/4/321Ley%20de%20Desarrollo%20For%20del%20Sustentable%20del%20Estado%20de%20M%C3%A9xico.pdf> [Consultado el 11-05-2020]
- Gobierno del Estado de México (GEM). (2018) “Programa de protección civil para basureros” *Protección Civil del Estado de México*. Disponible en:

<http://cgproteccioncivil.edomex.gob.mx/sites/cgproteccioncivil.edomex.gob.mx/files/files/programas%20de%20Prevencion/Programas%20pdf/programas%20logo%202018/PPC%20Basureros2018v1.pdf> [Consultado el 16-10-2018]

Gobierno del Estado de México (GEM). (2018) “Plan de desarrollo del Estado de México 2017 – 2023”. Disponible en: http://planeacion.uaemex.mx/InfBasCon/GEM/2017-2023/Plan_de_Desarrollo_2017-2023_.pdf [Consultado el 18-05-2019]

Gobierno Federal (GF). (1917) “Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”. Última reforma publicada en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)* 06-03-2020, Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_060320.pdf [Consultado el 20-05-2020]

Gobierno Federal (GF). (2013) “Ley Federal de Responsabilidades Ambientales”. Publicada en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)* en junio del 2020. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFRA.pdf> [Consultado el 09-05-2020]

Gobierno Federal (GF). (1988) “Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente”. Publicada en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)* en febrero de 1988, última reforma 09-01-2015. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf [Consultado el 08-05-2020]

Gobierno Federal (GF). (2003) “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos”. Publicada en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)* en octubre del 2003, última reforma 19-01-2018. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_190118.pdf [Consultado el 07-05-2020]

Gobierno Vasco. (2015) “Plan de Prevención y Gestión de Residuos Sólidos Urbanos de la CAPV/2020, Hacia una Economía Circular”. *Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial*. Disponible en: [https://www.irekia.euskadi.eus/uploads/attachments/10852/Plan_Residuos_CAPV_2020.pdf](https://www.irekia.euskadi.eus/uploads/attachments/10852/Plan_Residuos_CAPV_2020.pdf?f?1515424141) [Consultado el 15-11-2019]

González, C. (2017) “Toluca Genera hasta 844 toneladas de basura al día”, *Milenio Estado de México*. Pressreader. Disponible en: <https://www.pressreader.com/mexico/milenio-edo-de-m%C3%A9xico/20170312/281595240335431> [Consultado el 16-10-2018]

Greenpeace. (2004) Plan de Basura Cero para Buenos Aires. Buenos Aires: Greenpeace. Disponible en <http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2006/8/plan-de-basura-cero-para-bueno.pdf> [Consultado el 12-11-2019]

Guimarães, R. P. (2003) *Tierra de sombras: desafíos de la sustentabilidad y del desarrollo territorial y local ante la globalización corporativa*. CEPAL, p. 12. Santiago de Chile.

Guzmán, M. y Macías C. H. (2012) “El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México”. *Estudios Sociales*. vol. 20, núm. 39. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572012000100009 [Consultado el 17-05-2019]

- H. Ayuntamiento de Toluca. (2018) “Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca 2016 – 2018”. Disponible en: <http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2018/dic201.pdf> [Consultado el 28-05-2019]
- Hart, M. (1998) *Sustainable Community Indicators Trainer’s Workshop*. Development of this workshop was sponsored by the US EPA Office of Sustainable Ecosystems and Communities (OSEC) under a cooperative agreement with Lowell Center for Sustainable. University of Massachusetts, US [Consultado el 29-01-2020]
- Higueras, E. (2009) “La Ciudad como Ecosistema Urbano”. *Editorial DAPP*. Capítulo 2. Disponible en: <http://oa.upm.es/16625/1/Ecosistema.pdf> [Consultado el 10-11-2019]
- Ihobe y Gobierno Vasco. (2018) “Indicadores de economía circular Euskadi 2018”. Marco de seguimiento Europeo, *Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda*. Alda. de Urquijo n.º 36-6.ª 48011. Bilbao. Disponible en: https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/economia_circular/eu_def/adjuntos/Indicadores_economia_circular_pais_vasco_2018.pdf [Consultado el 15-11-2019]
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en: <http://www.inegi.org.mx/>
- Inga, Y. P. (2015) “Caracterización de residuos sólidos municipales de la zona urbana del Distrito de la Llata, Provincia de Huamalies”. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Perú, Disponible en: https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/FIN ALLL.pdf [Consultado el 30-06-2019]
- Iossifova, D., Doll, C. y Gasparatos, A. (2018) *Defining the Urban Interdisciplinary and Professional Perspectives*. Routledge. EE. UU. ISBN: 9781472449498
- Jackson, P. (2020) “De Estocolmo a Kyoto: Breve historia del cambio climático”. *ONU*. Crónica ONU. Disponible en: <https://www.un.org/es/chronicle/article/de-estocolmo-kyotobreve-historia-del-cambio-climatico> [Consultado el 20-06-2020]
- Jiménez, N. (2015) “La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad”. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*. N.º 17. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/es/revista/letras-verdes-quito/articulo/la-gestion-integral-de-residuos-solidos-urbanos-en-mexico-entre-la-intencion-y-la-realidad> [Consultado el 11-11-2019]
- Kaza, S., Lisa, Y., Bhada, T. y Van Woerden, F. (2018) “What a Waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050”. *World Bank Group*. International Bank for Reconstruction and Development. Washington, DC. 20433 ISBN (paper): 978-1-4648-1329-0. Disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> [Consultado el 25-05-2019]
- Kowszyk, Y. y Maher, R. (2011) “Estudios de caso sobre modelos de Economía Circular e integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en estrategias empresariales en la UE

y ALC”. *Fundación EU-LAC*. Perspectivas Económicas Birregionales. Disponible en: https://eulacfoundation.org/es/system/files/economia_circular_ods.pdf [Consultado el 14-11-2019]

- Larrouyet, C. (2015) “Desarrollo sustentable. Origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta”. *RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes*. Argentina. Disponible en: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/154> [Consultado el 15-11-2019]
- Lezama, J. L. y Domínguez, J. (2006) “Medio ambiente y sustentabilidad urbana”. El Colegio de México. *Papeles de POBLACIÓN* No. 49 CIEAP/UAEM. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/112/11204906.pdf> [Consultado el 30-07-2019]
- López, M. (2014) *Sustentabilidad y desarrollo sustentable. Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa*. Trillas. México. ISBN-10: 9682474574
- López, C. D., López, E. S. y Ancona, I. (2005) “Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual Horizonte Sanitario”. *Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*. México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/4578/457845044002.pdf> [Consultado el 22-07-2019]
- López, O. (2004) “La sustentabilidad urbana”. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, Vol. 1. núm. 8. Colombia, Disponible en: <file:///D:/La%20sustentabilidad%20urbana2.pdf> [Consultado el 13-05-2019]
- Lustre, J. (2014) *Desarrollo sustentable, medio ambiente y tratamiento integral de residuos sólidos en el municipio de Metepec, Estado de México*. Tesina de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Políticas Y Sociales. México. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/30540> [Consultado el 14-11-2019]
- Martínez, S. (2016) *Propuesta de Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) para el Municipio de San Mateo Atenco, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Planeación Urbana y Regional. México. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/62634> [Consultado el 01-03-2020]
- Medina, J. y Jiménez, I. (2001) “Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales” *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)*. México. Disponible en: <https://www.lopezbarbosa.net/app/download/6363151468/Guia+para+la+gestion+integral+de+residuos+municipales.pdf?t=1347823748> [Consultado el 02-03-2020]. ISBN: 968817498X
- Méndez, M. (2012) *La Sostenibilidad y la Sustentabilidad en los museos, dos enfoques principales: la museología tradicional y la nueva museología; estudio de caso en dos museos de la provincia de Pichincha*. Tesis de Licenciatura. Universidad Tecnológica Equinoccial. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4557/1/50939_1.pdf [Consultado el 28-12-2019]

- Meppem, T. y Roderic, G. (1998) *Planning for sustainability as a learning concept*. Ecological Economics. Núm. 26. pp. 121-137. [Consultado el 29-11-2019]
- Miranda, V. y Jiménez, P. L. (2011) “Sustentabilidad urbana planteamientos teóricos y conceptuales”. *Quivera*. 2011-1. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/39108/40118420011.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consultado el 06-03-2019]
- Negrete, M. E. y Salazar, H. (1986) *Zonas metropolitanas en México, 1980*. El Colegio de México. Centros de Estudios Demográficos Urbanos y Ambientales. Vol. 1, Núm. 1. pp. 97-124. [Consultado el 27-12-2019]
- Observatorio Medio Ambiente. (2006) “Fundación Biodiversidad”. *Fondo Social Europeo. Iniciativa Empresarial y Formación Continua*. Disponible en: <http://observatorio.medioambiente.gloobal.net/> [Consultado el 29-08-2019]
- Ochoa, O. (2009) “Recolección y disposición final de los desechos sólidos, zona metropolitana. Caso: Ciudad Bolívar”. Disponible en: <http://www.cianz.org.ve> [Consultado el 21-04-2019]
- Ojeda, L., Quintero, G., Whitty, M. y Smith, C. (2008) “Generación de residuos sólidos domiciliarios por periodo estacional: el caso de una ciudad mexicana”. *I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*, Castellón 23-24. México. Disponible en: <http://www.redisa.net/doc/artSim2008/gestion/A26.pdf> [Consultado el 29-11-2019]
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2016) “Nueva Agenda Urbana”. *Hábitat III*. Disponible en: www.habitat3.org [Consultado el 03-10-2019]
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) y Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2016) “Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe”. *ONU*. Santiago. Disponible en: <http://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf> [Consultado el 10-03-2019]. S.16-00505
- ONU-Hábitat. (2018) “Waste-Wise Cities”. *World Habitat Day Municipal Solid Waste Management*, Disponible en: <https://www.unhabitat.org/wp-content/uploads/2018/10/Advocacy-Toolkit-And-Guide.pdf> [Consultado el 15-10-2019]
- ONU-Hábitat. (2019) “Tecnologías de Vanguardia como una herramienta innovadora para transformar los Desechos en Riqueza”. *Nota Conceptual*. Disponible en: <https://www.onuhabitat.org.mx/images/octubre-urbano/2019/PDF/Dia-Mundial-del-Habitat.pdf> [Consultado el 29-10-2019]
- Ordoñez, E. (2013) *Propuesta de gestión integral de residuos sólidos municipales para el servicio de limpia en Otzolotepec, Méx, (2009-2012)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. México. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/30664/PROPUESTA+DE+GESTI%D3N+INTEGRAL+DE+RESIDUOS+S%D3LIDOS+MUNICIPALES+PARA+EL+SERVICI>

OS+DE+LIMPIA+EN+OTZOLOTEPEC,+MEX.pdf;jsessionid=659D2DFC254D79B6900DD6352D8AB068?sequence=1 [Consultado el 02-03-2020]

Ortiz, D. C. y Arévalo, N. E. (2016) “El desarrollo sostenible y desarrollo sustentable: concepto, uso y pertinencia”. *Universidad La Gran Colombia*. Colombia. Disponible en: <http://www.aeca1.org/xviiencuentroaeca/comunicaciones/113h.pdf> [Consultado el 24-01-2020]

Panarisi, E. (2015) “*Basura Cero, una política pública para el siglo XXI*”. *El caso de la ciudad de Rosario*. Tesina de Licenciatura. Facultad de Ciencia Política y RRII Escuela de Ciencia Política. Disponible en: <https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/5986/Tesis%20Edgardo%20Panarisi.pdf?sequence=3> [Consultado el 14-11-2019]

Parlamento Europeo. (2015) “Economía circular: definición, importancia y beneficios”. *Noticias Parlamento Europeo*. Economía. Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios> [Consultado el 10-02-2021]

Peinado-Vara, E. (2017) “Más allá del reciclaje: un modelo de economía circular para América Latina y el Caribe.”. *Multilateral Investment Fund*. Disponible en: [https://www.fomin.org/es-es/PORTADA/Noticias/article-details\(es-ES\)/ArtMID/19154/ArticleID/12673/M225s-all225-del-reciclaje-un-modelo-de-econom237a-circular-para-Am233rica-Latina-y-el-Caribe.aspx](https://www.fomin.org/es-es/PORTADA/Noticias/article-details(es-ES)/ArtMID/19154/ArticleID/12673/M225s-all225-del-reciclaje-un-modelo-de-econom237a-circular-para-Am233rica-Latina-y-el-Caribe.aspx) [Consultado el 16-12-2020]

Petts, J. (1994) “Effective waste management: understanding and dealing with public concerns”. *Waste Management and Research*. No. 3, Vol. 12. [Consultado el 19-01-2020]

Pichs, R. (2000) “Comercio y medio ambiente en un mundo globalizado. Desafíos para América Latina y el Caribe”. *Seminario Económico Crítico ante los Cambios del Sistema Mundial*. Disponible en: <http://www.redem.buap.mx/semipichs.htm> [Consultado el 30-07-2019]

Plasencia, V., González, M. A. y Franco M. L. (2019) A Circular Model of Residential Composting in Mexico City, En Franco, M. y Carpio, J. Towards Zero Waste Circular Economy Boost, Waste to Resources. (239-264) Cham, Switzerland. Springer Nature Switzerland AG. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92931-6> [Consultado el 22-01-2020]

Plessis, C. (2002) “Agenda 21 for sustainable construction in developing countries”. *WSSD. Programme for Sustainable Human Settlements*. Sudáfrica. Disponible en: <http://www.unep.or.jp/ietc/Focus/Agenda%2021%20BOOK.pdf> [Consultado el 28-07-2019]

Priego, C. (2003) “La institucionalidad ambiental nacional e internacional”. En Hernández, J. R. y Parra, O. (Ed.). *Conceptos básicos sobre medio ambiente y desarrollo sustentable*. Buenos Aires. INET, GTZ. p. 332. [Consultado el 21-12-2019]

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2020) “Objetivos de Desarrollo Sostenible”. Antecedentes. Disponible en:

<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background.html> [Consultado el 12-06-2020]

- Ramírez, A. y Sánchez, J. M. (2009) “Enfoques de desarrollo sostenible y urbanismo”. *Revista Digital Universitaria UNAM*. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num7/art42/art42.pdf> [Consultado el 29-01-2020]. ISSN: 1067-6079
- Ramírez, A., Sánchez, J. M. y García, A. (2004) “El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis”. *Revista del Centro de Investigación*. Universidad La Salle. Vol. 6, Núm. 21. México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/342/34202107.pdf> [Consultado el 30-07-2019]
- Ramos, A. (2013) *Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos para el municipio de Metepec, Universidad Autónoma del Estado de México*. Tesina de Ingeniería. Facultad de Química. México. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/14163/400585.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consultado el 02-03-2020]
- Ray, A. (2008) “Waste Management in Developing Asia: Can Trade and Cooperation help?”. *The Journal of Environment & Development*. Vol. 17, Núm. 1. pp. 3-25. [Consultado el 28-02-2020]
- Rivera, J. E., Blanco, N. V., Alcántara, G., Pascal, E. y Pérez, J. A. (2017) “¿Desarrollo sostenible o sustentable? La controversia de un concepto”. *Revista Posgrado y Sociedad*. Sistema de Estudios de Posgrado. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6039009.pdf> [Consultado el 28-07-2019]. ISSN: 2215-2172
- Robinson, J. y Tinker, J. (1996) “Reconciling ecological, economic and social imperatives: Towards an Analytical Framework”. *Reconciling Imperatives*. Sustainable Development Research Institute. University of British Columbia. p. 11. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/235961256_Reconciling_Ecological_Economic_and_Social_Imperatives_A_New_Conceptual_Framework [Consultado el 22-02-2020]
- Rodríguez, E. y Montesillo, J. (2017) “Propuesta para la gestión sustentable de los residuos sólidos urbanos, en la zona central conurbada de Toluca”. *LEGADO de Arquitectura y Diseño*. Universidad Autónoma del Estado de México. México. No. 21. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4779/477948279059/477948279059.pdf> [Consultado del 20-11-2019]. ISSN: 2007-3615
- Rojas, J. P., Salazar, R., Sepúlveda, M. A., Sepúlveda, M. y Santelices, I. (2006) “Residuos sólidos domiciliarios: logística, una herramienta moderna para enfrentar este antiguo problema”. *Revista Ingeniería Industrial*. Año 5, Núm. 1. Chile. Disponible en: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/130/3355> [Consultado el 03-03-2020]

- Romero, J., Calderón, J. y Marmolejo, A. (2016) “Lineamientos Base para Elaborar un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Ixtlahuaca, Estado de México”, *Quivera* año 18. Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/401/40149179006.pdf> [Consultado el 01-03-2019]. ISSN 1405-8626
- Sáez, A. y Urdaneta, J. (2014) “Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe”. *Omnia*. Año 20, No. 3. Universidad del Zulia., Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/737/73737091009/> [Consultado el 20-05-2019]. ISSN: 1315-8856
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, Consejo Nacional de Población e Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (SEDATU, CONAPO e INEGI). (2018) “Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015”. México. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/305634/Delimitacion_Zonas_Metropolitanas_2015.pdf [Consultado el 12-10-2019]
- Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Gobernación y Consejo Nacional de Población (SEDESOL, SEGOB y CONAPO). (2012) “Catálogo. Sistema Urbano Nacional 2012”. México. Disponible en: <http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1539/1/images/PartesIaV.pdf> [Consultado el 05-10-2019]
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2001) “Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos”. *Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental-SEMARNAT*. México. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/minimiza6.pdf> [Consultado el 02-03-2020]. ISBN: 968-817-497-1
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2002) “Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002” publicada en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)*. Disponible en: <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1309/1/nom-098-semarnat-2002.pdf> [Consultado el 08-05-2020]
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2004) “Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003”. publicada en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)*. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/nom-083.pdf> [Consultado el 07-05-2020]
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2016) *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, Edición 2015*. México. Disponible en: <http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/tema/cap7.html#tema1> [Consultado el 16-10-2019]
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019) *Visión nacional una gestión sustentable: cero residuo*. México. Disponible en:

<https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap7.html> [Consultado el 16-08-2019]

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2020) *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. México. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf> [Consultado el 22-10-2020]

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). (2006) *Guía para la elaboración de programas municipales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbano*. México, Disponible en: https://www.oaxaca.gob.mx/semaedeso/wp-content/uploads/sites/59/2016/02/Gu%C3%ADa_PMPGIRSU.pdf [Consultado el 11-11-2019]. ISBN: 970-9983-01-6

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2018) *Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México. Disponible en: <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/117> [Consultado el 01-11-2019]

Sobrino, J. (1993) *Gobierno y administración metropolitana y regional*. Instituto Nacional de Administración Pública, A. C. México.

Solano, D. (2007) “Desarrollo, sostenibilidad y cambios. Una trilogía indesligable.”. *Cuad. Difus.* Universidad ESAN. Disponible en: <https://www.esan.edu.pe/publicaciones/documentos/libros/2007/cuadernoDifusion23/SolanoDesarrollosostenible.pdf> [Consultado el 22-07-2019]

Soto, J. J. (2015) “El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable”. *Paradigma económico*. Año 7 Núm.1. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5926288.pdf> [Consultado el 25-07-2019]. ISSN: 2007-3062

Snyman, J. y Vorster, K. (2010) “Towards zero waste: A case study in the City of Tshwane”. *Waste Management & Research*. Vol. 29. Núm. 5. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X10382947> [Consultado el 18-09-2020]

Stone, R. y Johnson, L. (1978) *Municipal Solid Wastes and Their Disposal*. Environmental Health Perspectives. Vol. 27. pp. 239-244. California.

Tron, F. (2010) “La recogida de basura en Mega-ciudades: En el marco de la sostenibilidad” *Revista INVI*. Vol. 25, Núm. 70. Chile. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262541673_La_recogida_de_basura_en_Mega-ciudades_En_el_marco_de_la_sostenibilidad [Consultado el 14-11-2019]

- Unikel, L. S. (1966) “La Urbanización y La Zona Metropolitana de la Ciudad de México”. *Revistas Banco de México*. Disponible en: <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/653/4/RCE5.pdf> [Consultado el 09-10-2019]
- Urbano, B. (2013) “Naturación urbana, un desafío a la urbanización”, *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Vol. 19. No. 2. México. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182013000200005 [Consultado el 09-02-2020]
- Wbcsd. (2020) Circular Economy Practitioner Guide. Disponible en: <http://www.ceguide.org/> [Consultado el 15-12-2020]
- Weng, Y., Fujiwara, T. y Matsuoka, Y. (2009) *Municipal Solid Waste Management and Short-term Projection of the Waste Discard Levels in Taiwan*. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. Vol. 11, núm. 2, pp. 110-122. [Consultado el 20-03-2020]
- Young, A. y Yong, E. (2008) *Ecología y Medio Ambiente*. Editorial Nueva Imagen. Colección nuevo rumbo. [Consultado el 17-04-2020]
- Young, C. Y., Ni, S. P. y Fan, K. S. (2009) “Working towards a zero waste environment in Taiwan”. *Waste Management & Research*. Vol. 28. No. 3. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0734242X09337659> [Consultado el 08-10-2020]
- Zaman, A. U. (2015) “A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines”. *Journal of Clean Production*. Vol. 91. pp. 12–25. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652614013018> [Consultado el 03-05-2020]
- ZWIA. (2020) *Zero Waste International Alliance*. Disponible en: <http://zwia.org/aboutus/> [Consultado el 20-07-2019]

Anexos

Anexo 1. Cuadro diagnóstico de residuos sólidos urbanos (RSU) en la Zona Metropolitana de Toluca

Municipio	No. de veces que se hace la recolección	No. de localidades por cobertura	No. de Unidades	No. de trabajadores	Cantidad de Toneladas de RSU kg/día	Kg/hab/día	Sitios de disposición final	Centro de Transferencia
Almoloya de Juárez	2-3 veces a la semana	16 localidades con servicio y	14 unidades	40 trabajadores	35 a 40 toneladas de RSU por día	0.36 kg /hab /día.	Zinacantepec	No dice

		32 sin servicio o parcial						
Calimaya	Programación semanal	Todas las localidades	10 unidades	No dice	14 toneladas diarias de RSU	0.70 – 0.80 kg /hab /día.	Calimaya	No dice
Chapultepec	De Lunes a Viernes	70% del municipio	3 unidades	No dice	7 toneladas diarias de RSU	No dice	Chapultepec, San Antonio la Isla	Si cuenta
Lerma	Día Lunes	Todas las localidades	4 unidades	38 trabajadores	100 toneladas diarias de RSU	No dice	Xonacatlán	No dice
Metepec	3 veces a la semana	85% del municipio	28 unidades	No dice	230 toneladas diarias de RSU	0.85 – 1.5 kg /hab /día	San Antonio la Isla	No dice
Mexicaltzingo	No dice	No dice	5 unidades	8 trabajadores	123 toneladas diarias de RSU	No dice	San Antonio la Isla, Mexicaltzingo	No dice
Ocoyoacac	No dice	Todas las localidades	9 unidades	52 trabajadores	45 – 50 toneladas diarias de RSU	No dice	Xonacatlán	No dice
Otzolotepec	6 veces a la semana	80% – 90% del municipio	4 unidades	No dice	40 toneladas diarias de RSU	No dice	Xonacatlán	No dice
Rayón	No dice	Todas las localidades del municipio	2 unidades	No dice	2.2 toneladas diarias de RSU	No dice	San Antonio la Isla	No dice
San Antonio la Isla	Toda la semana	No dice	5 unidades	No dice	12 toneladas diarias de RSU	0.44 kg/ hab/ día.	San Antonio la Isla	No dice
San Mateo Atenco	Toda la semana	Todo el municipio	16 unidades	No dice	70 toneladas diarias de RSU	No dice	Xonacatlán	Menciona de su construcción
Temoaya	No dice	No dice	7 unidades	No dice	71 toneladas de RSU	No dice	Temoaya, Xonacatlán	Cabe señalar que dentro de la población se ubican 2 centros de acopio particulares para PET y 20 depósitos de fierro.
Tenango del Valle	No dice	80% del municipio	5 unidades	26 trabajadores	80 toneladas diarias de RSU	No dice	Tenango del Valle	No dice
Toluca	No dice	90% del municipio	134 unidades	No dice	901.5 toneladas diarias de RSU	No dice	San Antonio la Isla; Zinacantepec ; Xonacatlán	18 subcentros de clasificación

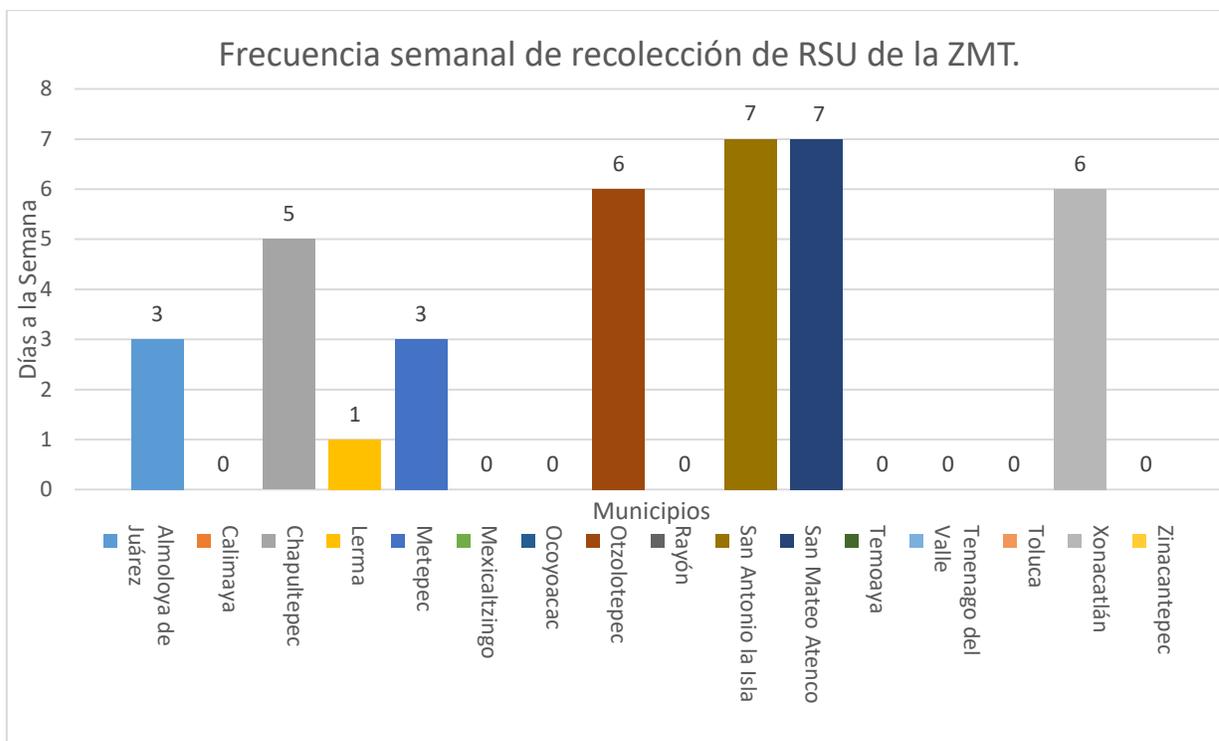
Xonacatlán	6 veces a la semana	100% del municipio	7 unidades de recolección	16 trabajadores	22.20 toneladas diarias de RSU	No dice	Xonacatlán	No dice
Zinacantepec	Programación semanal	No se dice	9 unidades	No dice	110 toneladas diarias de RSU	0.39 kg/hab/, días	Zinacantepec	El proceso de recuperación de material lo llevan a cabo 60 segregadores independientes.

Fuente: Elaboración propia, 2019, con base en los planes de desarrollo urbano municipales y planes de desarrollo municipales de los municipios de la Zona Metropolitana de Toluca.

Anexo 2. Tabla y Gráfica de Frecuencia semanal de recolección de RSU de la ZMT

Municipio	Días/semana
Almoloya de Juárez	3
Calimaya	0
Chapultepec	5
Lerma	1
Metepec	3
Mexicaltzingo	0
Ocoyoacac	0
Otzolotepec	6
Rayón	0
San Antonio la Isla	7
San Mateo Atenco	7
Temoaya	0
Tenango del Valle	0
Toluca	0
Xonacatlán	6
Zinacantepec	0

Fuente: Elaboración propia, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2019

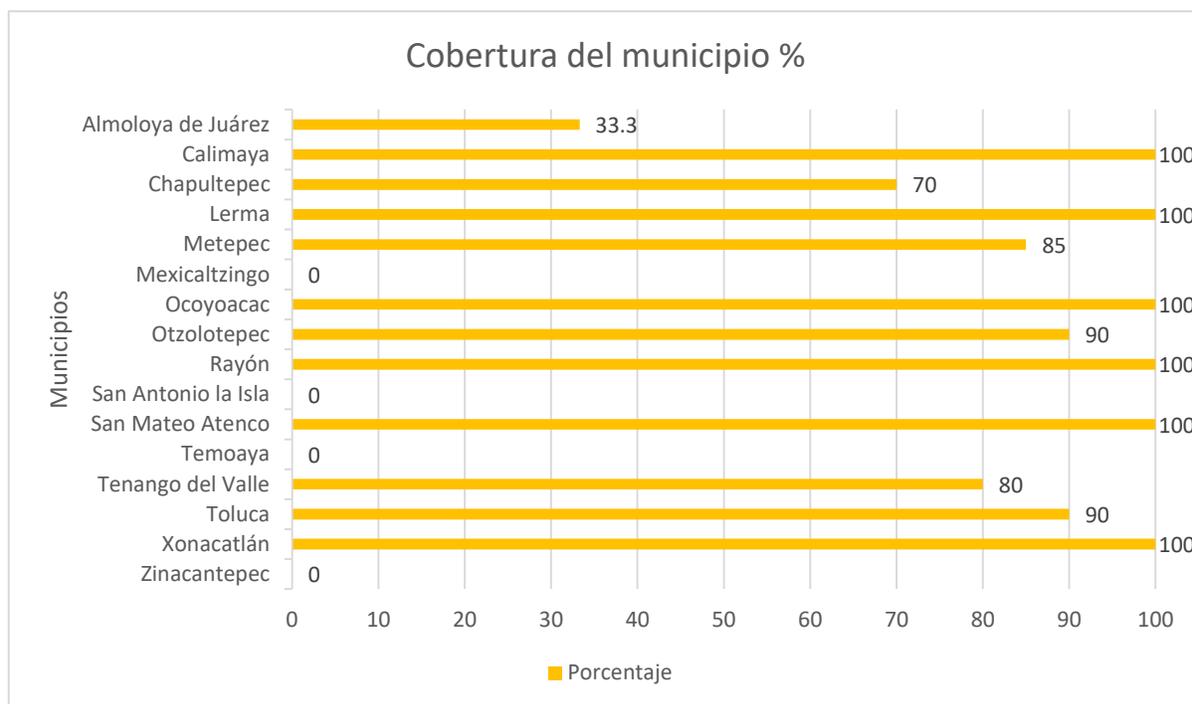
De la revisión de los 16 Planes municipales de la ZMT, sobre la frecuencia de la recolección de RSU, se registran tres condiciones: el 50% de municipios (8) no reportan esta frecuencia de RSU, el 31.3% reportan entre cinco y siete veces (5 municipios) a la semana la frecuencia y el 18.7% de los municipios (3) de uno a cuatro veces por semana.

Anexo 3. Tabla y gráfica de Cobertura de la recolección de los RSU en la ZMT

Municipio	Cobertura del municipio %
Almoloya de Juárez	33.3
Calimaya	100
Chapultepec	70
Lerma	100
Metepec	85
Mexicaltzingo	ND
Ocoyoacac	100
Otzolotepec	90
Rayón	100
San Antonio la Isla	ND
San Mateo Atenco	100
Temoaya	ND
Tenango del Valle	80
Toluca	90

Xonacatlán	100
Zinacantepec	ND

Fuente: Elaboración propia, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2019

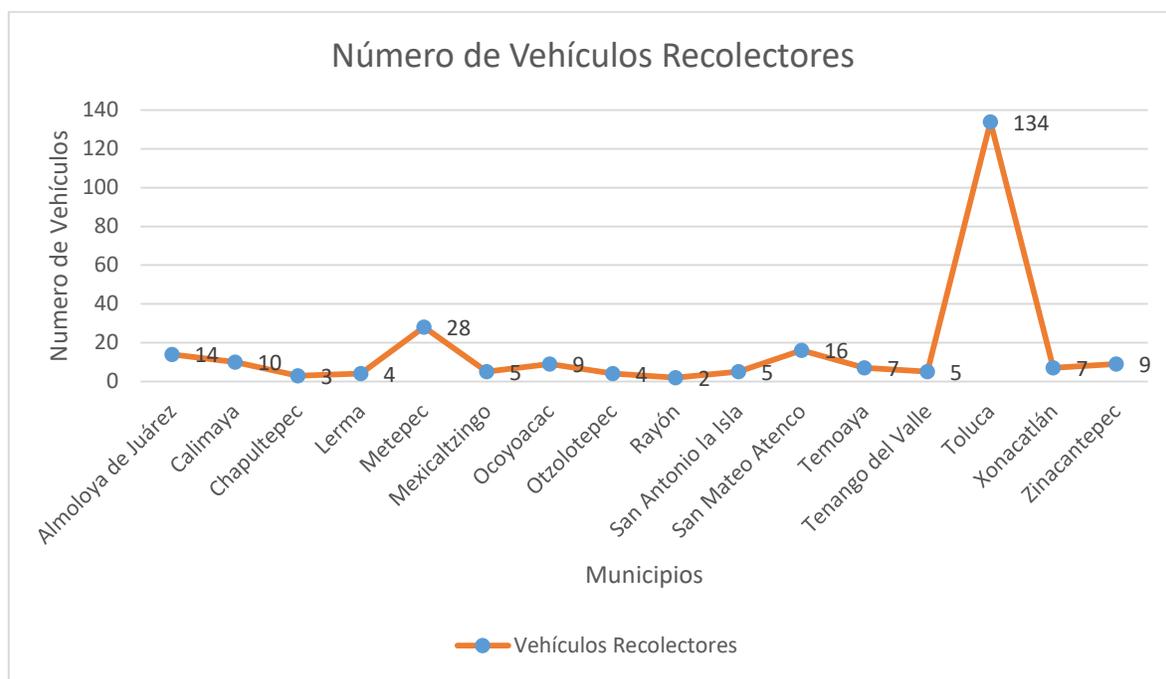
De la revisión de los 16 Planes municipales de la ZMT, el municipio de Almoloya de Juárez presenta un 33.3% en su cobertura de la recolección de los RSU en todo el municipio, mientras que los municipios de: Chapultepec, Metepec, Otzolotepec, Tenango del Valle y Toluca su cobertura es de un 70% a un 90% de todo el municipio y los que cubren con una totalidad de 100% de su cobertura municipal son: Calimaya, Lerma, Ocoyoacac, Rayón, San Mateo Atenco y Xonacatlán.

Anexo 4. Tabla y gráfica de vehículos recolectores de los RSU de la ZMT

Municipios	Número de vehículos
Almoloya de Juárez	14
Calimaya	10
Chapultepec	3
Lerma	4
Metepec	28
Mexicaltzingo	5
Ocoyoacac	9
Otzolotepec	4
Rayón	2

San Antonio la Isla	5
San Mateo Atenco	16
Temoaya	7
Tenango del Valle	5
Toluca	134
Xonacatlán	7
Zinacantepec	9

Fuente: Elaboración propia, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2019

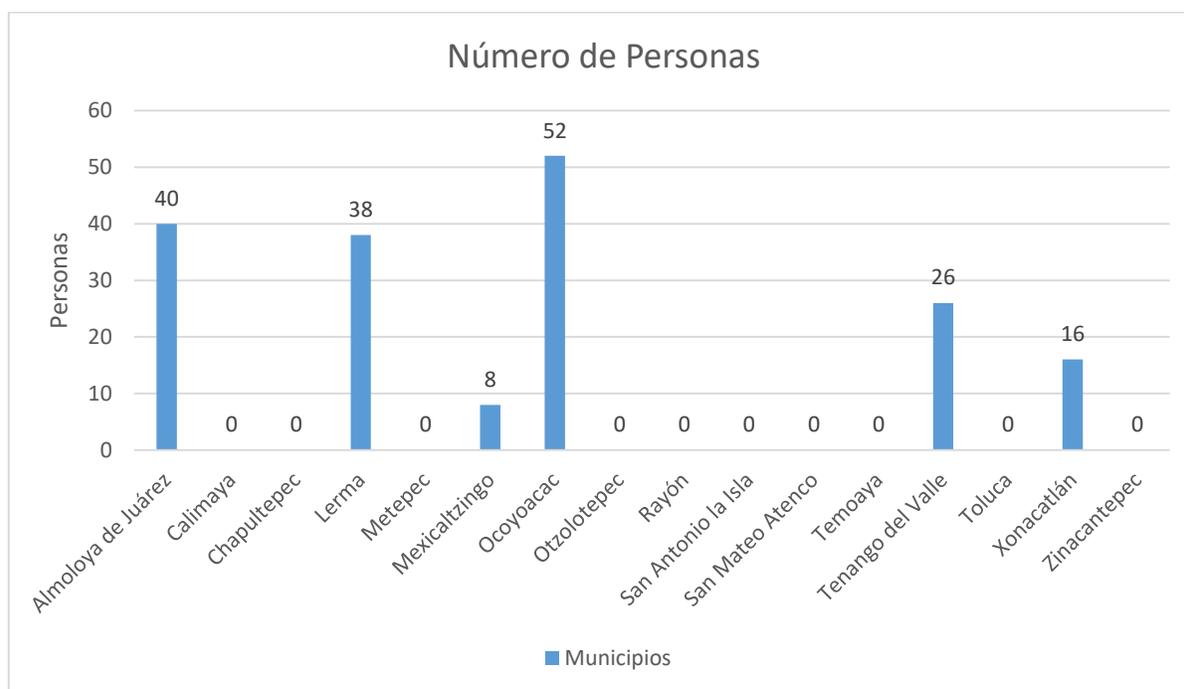
De la revisión de los 16 Planes municipales de la ZMT, con respecto a los números de vehículos recolectores de los RSU, se registran tres condiciones: el primero con un rango de 1 a 15 unidades son los municipios de Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lercam, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, Temoaya, Tenango del Valle, Xonacatlán y Zinacantepec, el segundo con un rango de 15 a 30 unidades los municipios de Metepec y San Mateo Atenco, y el tercero con 134 unidades es el municipio de Toluca.

Anexo 5. Tabla y gráfica de Capital Humano que participan en la recolección de los RSU de la ZMT

Municipios	Número de personas
Almoloya de Juárez	40
Calimaya	ND
Chapultepec	ND

Lerma	38
Metepec	ND
Mexicaltzingo	8
Ocoyoacac	52
Otzolotepec	ND
Rayón	ND
San Antonio la Isla	ND
San Mateo Atenco	ND
Temoaya	ND
Tenango del Valle	26
Toluca	ND
Xonacatlán	16
Zinacantepec	ND

Fuente: Elaboración propia, 2019



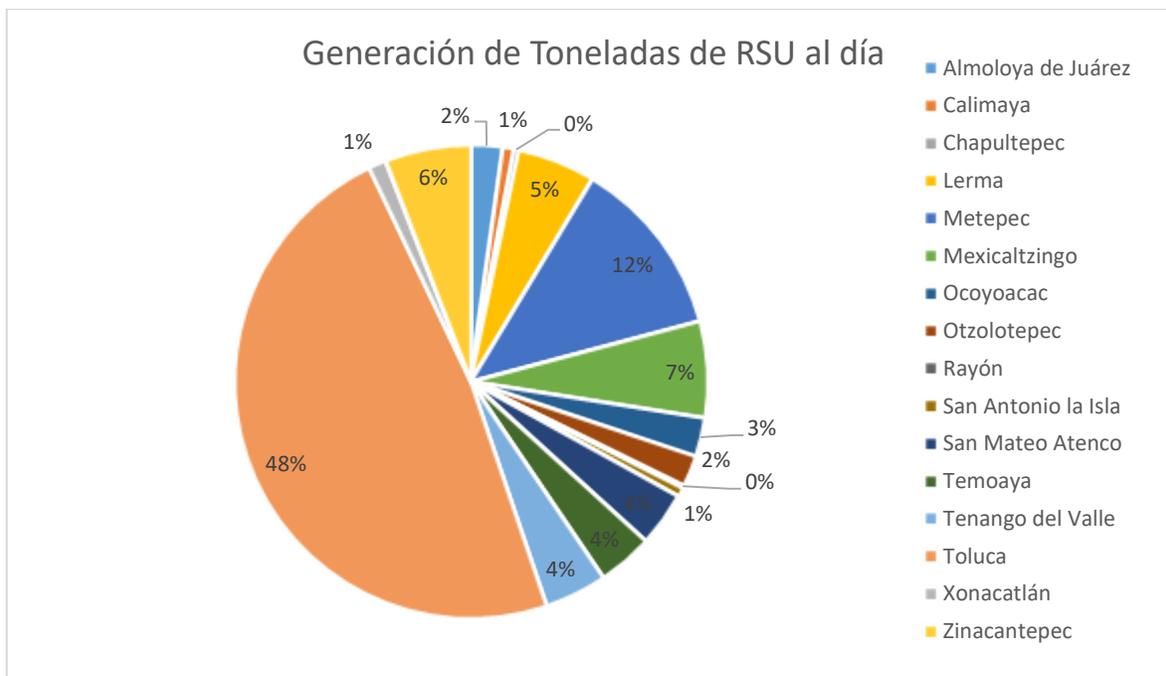
Fuente: Elaboración propia, 2019

De la revisión de los 16 Planes municipales de la ZMT, solo 6 municipios reportan el número de trabajadores de la recolección de los RSU en sus planes, Ocoyoacac es el municipio con más trabajadores según el plan con 52, después el segundo municipio es el de Almoloya de Juárez al contar con 40 trabajadores, el tercer municipio es el de Lerma al tener 38 trabajadores, Tenango del Valle reporta el cuarto lugar con 26 trabajadores, mientras que Xonacatlán ocupa el quinto lugar con 16 trabajadores, y por último el sexto lugar lo ocupa Mexicaltzingo con 8 trabajadores.

Anexo 6. Tabla y gráfica de Toneladas diarias que se generan de RSU en la ZMT

Municipio	Toneladas/día	Porcentaje
Almoloya de Juárez	40	2.13
Calimaya	14	0.74
Chapultepec	7	0.37
Lerma	100	5.33
Metepec	230	12.28
Mexicaltzingo	123	6.56
Ocoyoacac	50	2.66
Otzolotepec	40	2.13
Rayón	2.2	0.11
San Antonio la Isla	12	0.64
San Mateo Atenco	70	3.73
Temoaya	71	3.79
Tenango del Valle	80	4.27
Toluca	901.5	48.13
Xonacatlán	22.2	1.18
Zinacantepec	110	5.87
Total, de la ZMT	1872.9	100%

Fuente: Elaboración propia, 2019



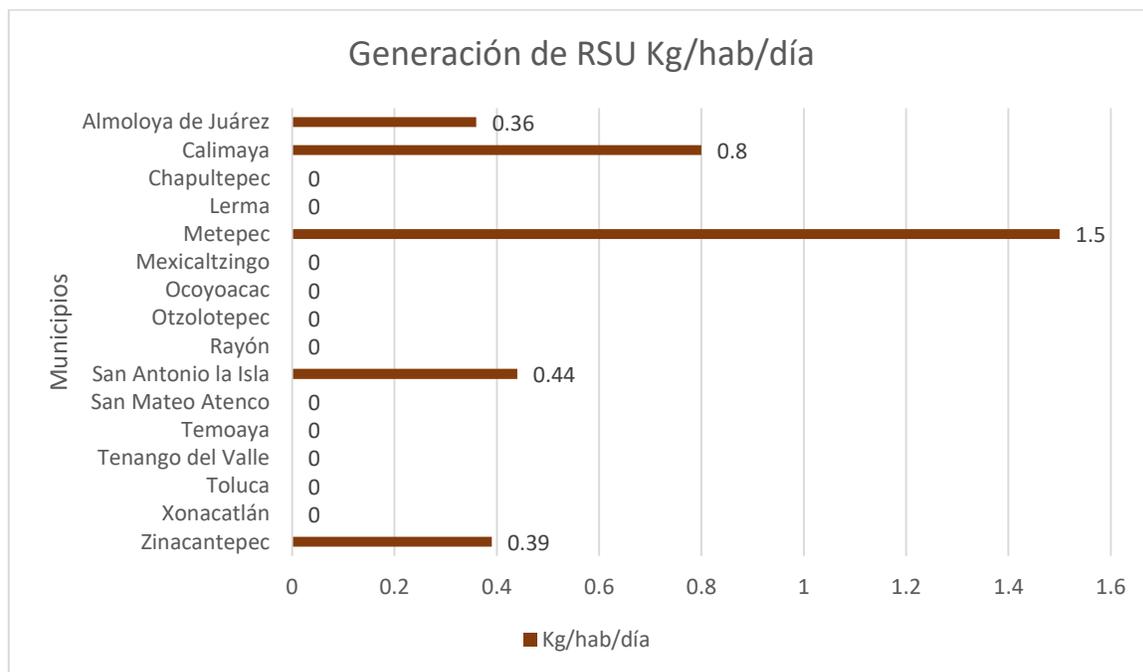
Fuente: Elaboración propia, 2019

Para el caso de la generación de los RSU en la ZMT, contemplando los 16 municipios y su generación total, el municipio de Toluca es el que genera el 48% de todos los RSU en la ZMT, Metepec genera el 12% de RSU, seguido de Mexicaltzingo que genera el 11% de RSU, Zinacantepec genera el 6% y Lerma un 5% de RSU, mientras que 11 municipios restantes generan entre el 4% y el 1%.

Anexo 7. Tabla y gráfica de generación de RSU por habitante al día en la ZMT

Municipio	Kg/hab/día
Almoloya de Juárez	0.36
Calimaya	0.80
Chapultepec	ND
Lerma	ND
Metepec	1.5
Mexicaltzingo	ND
Ocoyoacac	ND
Otzolotepec	ND
Rayón	ND
San Antonio la Isla	0.44
San Mateo Atenco	ND
Temoaya	ND
Tenango del Valle	ND
Toluca	ND
Xonacatlán	ND
Zinacantepec	0.39

Fuente: Elaboración propia, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2019

En los municipios que se reporta la generación de RSU en kg/hab/día, de la ZMT, los municipios de Calimaya y Metepec, generan de 0.8 kg a 1.5 kg por persona al día de RSU, mientras que los municipios de Almoloya de Juárez, San Antonio la Isla y Zinacantepec su generación de RSU por persona al día ronda entre los 0.36 kg a 0.44 kg.

Anexo 8. Tabla de sitios de disposición final de los municipios de la ZMT

Municipio	Disposición final
Almoloya de Juárez	Propio
Calimaya	Propio
Chapultepec	Propio y San Antonio la Isla
Lerma	Xonacatlán
Metepec	San Antonio la Isla
Mexicaltzingo	Propio
Ocoyoacac	Xonacatlán
Otzolotepec	Xonacatlán
Rayón	Propio
San Antonio la Isla	Propio
San Mateo Atenco	Zinacantepec
Temoaya	Xonacatlán
Tenango del Valle	ND
Toluca	San Antonio la Isla, Zinacantepec y Xonacatlán
Xonacatlán	Propio
Zinacantepec	Propio

Fuente: Elaboración propia, 2019

Los municipios de la ZMT que cuentan con sitios de disposición final son: Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec (también tira en San Antonio la Isla), Mexicaltzingo, Rayón, San Antonio la Isla (Aunque no lo mencione el Plan Municipal, se hace mención por otros municipios que depositan sus RSU en el rellano del municipio), Xonacatlán y Zinacantepec, los municipios que no cuentan con sitio propio de disposición final son los municipios de Lerma que deposita en Xonacatlán, Ocoyoacac que deposita en Xonacatlán al igual que el municipio de Otzolotepec, San Mateo Atenco que deposita en Zinacantepec, Temoaya que deposita en Xonacatlán, Toluca que deposita en los rellenos sanitarios de San Antonio la Isla, Xonacatlán y Zinacantepec y Tenango del Valle no reporta en su plan donde deposita sus RSU.

Anexo 9. Tabla de Centros de Transferencia en los municipios de la ZMT

Municipio	Centros de Transferencia
Almoloya de Juárez	ND
Calimaya	ND
Chapultepec	SI
Lerma	ND
Metepec	ND
Mexicaltzingo	ND

Ocoyoacac	ND
Otzolotepec	ND
Rayón	ND
San Antonio la Isla	ND
San Mateo Atenco	SI
Temoaya	Si, pero privados
Tenango del Valle	ND
Toluca	SI
Xonacatlán	ND
Zinacantepec	Si, pero privados

Fuente: Elaboración propia, 2019

De acuerdo con los planes de los municipios de la ZMT los municipios que cuentan con centros de transferencia son: Chapultepec, San Mateo Atenco (está en construcción) y Toluca, los municipios que reportan centros de acopio y de recuperación de material de privados son: Temoaya, Zinacantepec, los 11 municipios restantes de la ZMT no describen si cuentan con centros de transferencia.

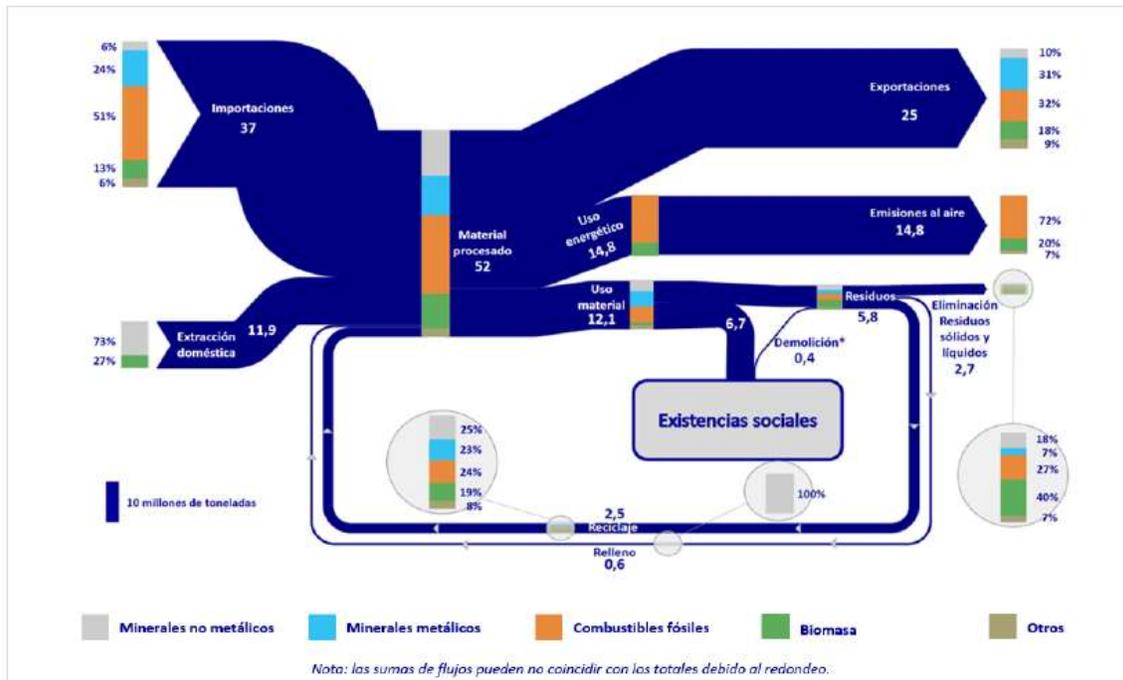
Anexo 10. Imagen del resumen del panel de indicadores y subindicadores de economía circular de Euskadi de 2015

PANEL DE INDICADORES ECONOMIA CIRCULAR- EUSKADI 2015		
INDICADORES CLAVE-Marco de seguimiento de la Comisión Europea		
Producción y consumo		Unidad
1	Nivel de autosuficiencia para materias primas	Apartado 3.1*
2	Compra pública verde	767 contrataciones
3	Generación de residuos	
3a	Generación de residuos municipales per cápita	505 kg/hab.
3b	Generación de residuos por unidad de PIB, excluyendo los principales residuos minerales	76 kg/mil euros**
3c	Generación de residuos por unidad de CDM, excluyendo los principales residuos minerales	26 %**
4	Residuos alimentarios	182 kg/hab.
Gestión de residuos		Unidad
5	Tasas de reciclaje	
5a	Tasa de reciclaje de residuos municipales	33 %
5b	Tasa de reciclaje de todos los residuos excluyendo los principales residuos minerales	51 %
6	Tasas de reciclaje de flujos de residuos específicos	
6a	Tasa de reciclaje de envases en general	79 %
6b	Tasa de reciclaje de envases de plástico	80 %
6c	Tasa de reciclaje de envases de madera	69 %
6d	Tasa de reciclaje de RAEE	33 %
6e	Tasa de reciclaje de biorresiduos	21 kg/hab.
6f	Tasa de recuperación de residuos de construcción y demolición	59 %

Materias primas secundarias		Unidad
7	Contribución de materiales reciclados a la demanda de materias primas	
7a	Tasa de entrada de reciclaje al final de su vida útil	Apartado 3.7.a)*
7b	Tasa de uso de material circular	9,2 %
8	Comercio de materias primas reciclables	***
Competitividad e innovación		Unidad
9	Inversiones privadas, empleos y valor agregado bruto: sector de reciclaje; sector de reparación y reutilización	
9a	Inversión bruta en bienes tangibles relacionados con sectores de economía circular	0,03 %
9b	Número de personas empleadas en los sectores de economía circular	2,08 %
9c	Valor bruto agregado al coste de los factores en los sectores de economía circular	1,12 %
10	Número de patentes relacionadas con el reciclaje y las materias primas secundarias	1 patente
INDICADORES AUXILIARES PARA EUSKADI		
11	Consumo de Materiales Doméstico (CDM)	11 t/hab.
12	Productividad Material	2,87 €/kg
13	Flujos de materiales per cápita	ED: 5,5 t/hab. EXP: 11,5 t/hab. IMP: 17 t/hab.
14	Tratamiento de residuos totales	Reciclaje: 1,15 t/hab. Incineración: 0,19 t/hab. Vertedero: 0,9 t/hab.
* Indicador múltiple; ** Cífra de 2014. Datos no disponibles para 2015; *** Indicador en desarrollo para Euskadi		

Fuente: Ihobe y Gobierno Vasco, 2018

Anexo 11. Diagrama Sankey de Euskadi (Flujos de materiales de economía circular)



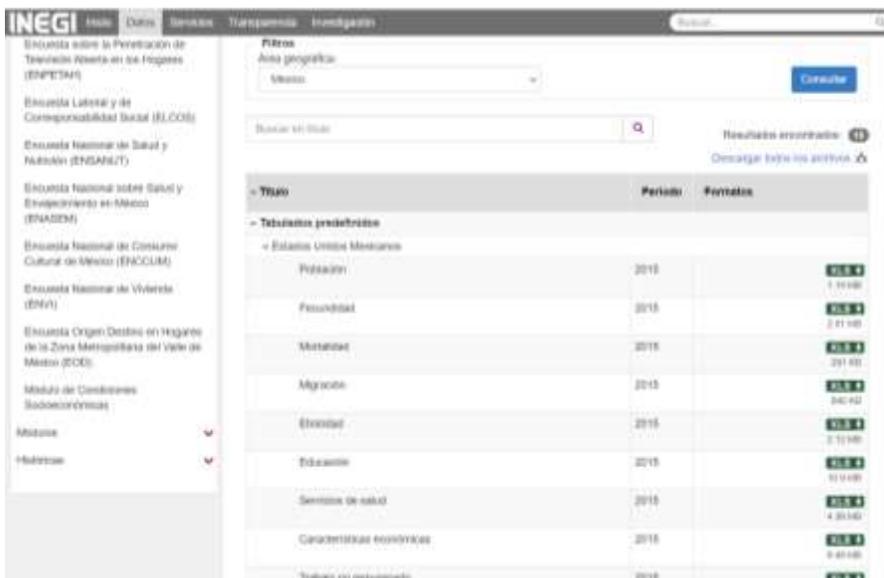
Fuente: Fuente: Ihobe y Gobierno Vasco, 2018

Anexo 12. Imagen de la Pagina de la Encuesta Intercensal 2015, INEGI



Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 13. Imagen de la Pagina de Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015, INEGI



Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 14. Imagen de la base de datos de la Encuesta Intercensal 2015, INEGI

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a data table. The columns are labeled AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK, AL, AM, AN, AO, AP, AQ, AR, AS, AT. The rows contain numerical values, likely representing counts or frequencies for different categories. The spreadsheet interface includes the Microsoft Office ribbon and a status bar at the bottom.

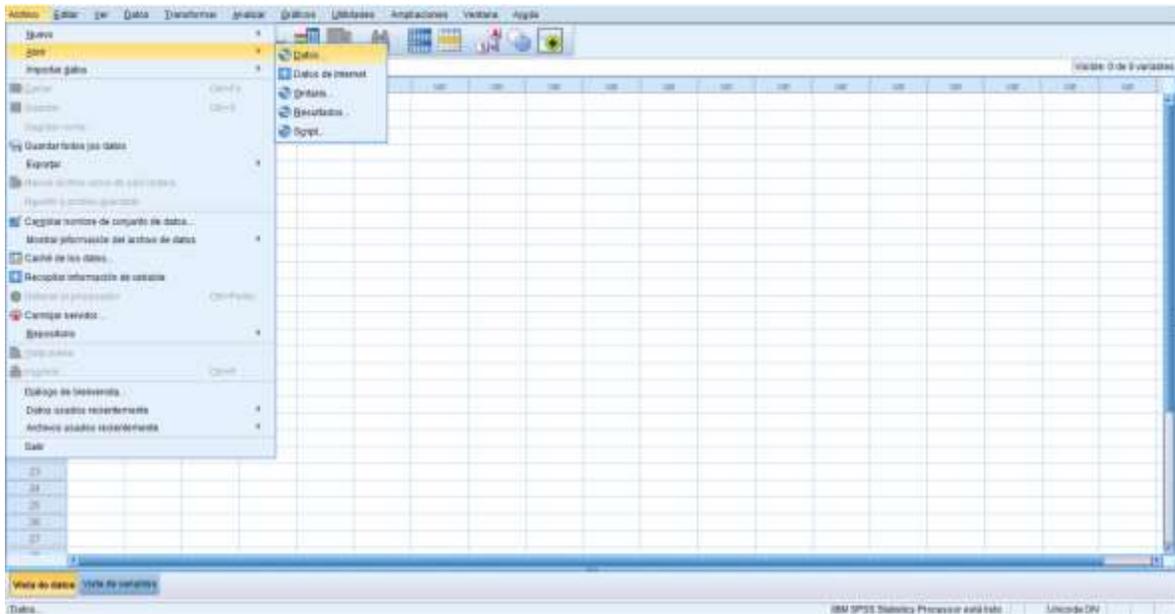
Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 15. Imagen de selección de las variables de RSU en la Encuesta Intercensal 2015, INEGI

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics interface. The 'Variables' list on the left contains a series of variables related to RSU (Residuos Sólidos Urbanos), such as 'RSU', 'RSU_1', 'RSU_2', 'RSU_3', 'RSU_4', 'RSU_5', 'RSU_6', 'RSU_7', 'RSU_8', 'RSU_9', 'RSU_10', 'RSU_11', 'RSU_12', 'RSU_13', 'RSU_14', 'RSU_15', 'RSU_16', 'RSU_17', 'RSU_18', 'RSU_19', 'RSU_20', 'RSU_21', 'RSU_22', 'RSU_23', 'RSU_24', 'RSU_25', 'RSU_26', 'RSU_27', 'RSU_28', 'RSU_29', 'RSU_30'. The main window shows a list of these variables with their corresponding labels and values.

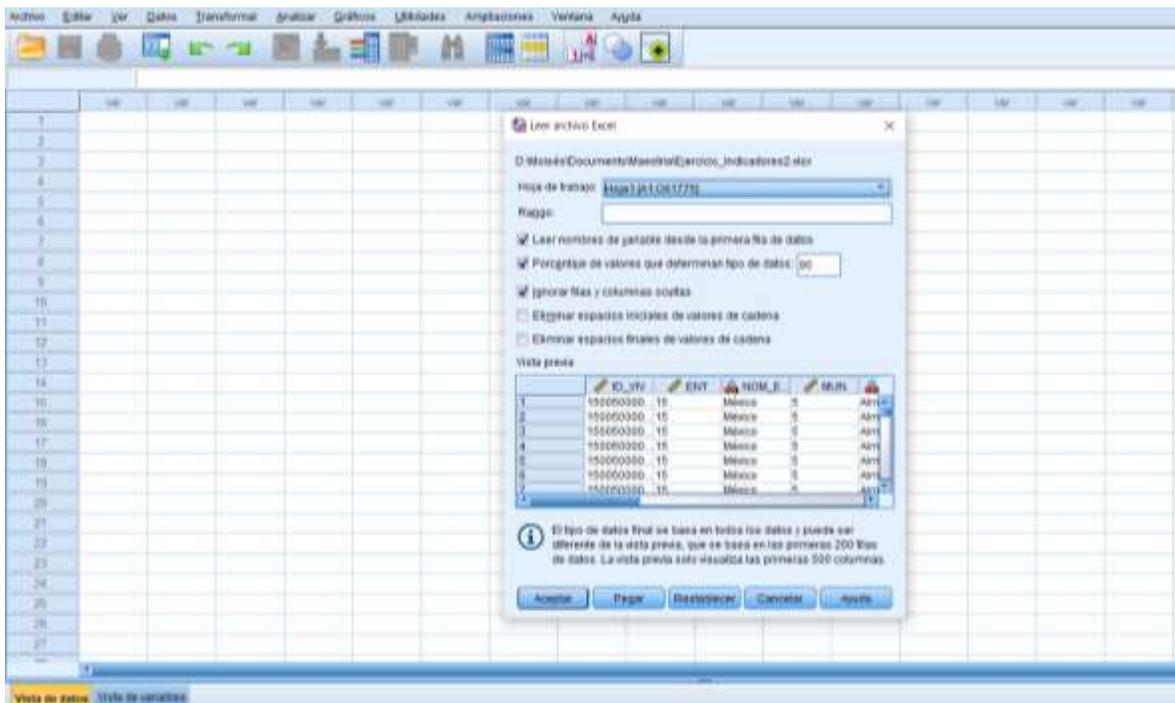
Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 16. Imagen en IBM SPSS Statistics exportando la hoja de Excel de la parte de RSU



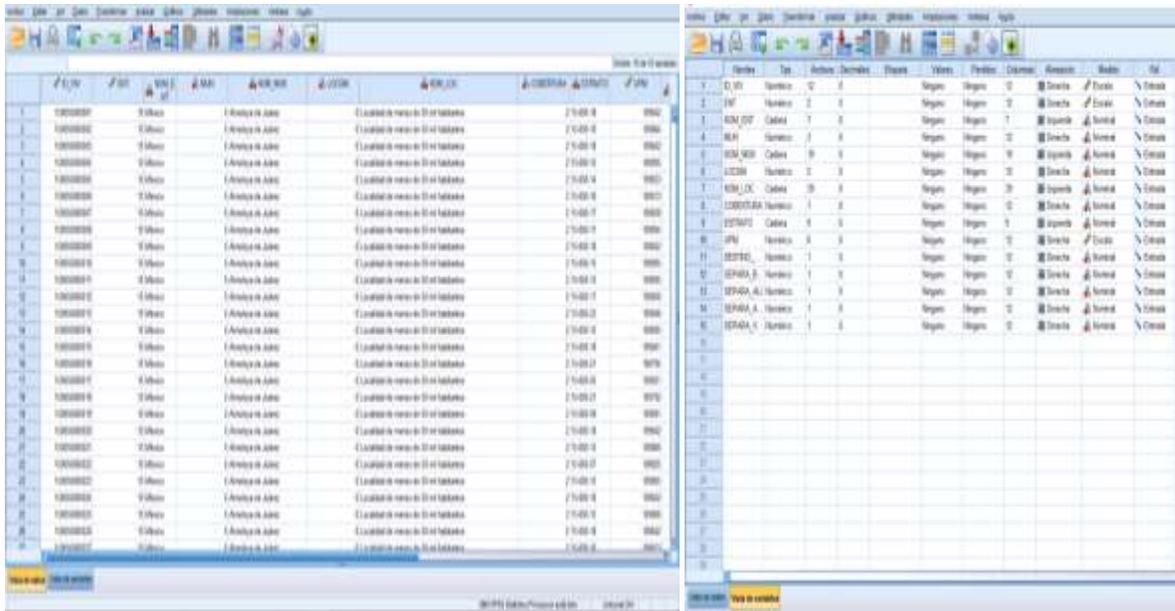
Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 17. Imagen de la exportación de variables de la hoja de Excel en IBM SPSS Statistics



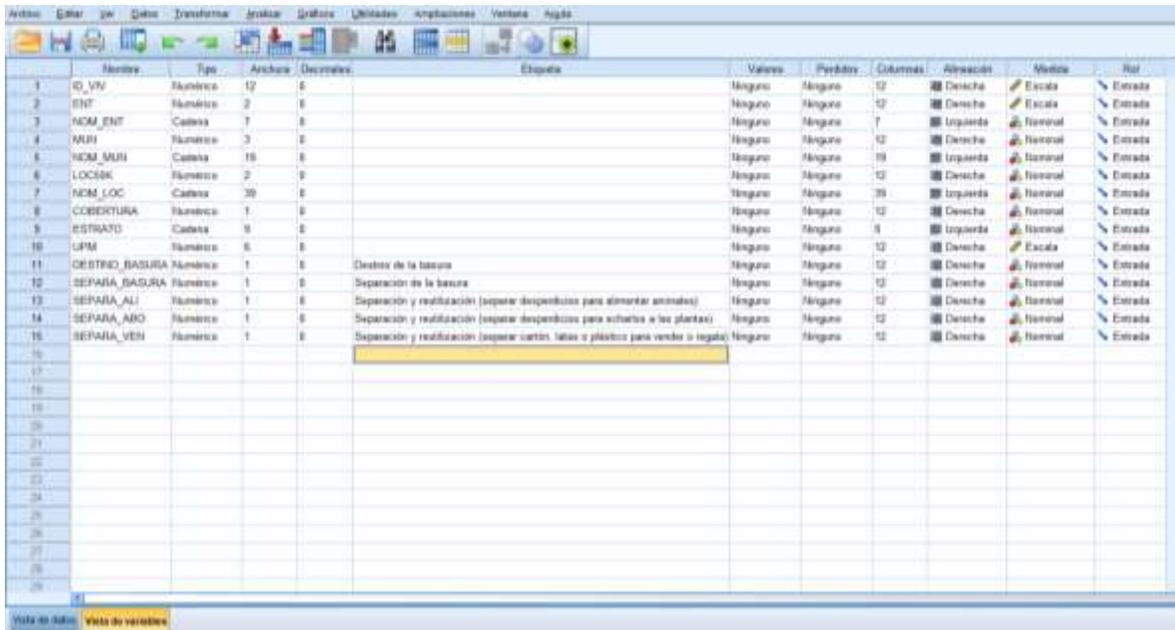
Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 18. Imágenes de la vista de datos y variables de la parte de RSU en SPSS



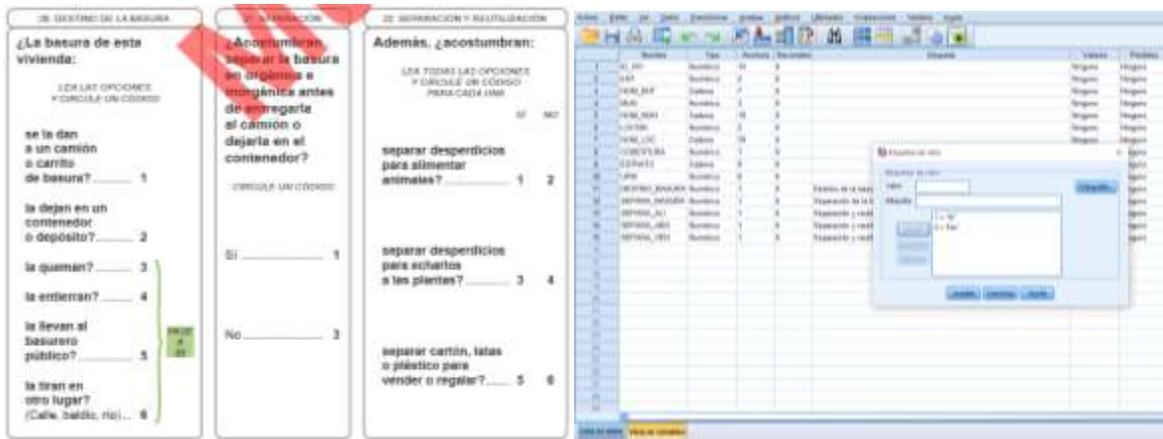
Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 19. Imagen de agregación de etiquetas a los valores de las variables de la parte de los RSU en SPSS



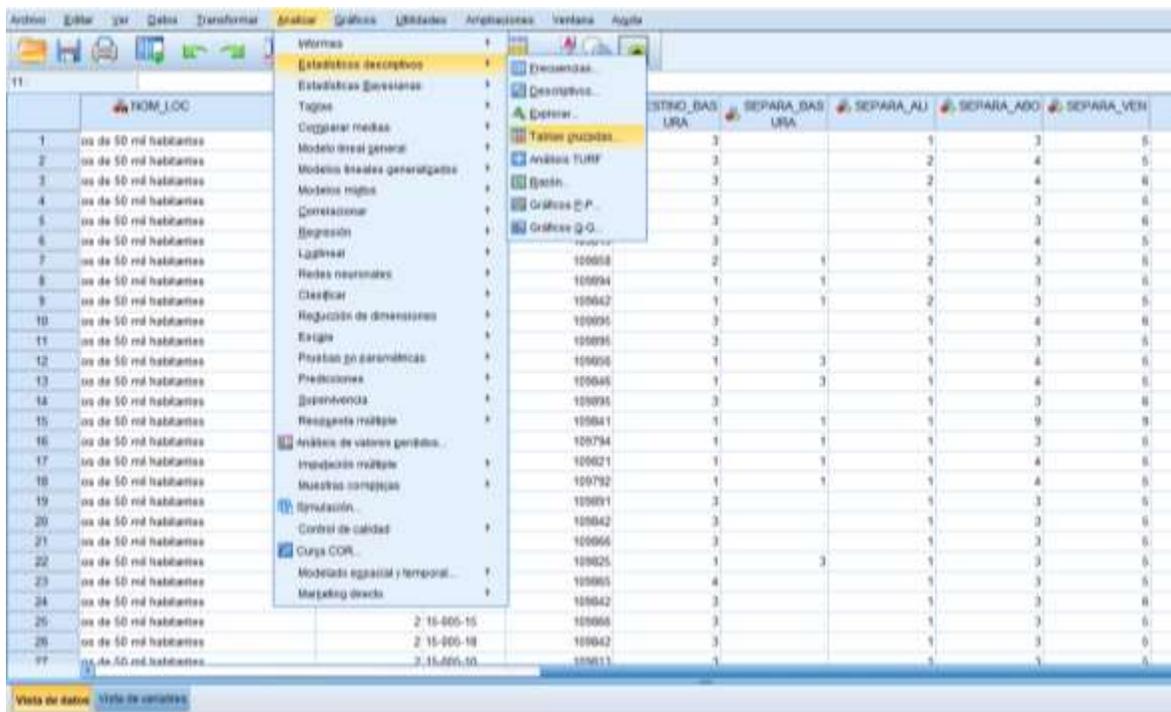
Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 20. Imágenes del significado de los valores y su agregación a las etiquetas de valor en SPSS



Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 21. Imagen para obtener una tabla cruzada en SPSS de la parte de los RSU por municipio con resultado de los valores



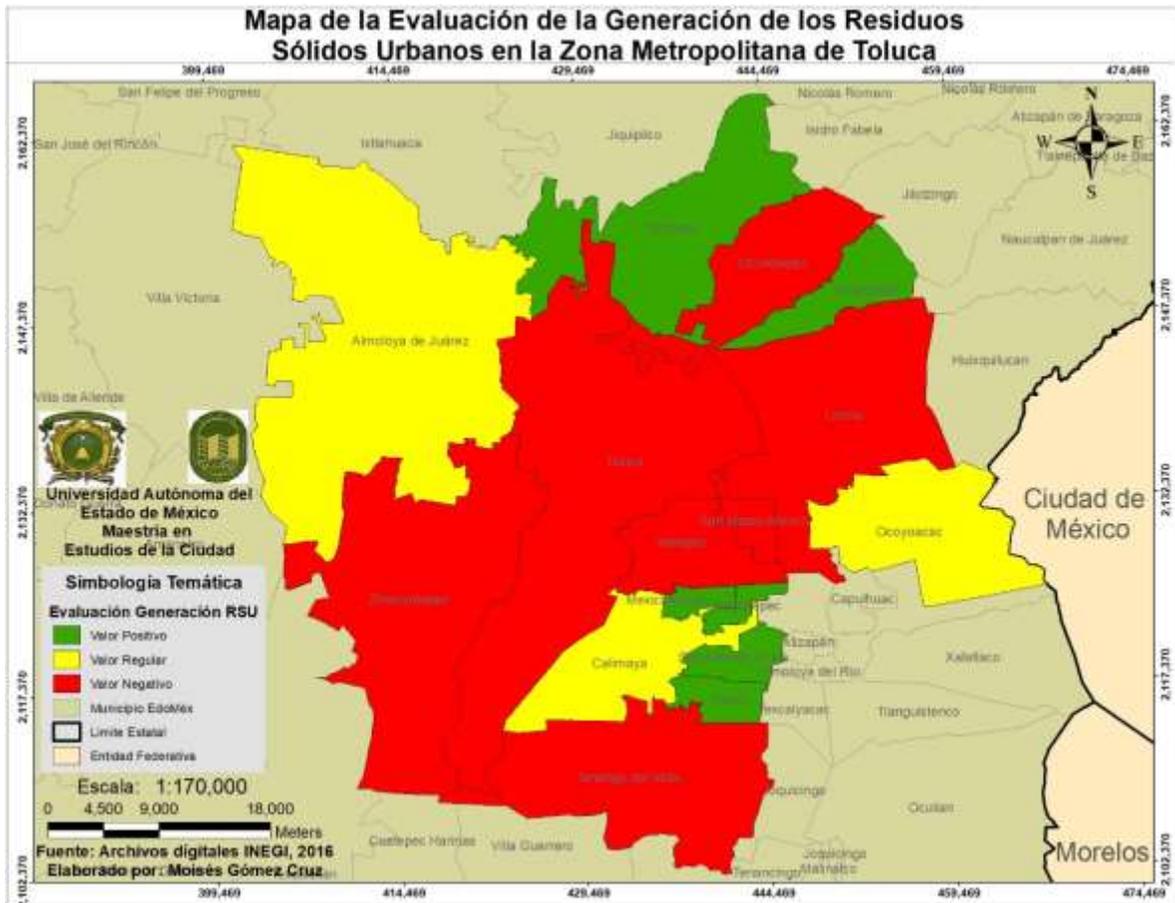
Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 22. Mapa de Localización de la Zona Metropolitana de Toluca



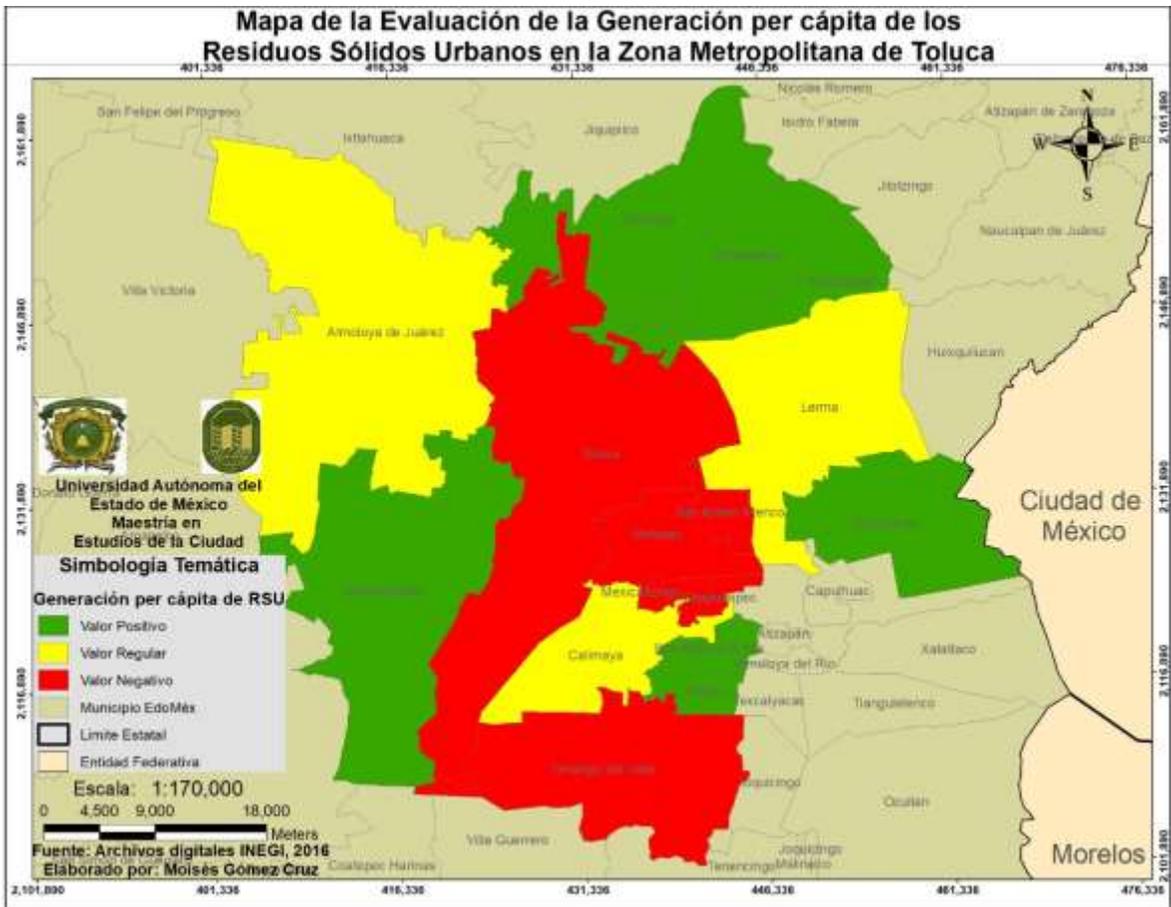
Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 23. Mapa de la evaluación de la generación de residuos sólidos urbanos por municipio



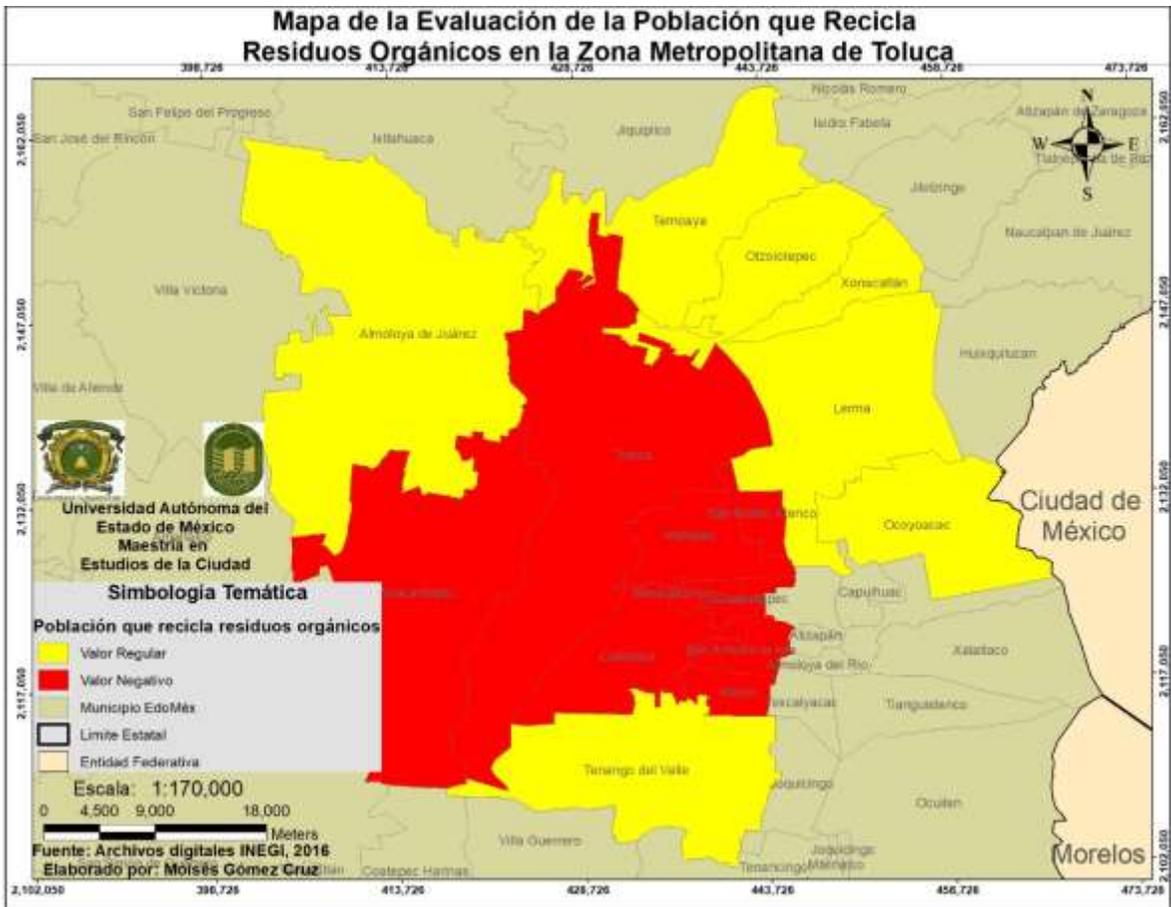
Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 24. Mapa de la evaluación de la generación per cápita de residuos sólidos urbanos



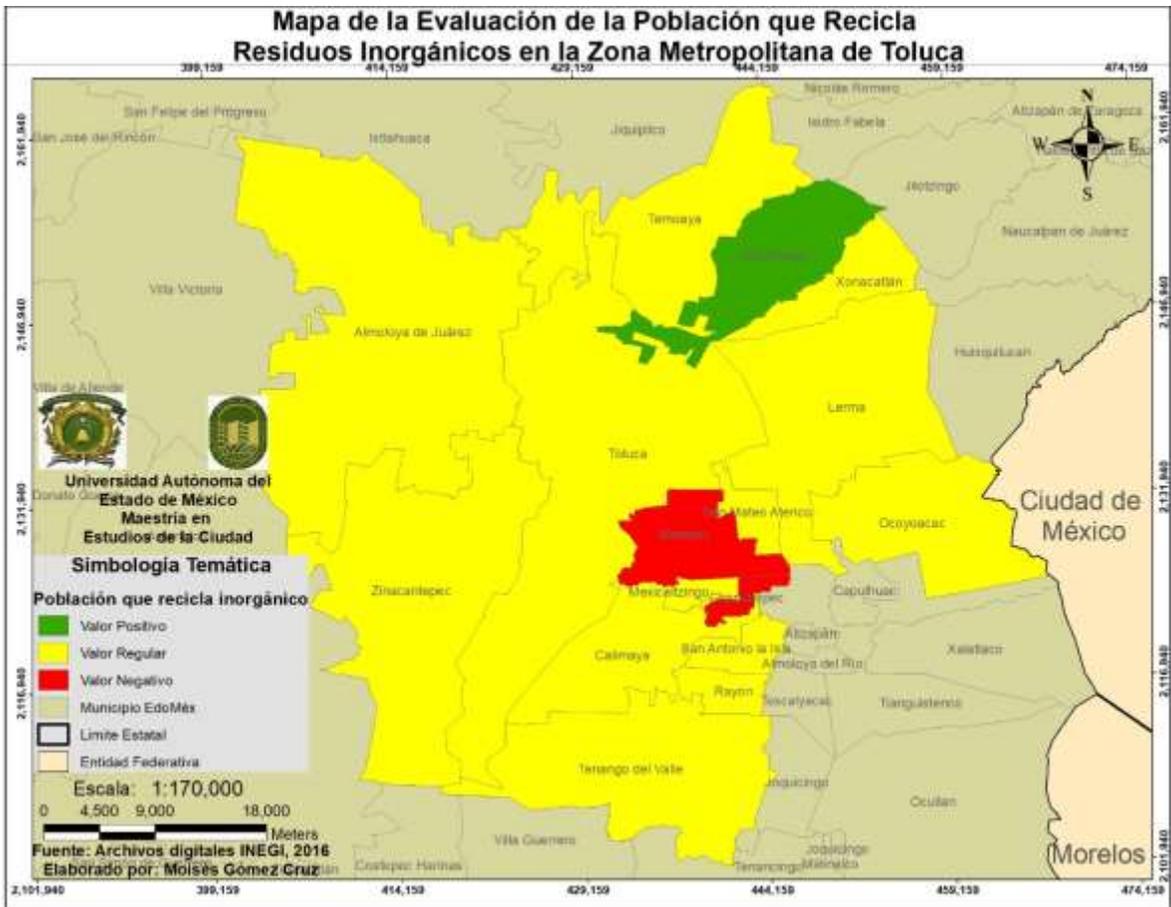
Fuente: Elaboración Propia, 2020

25. Mapa de la evaluación de población que hace reciclaje de residuos orgánicos



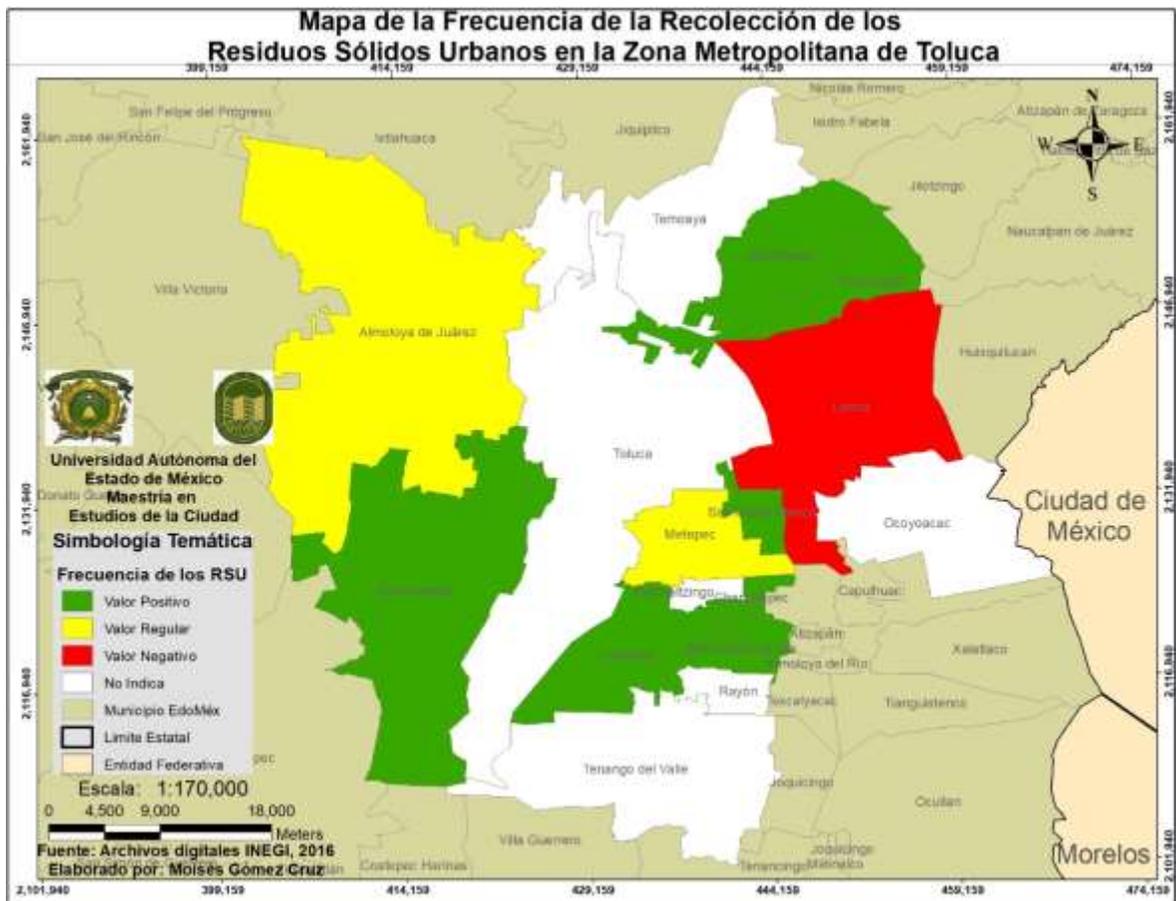
Fuente: Elaboración Propia, 2020

26. Mapa de la evaluación de la población que recicla residuos inorgánicos



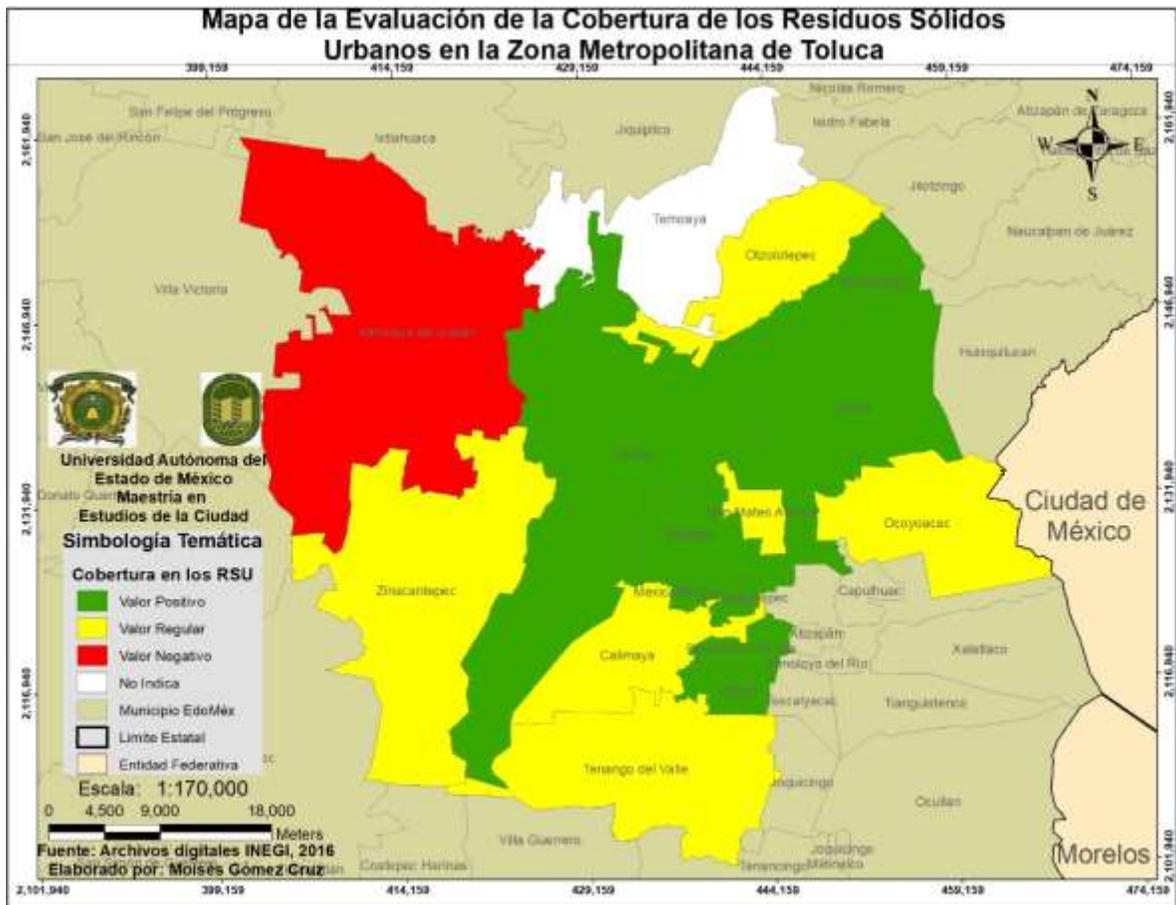
Fuente: Elaboración Propia, 2020

27. Mapa de la evaluación de la población que separa los residuos en orgánicos e inorgánicos antes de su disposición final



Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 29. Mapa de la evaluación de la cobertura de la recolección municipal



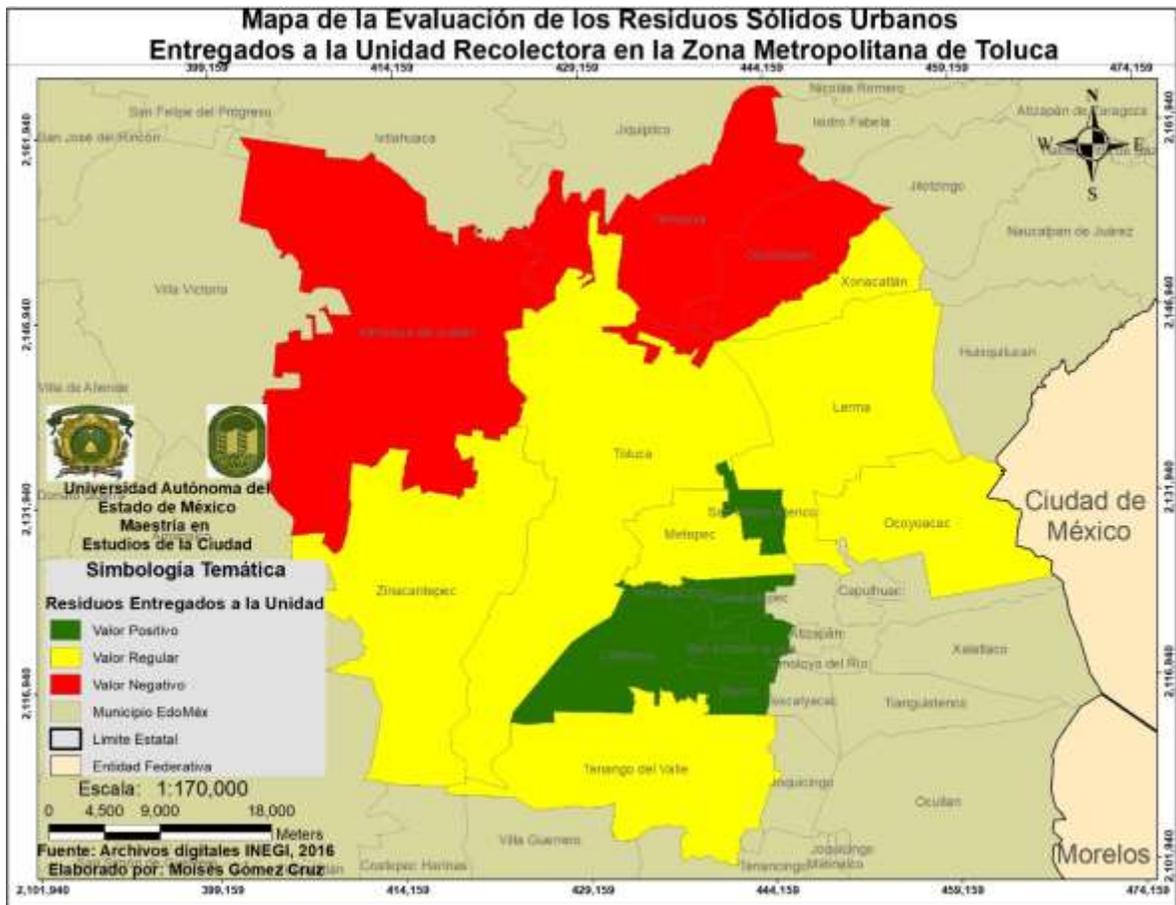
Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 30. Mapa de la evaluación de las unidades de recolección



Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 31. Mapa de la evaluación de las personas empleadas en la recolección



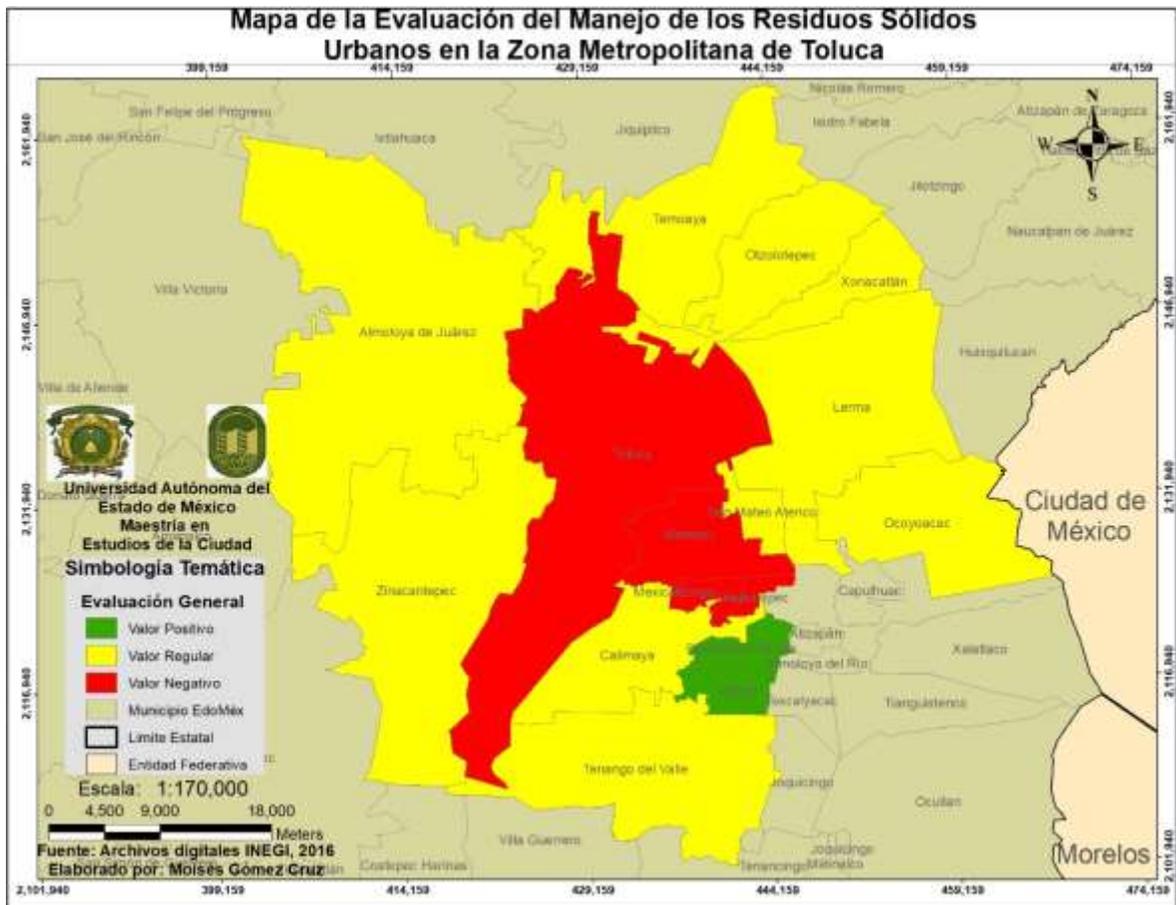
Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 34. Mapa de la evaluación de la población municipal que queman sus residuos



Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 35. Mapa de la evaluación de la población municipal que entierra sus residuos



Fuente: Elaboración propia, 2020