

Redes logísticas de recuperación de residuos sólidos en México: un análisis macroscópico mediante sistemas de información geográfica

*Solid waste recovery logistics networks in Mexico:
a macroscopic analysis using geographic information systems*

Javier Gómez Maturano^{1*}  <https://orcid.org/0000-0002-3385-3750>

Recibido 31 de diciembre de 2021, aceptado 28 de julio de 2023

Received: December 31, 2021 Accepted: July 28, 2023

RESUMEN

El manejo de los residuos sólidos urbanos es uno de los desafíos más importantes para ciudades de economías emergentes dado el nivel creciente de generación y el bajo nivel de aprovechamiento. Es tema de interés desde la gestión de residuos, la logística, las cadenas de suministro, la Logística Urbana y la Economía Circular. Las redes logísticas de recuperación son aquellas por las que se mueven los residuos y en las que se realizan operaciones de valorización. El análisis mediante sistemas de información geográfica permite relacionar las operaciones de la red con las características del espacio en que se desarrollan, relación que además se soporta con una visión estadística. Este artículo presenta los resultados de un análisis geoespacial de la red logística de recuperación de residuos valorizables en la Zona Metropolitana del Valle de México. La red está constituida por empresas cuyas actividades principalmente son el acopio y la comercialización de residuos. A través de la red se mueven miles de toneladas de residuos, los nodos de la red son mayormente microempresas en las que se emplean miles de trabajadores. La red opera bajo condiciones geoespaciales que caracterizan su operación, incluyendo distribución, concentración espacial y patrones de crecimiento. El análisis con sistemas de información geográfica brinda una visión de la complejidad de la red, por ejemplo, el funcionamiento de la red en diferentes niveles y escalas, regularidades que denotan auto organización y la presencia de nodos que influyen en la estructura de la red como un todo.

Palabras clave: Residuos sólidos urbanos, red de recuperación de residuos, sistemas de información geográfica, análisis geoespacial, zona metropolitana del valle de México.

ABSTRACT

Managing municipal solid waste is one of the most significant challenges for cities in emerging economies, given the increasing level of generation and the low level of recovery. It is a topic of interest for different disciplines, including waste management, logistics, supply chains, Urban Logistics and Circular Economy. The solid waste recovery logistic networks are the ones through which waste is moved, and recovery operations are carried out. The analysis through geographic information systems makes it possible to relate the network operations with the characteristics of the space in which they are developed. A statistical vision also supports this relationship. This article presents the results of an analysis of the recoverable waste recovery logistics network in the Metropolitan Area of the Mexico Valley. The recovery network is made up of enterprises whose activities are the collection and sale of recoverable waste. Thousands

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, Unidad Académica Profesional Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México.
E-mail: jgomezma@uaemex.mx

* Autor de correspondencia: jgomezma@uaemex.mx

of tons of waste are moved through the recovery network: the nodes are micro-enterprises that employ thousands of workers. The network operates under geospatial conditions that characterize its operation, including distribution, spatial concentration, and growth patterns. The analysis with geographic information systems provides a vision of the complexity of the network, for example, the operation of the network at different levels and scales, regularities that denote self-organization, and the presence of nodes that influence the network's structure.

Keywords: Solid urban waste, solid waste recovery logistics networks, geographic information systems, geospatial analysis, metropolitan area of Mexico valley.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día millones de personas viven en espacios urbanos reducidos en los que se dan procesos intensivos de producción, consumo y desecho de bienes. Desde el año 2010 el porcentaje de la población mundial que vive en áreas urbanas ha superado la barrera del 50%, a partir de ese punto la mayor parte de la población mundial está concentrada en las ciudades [1]. En América Latina la concentración de personas que habitan en un área urbana llega a ser del 80% [1]. A nivel mundial, la superficie urbana en zonas metropolitanas de más de un millón de habitantes se incrementó en cinco veces, del año 1980 al 2010 [2].

A este crecimiento poblacional en las ciudades, y la subsecuente urbanización de las áreas limítrofes, se asocian un incremento en la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y la necesidad de infraestructura para su manejo y disposición final [3]. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México [4] señala que el crecimiento poblacional y la acelerada urbanización explican el incremento en la generación de RSU y los impactos que ocasionan.

La configuración entre la creciente urbanización y el aumento poblacional crea un complejo patrón de generación y manejo de los RSU en áreas urbanas como la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). En esta zona la población es de alrededor de veintidós millones de personas [5] y en ella se recolectaban diariamente más de 24 millones de toneladas de RSU en 2022 [6]. Del año 2010 al 2020 la cantidad de RSU que se recolectaba allí se incrementó un 6,2%, mientras que la tasa de generación per cápita se ha mantenido prácticamente constante, con 1.143 kg/día/habitante [5] y [6]. En términos brutos, se recolectaban mil 431 toneladas

más de RSU en 2020 que en el año 2010 [6]. Esta tendencia al alza en la generación de RSU constituye un reto para alcanzar un desarrollo sostenible en esta metrópoli.

La cantidad de RSU generados en áreas urbanas demanda sistemas de manejo de RSU con gran capacidad, lo que eleva los costos y en ocasiones produce mayores impactos ambientales. Los RSU generados requieren sistemas que integren empresas y cadenas que operen de forma eficiente [7]. Así, por ejemplo, a nivel mundial, los sistemas de manejo de RSU necesarios para el tratamiento y la eliminación de desechos generaron la emisión de 1600 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente, lo que representa alrededor del 5% de las emisiones mundiales [3]. Tan sólo en la Ciudad de México, en 2020 se recolectaba diariamente 12,355 t de RSU, utilizando un parque vehicular de 2,731 camiones que recorrían las calles de 1,753 colonias a través de 1,751 rutas de recolección [8]. Aproximadamente 33 mil 200 toneladas de CO₂ equivalente es producido anualmente por las operaciones de recolección y transporte de RSU en la Ciudad de México [8].

El manejo de grandes cantidades de RSU en las ciudades tiene impactos económicos, ambientales y sociales negativos. Hay una triple repercusión medioambiental [9]: contaminación de agua, suelo y aire, desperdicio de recursos y necesidad de espacios para la disposición final de residuos. Algunos problemas que enfrentan las grandes ciudades son: la insuficiencia de basureros, rellenos sanitarios o lugares para la disposición final [10]; la contaminación de los mantos acuíferos y del suelo por sustancias peligrosas que son vertidas sin control; la contaminación del aire por la emisión de gases de efecto invernadero y sustancias que contribuyen al adelgazamiento de la capa de ozono [10] y [4]; también se presentan afectaciones a la salud

pública por estos contaminantes y la transmisión de patógenos y proliferación de fauna nociva [10], [11] y [4]; finalmente, los impactos de orden estético, de incomodidad por ruidos y malos olores [10].

Además de los impactos ocasionados directamente por el manejo de RSU, los sistemas públicos de gestión se han concentrado únicamente en incrementar la tasa de recolección y disposición final de RSU, dejando de lado el aprovechamiento y la valorización de RSU. La tasa de reciclaje en México es menor al 10% [4], tasa que está por debajo del promedio mundial, que es del 13% [3], y muy inferior a la tasa de reciclaje de los países de la Unión Europea, que reciclaban en 2017 el 46% de sus residuos.

El Banco Mundial señala que los sistemas de gestión de RSU deben transformarse para construir una economía circular, orientándose a la reutilización y el reciclaje, más que a la disposición final [3]. El desarrollo de redes logísticas para la valorización de los materiales contenidos en los RSU es una forma de transitar de modelos de producción lineal a modelos circulares sostenibles [12], [13] y [14]. Estas redes logísticas existen en muchas economías emergentes, aunque operan con problemas que merman su funcionamiento y ocasionan externalidades negativas en las ciudades. Si bien la prevención en la generación de RSU es la opción más deseable para un desarrollo sostenible, la disposición final de RSU es la opción dominante, con una incipiente industria de la recuperación de materiales contenidos en los residuos para su reutilización o reciclaje [15].

En este trabajo se describe la forma en que se da la disrupción entre el modelo de economía lineal y su transmutación en modelos de economía circular sostenible a través de redes logísticas informales orientadas a la valorización de RSU. En este trabajo se presentan los resultados de un análisis geoespacial de las redes logísticas de recuperación de RSU en la ZMVM. Se bosqueja la red logística de recuperación de algunos RSU valorizables desde las fuentes donde se generan, esto es, hogares y unidades económicas, hasta las instalaciones de transferencia y valorización industrial. El análisis se apoya en sistemas de información geográfica usando el software QGIS. La importancia del análisis incluye la complejidad de la red de recuperación, de factores a considerar en el desarrollo de redes

sostenibles, así como, la hechura de políticas públicas enfocadas en reducir las externalidades negativas. Una apuesta de este trabajo es la consideración de los flujos de RSU valorizables en la Logística Urbana como disciplina.

MARCO TEÓRICO

Las ciudades de países con economías emergentes están expuestas a una variedad de desafíos derivados del desarrollo futuro de los mercados, el aumento de los requisitos ambientales, las nuevas tecnologías y la evolución de las complejas cadenas de suministro que satisfacen las necesidades de su población [16]. A estos desafíos debemos agregar el problema de la gestión y aprovechamiento de RSU generados en ellas.

Si consideramos a la ciudad como un sistema, habría que tener en cuenta los flujos desde dentro de la ciudad hacia fuera de ella y viceversa, así como los flujos internos. Sin embargo, muchas de las contribuciones en Logística Urbana se enfocan en los flujos *in-bound*, perpetuando un desequilibrio entre los flujos entrantes y salientes [17]. Un sistema de logística urbana integral tendría que considerar la logística inversa, esto es, el movimiento de los RSU para su valorización. Esta inclusión implicaría los flujos inversos de la ciudad, la logística empresarial inversa, la gestión de residuos y las actividades de las cadenas de suministro inversas [18] y [19]. Es la logística inversa la disciplina que estudia los procesos de reciclaje [20].

La logística urbana sostenible tiene como objetivo reducir y controlar el número, las dimensiones y las características de los vehículos de carga que operan dentro de los límites de la ciudad, mejorando la eficiencia en los movimientos de las carreteras y reduciendo el número de vehículos y el impacto ambiental derivado del movimiento de personas y mercancías [21]. El transporte de mercancías constituye un importante factor propicio para la mayoría de las actividades económicas y sociales que tienen lugar en las zonas urbanas [17].

Van Duin & Quak [22] exponen que los objetivos de la logística urbana son: proporcionar a la sociedad los medios de oportunidad para satisfacer sus necesidades económicas, ambientales y sociales de manera eficiente y equitativa; reducir al mínimo los

efectos adversos, evitables e innecesarios; reducir los costos asociados en el espacio correspondiente a la ciudad. Un sistema de tratamiento y reciclaje de RSU robusto y rentable es un requisito para una sociedad urbana sostenible [23]. La inclusión del movimiento de los RSU en los estudios de logística urbana es la apuesta que hace este trabajo.

Más allá de la Logística Urbana, la Economía Circular pone al centro de la discusión al residuo y a su recuperación y reutilización inteligente a través de ciclos técnicos que imitan ciclos naturales [24]. El tránsito del modelo de economía lineal a la Economía Circular implica modificar la estructura de la cadena de suministro agregando funciones asociadas con los flujos inversos. Bajo el modelo de economía lineal, se considera residuo a cualquier material desechado por quien lo produce o posee. El residuo puede ser resultado de procesos de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza. Sin embargo, un residuo puede perder su valor hoy y recuperarlo en el futuro o bien ser desperdicio en una industria y materia prima en otra [25].

La Figura 1 señala un bucle por el que los flujos inversos tendrían que llegar al sistema de manejo de residuos, pero más aún señala la ampliación de la cadena de suministros hasta la disposición final de los residuos y no sólo hasta el consumo.

En este sentido, la economía circular se presenta como una solución para reducir el consumo de materiales vírgenes, así como la reducción de las huellas de carbono e hídrica en las operaciones de la cadena de suministro [26], principalmente mediante la operación de redes logísticas que recuperen los materiales desechados antes de llegar a disposición

final. Bajo este enfoque, el residuo de una cadena se convierte en la materia prima para abastecer a otras, con un mínimo de impactos [25]. Una red logística de recuperación de residuos funciona como una cadena de suministro inversa, en la cual se llevan a cabo una serie de procesos y actividades necesarias para recuperar, post-consumo, los productos usados, sus componentes o materiales asociados, para valorizarlos mediante reutilización, reciclaje, restauración, remanufactura, canibalización, etc. [25] y [27].

Este trabajo se enfoca en los llamados RSU. Estos se generan en casas habitación a partir de las actividades domésticas; también los generados en establecimientos y en la vía pública a partir de actividades similares a las domiciliarias [28]. La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos en México determina que son los gobiernos municipales los responsables de su manejo [28]. Los materiales valorizables de estos RSU son recuperados del sistema público de gestión de RSU mediante redes logísticas para desviarlos del flujo que los conduce a disposición final.

El objetivo de las redes logísticas de recuperación es abastecer de forma continua y confiable a las plantas industriales de reciclaje y valorización de RSU [19]. Estas redes se originan en las fuentes de generación de RSU como casas habitación, unidades económicas y en el sistema de manejo de RSU municipal. Las operaciones de estas redes se realizan en dos tipos de establecimientos o Unidades Económicas: centros de acopio (acopiadores minoristas) y centros de transferencias (acopiadores mayoristas). Una estructura de la red logística de recuperación de materiales valorizables contenidos en los RSU y los agentes que ella participa se muestra en Figura 2.

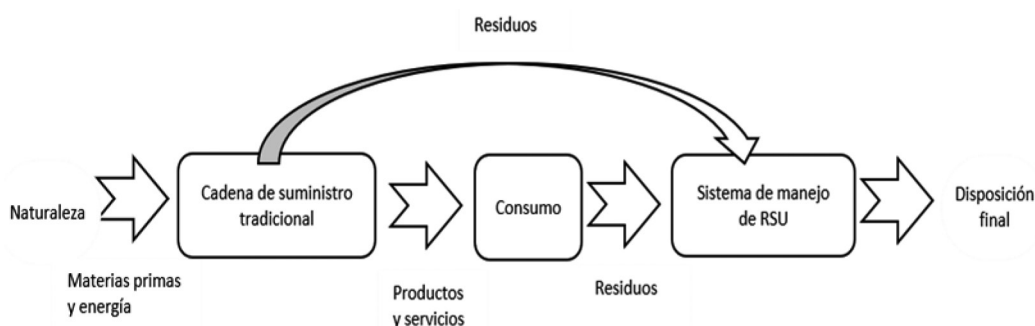


Figura 1. Modelo de economía lineal.

Fuente: Elaboración propia a partir de [19].

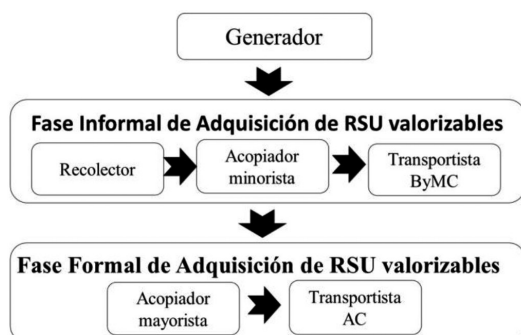


Figura 2. Agentes identificados en la adquisición de RSU.

Los agentes mostrados en la Figura 2 son operadores privados, sean microempresas o individuos, que realizan sus actividades en esquemas formales o informales. La informalidad es el esquema en que suelen realizar sus operaciones los primeros agentes involucrados en la red logística: recolectores, acopiadores minoristas, transportista de baja y mediana capacidad, señalados con las siglas ByMC en la Figura 2. Los transportistas de baja capacidad tienen unidades con capacidad de hasta 3.5 toneladas, mientras que los transportistas mediana capacidad tienen vehículos desde 3.5 y hasta 7.5 t. Conforme el volumen de operación aumenta, los agentes de la red tienden a pasar a esquemas formales, particularmente los acopiadores mayoristas de los centros de transferencia y los transportistas de Alta Capacidad que utilizan vehículos de más de 7.5 toneladas, señalados con las siglas AC en la Figura 2.

Un centro de acopio (CA) es un establecimiento mercantil donde se reciben, cuantifican, reúnen, trasvasan y acumulan temporalmente los materiales valorizables contenidos en los RSU, para posteriormente ser enviados a tratamiento, reciclaje, reutilización, reprocesamiento o disposición final [7]. Los Centros de Transferencia (CT) son instalaciones de almacenamiento temporal de los residuos para ser transportados posteriormente a un sitio de valorización industrial, a otro centro de transferencia o a disposición final. Eventualmente, podría aplicarse algún otro proceso a los materiales recibidos en el CT, como la separación, compactación y trituración. Estos CT son de carácter privado y se enfocan a la comercialización de materiales valorizables de los RSU a gran escala.

Los CA y CT son los nodos de la red logística de recuperación de RSU y han sido incluidos en el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, base del INEGI para realizar los censos económicos en México [29]. En la subrama económica 43431, se incluyen las unidades económicas dedicadas principalmente al comercio al por mayor especializado de materiales de desecho para reciclaje, como metal, papel, cartón, vidrio, plástico [30].

Recapitulando, para el análisis de las redes logísticas de RSU valorizables se consideraron a los centros de acopio y a los centros de transferencia como nodos relevantes de la red. Es en estos centros donde se realizan las operaciones logísticas de recuperación materiales valorizables de los RSU. Las redes logísticas de RSU valorizables se entrelazan con otras redes por las que se mueven bienes de consumo dándole forma a la logística urbana. Más allá de las operaciones, los agentes que participan en la valorización de RSU constituyen la red logística de recuperación de residuos.

MATERIALES, MÉTODOS Y ZONA DE ESTUDIO

Para el análisis se consideró como zona de estudio la ZMVM. La ZMVM estuvo conformada en 2021 de 76 municipios y alcaldías: 59 municipios del Estado de México, las 16 alcaldías de la Ciudad de México y un municipio del Estado de Hidalgo [31]. Para 2020 la población de la ZMVM era de 21,815,533 (INEGI, 2021). En 30 años la población se incrementó casi 40% [32], [33] y [5]. Según se prevé este crecimiento continuará, sobre todo por la migración hacia las ciudades. Para 2025 se estima que alrededor de 4,500 millones de personas vivirán en zonas urbanas, esto es, 50% más que en 2010 [31]. En la Figura 3 se identifica la ZMVM y las demarcaciones que la conforman.

La ZMVM es la región de México que por su concentración y crecimiento poblacional es donde se genera la mayor cantidad de residuos y donde su gestión es uno de los mayores retos. También es la zona de mayor infraestructura y equipamiento para el manejo de residuos. Es además donde están registrados el mayor número de centros de acopio y de transferencia que constituyen la red logística por la que se mueven y valorizan los RSU.

Fuente: Elaboración propia en software QGIS con capas vectoriales del Sistema Urbano Nacional [34].

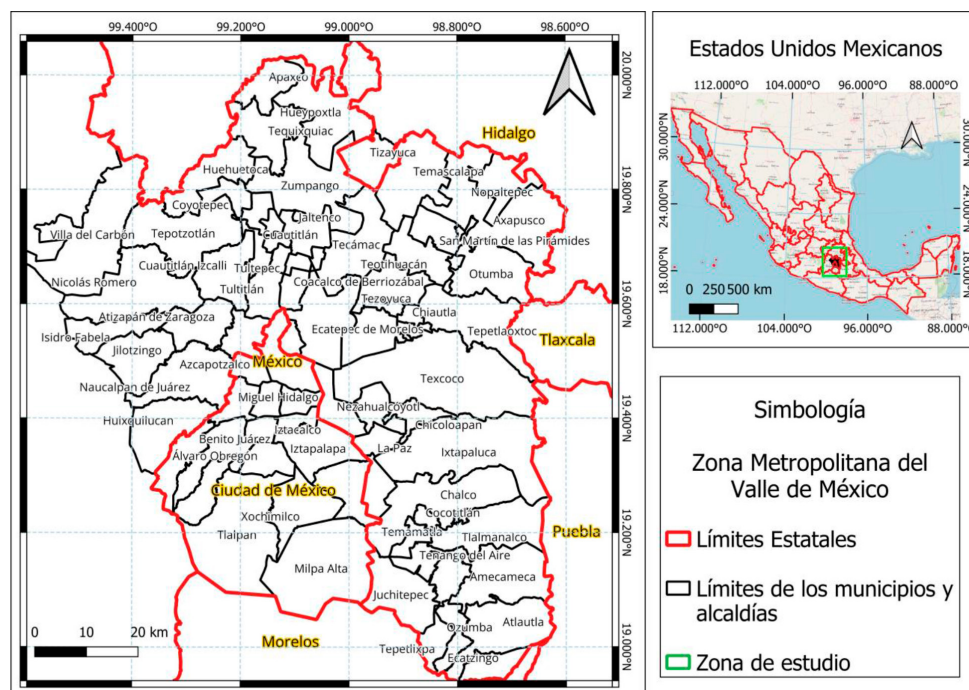


Figura 3. Localización geográfica de la zona metropolitana del valle de México.

Para el análisis se echó mano de los SIG, dado que permiten la incorporación de elementos geoespaciales [35]. En general, los SIG permiten recopilar, administrar, analizar y recuperar grandes volúmenes de datos referenciados espacialmente y datos de atributos desde muchas fuentes [36]. Permiten visualizar e interpretar datos, relaciones, tendencias y patrones [36]. El uso de SIG ofrece una dimensión complementaria, pero fundamental a los análisis zonales y regionales, la visibilidad de las relaciones entre planos de datos, áreas de influencia, concentración, etc.

El modelo de la red de recuperación de RSU valorizables en la ZMVM se obtuvo utilizando el software Quantum GIS (QGIS) versión 3.28.6, software de código abierto licenciado bajo *General Public License*. QGIS es un software SIG gratuito, versátil y robusto. Los modelos de representación formulados con QGIS para este trabajo son modelos vectoriales con capas georreferenciadas de entrada. Las capas son archivos con atributos de las entidades geográficas y de su ubicación que al sobreponerse generan mapas. Las capas para el análisis fueron:

1. Sistema Urbano Nacional con límites de la ZMVM; municipios y alcaldías con datos poblacionales de 1990 a 2018 [34].
2. Áreas Geoestadística Básicas (AGEB) de la ZMVM con atributos de población, pobreza, pobreza extrema e índice de desarrollo humano [31].
3. Centros de acopio y transferencia registrados en la ZMVM en 2009, 2014 y 2015 con atributos de tamaño, material valorizable que acopia, razón social, año de registro.
4. Red vial de la ZMVM con atributos de tipo de vialidad, nombre de la vialidad, ancho, sentido, restricciones a la circulación [31].

Las bases de datos consultadas fueron las del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), organismo público autónomo de México, entre ellas:

1. Marco Geoestadístico Nacional. Sistema que permite georreferenciar la información estadística de los Censos y las encuestas con lugares geográficos correspondientes, a diferentes niveles de desagregación [31]:

- Sistema Urbano Nacional [34], Área Geoestadística Estatal (AGEE), Área Geoestadística Municipal (AGEM) y Área Geoestadística Básica (AGEB) [31].
2. Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Registro nacional de establecimientos obtenido de los Censos Económicos 2009, 2014 y 2019 [29].
 3. Principales resultados del censo de población y vivienda 2010 por AGEB y manzana urbana. Indicadores de población y vivienda por AGEB y manzanas en localidades urbanas, total de población por entidad y municipio, obtenidos del Censo de Población y Vivienda 2010 [37].
 4. Encuesta Intercensal 2015. Encuesta con información del volumen, composición y distribución de la población residente en el territorio, indicadores socioeconómicos y culturales y condiciones prevalecientes en viviendas [33].
 5. Pobreza Urbana en México 2015. Estudio con rangos de pobreza y pobreza extrema en localidades urbanas de municipios con 15 mil habitantes o más [38].

Los análisis geoespaciales realizados fueron:

1. Análisis vectorial para el conteo de los CA y CT por AGEB a partir del enlace espacial entre las capas de CA y CT y la red vial de la ZMVM en 2009, 2014 y 2019.
2. Cálculo de la tasa de crecimiento anual de CA y CT por AGEB.
3. Análisis de correlación espacial entre los CA y CT registrados y el Marco Geoestadístico Nacional. Análisis entre nivel socioeconómico

y CA y CT localizados, ambos atributos por AGEB.

4. Mapa de calor que representa gráficamente la concentración de CA y CT y por tanto la adquisición de residuos.
5. Triangulación de Delaunay con la que se modela la red de triángulos conexa y convexa de CA y CT. Se obtienen las conexiones próximas entre puntos y una matriz de distancias mínimas entre CA.
6. Análisis de red para determinar la distancia más corta entre CA y CT que adquieren un mismo tipo de residuo. Este es insumo de la matriz de distancias entre CA y CT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el Censo Económico 2019 en la ZMVM había registradas 4 mil 966 unidades económicas que realizan operaciones logísticas de recuperación [29]. Estas unidades económicas son los CA y CT. Este dato contrasta con las 4mil 165 registradas en 2014 y las 3044 registradas en 2009. Un incremento de 19% en 5 años y de 63% en 10 años. La mayoría (91% en 2019) emplean de 0 a 5 personas. La Figura 4 muestra el crecimiento de unidades económicas por rangos de ocupación registradas en tres años diferentes: 2009, 2014 y 2019.

Es notorio que las unidades económicas que realizan las operaciones de recuperación de residuos son microempresas, esto es, emplean hasta 10 trabajadores [39]. Estas microempresas son, en general, empresas que acopian residuos, empresas minoristas de barrio que conforman el primer eslabón de las redes de

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INEGI [29].

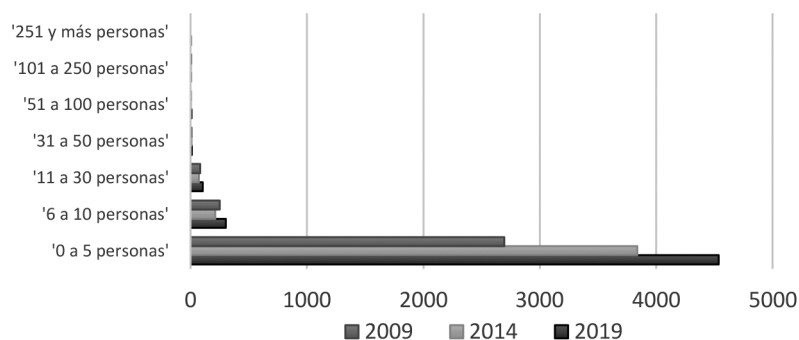


Figura 4. Unidades económicas que realizan la recuperación de RSU valorizables por rango de ocupación en años diferentes.

recuperación de RSU valorizables. Estas unidades económicas son las catalogadas en este trabajo como CA. Del resto, en 2019 había registradas 113 empresas consideradas pequeñas empresas, esto es, empresas que emplean más de 10 y hasta 30 trabajadores. Son estas empresas las catalogadas en este trabajo como CT. Los CT son acopiadores mayoristas por la cantidad de residuos que acopian y comercializan. También se identificaron 8 empresas medianas, esto es, que emplean de 31 y hasta 100 empleados, consideradas centros de transferencia regionales y cuatro grandes empresas, esto es, que emplean a más de 100 trabajadores.

Los CA y CT que acopian RSU operan en la informalidad. Sólo 357 de las 4 mil 966 registradas en 2019 contaban con Registro Federal de Contribuyentes [29]. De las empresas formales, 62% eran medianas, 50% pequeñas, 6% microempresas. Las cuatro grandes empresas son formales. Con estos datos se reafirma que las empresas que acopian RSU son el primer eslabón de la cadena de suministro inversa, son las de mayor número y son las que operan en la informalidad económica. También se reafirma que la formalidad se asocia al volumen de RSU que acopian, cuando crece la cantidad de residuos que manejan las unidades económicas se vuelven formales.

Por otro lado, respecto al periodo de operación y mortandad de los CA y los CT, a continuación, se presentan algunos datos. De los CA y CT, 21% habían operado al menos 10 años, 22% entre 5 y 10 años. Un dato relevante es que 48% había operado menos de 2 años. Más allá del periodo en el que

han operado está la mortandad de las empresas. La Figura 5 muestra la relación entre estas variables en tres años de registro diferentes.

La mortandad de los CA y CT es muy dispar en los tres años de registro, sin embargo, corresponde al comportamiento general de las pequeñas y microempresas respecto de su mortandad, esto es, una mortandad muy alta en un periodo muy corto. Específicamente, en 2009 la relación entre empresas que operaban y las que habían dejado de operar era prácticamente uno a uno (50% en cada caso); para 2014 la relación se decantó en favor de aquellas que habían dejado de operar, sólo un tercio se mantuvo en operación. Para 2019 no se tuvo registro de aquellas que habían dejado de operar. Es muy probable que la mortandad se mantuviera, incluso que se haya incrementado por el efecto de la COVID 19 sobre la economía de los países. Aunque, la permanencia en casa y la mayor generación de residuos pudo estimular la creación de más empresas acopiadoras de residuos.

Respecto de los RSU y materiales que se recuperan de estos, en general, los CA y CT no se especializan, es decir, acopian diferentes residuos, entre ellos: metales, plásticos, papel, cartón y vidrio. Su negocio radica en la comercialización al por mayor y la reducción de los costos de operación. La Figura 6 muestra que son los residuos metálicos los de mayor comercialización a lo largo de 10 años en tres diferentes momentos. En la gráfica de la Figura 6 el eje horizontal indica el número de CA o CT que comercializan el RSU indicado.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI [29].

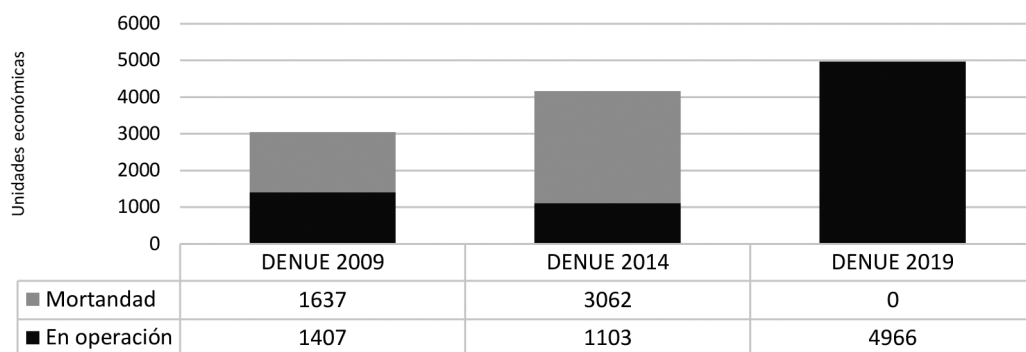


Figura 5. Periodo de operación y mortandad de las unidades económicas que realizan operaciones logísticas de recuperación.

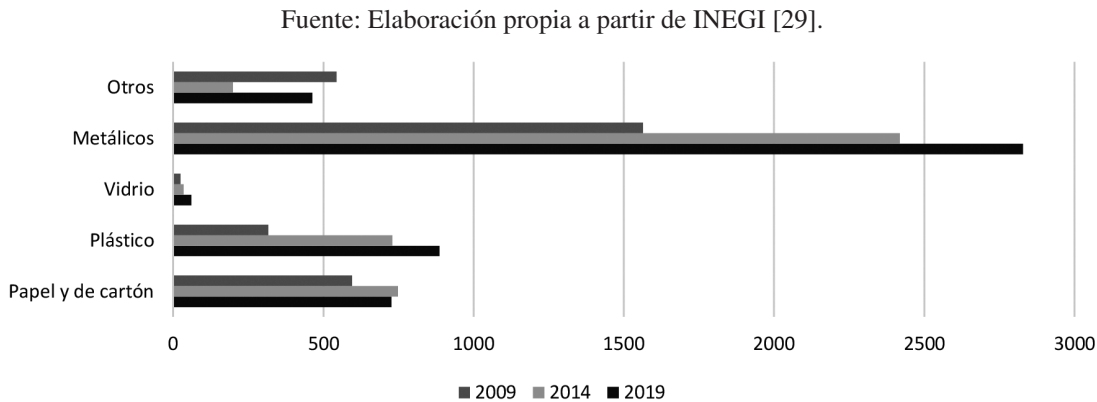


Figura 6. Materiales comercializados en los CA y CT de la ZMVM.

Los materiales que se muestran en la gráfica de la Figura 6 son en realidad familias de materiales. La diversidad es amplia en todos los casos. Los metales se clasifican en ferrosos y no ferrosos. En la categoría de los ferrosos están: el acero, el acero inoxidable, el hierro gris, el fierro, el hierro fundido y el acero galvanizado. En la categoría de los no ferrosos están entre otros: el cobre, el aluminio, el estaño, el plomo, el zinc, el níquel y el cromo. Por su parte, la composición del vidrio es diversa, esto da origen a diferentes tipos de vidrio, entre ellos: el vidrio sódico-cálcico, el vidrio de plomo, el vidrio de borosilicato y el vidrio de sílice.

En la gráfica de la Figura 6 queda evidenciada la diferencia entre densidades de valor de los materiales, esto es, el valor del residuo en relación con su volumen. Los residuos metálicos son los de mayor valor comercial en relación con su volumen. La Tabla 1 muestra la densidad de valor de los cuatro materiales que representan el 80% de los ingresos por comercialización para los CA y los CT. Estos materiales son considerados Tipo A por su nivel de comercialización. Las densidades de valor son

valores obtenidos de los valores promedio de venta y de volumen. Los datos explican en mucho por qué los CA y los CT acopian estos materiales y particularmente los residuos metálicos.

Teniendo en mente los datos ya presentados, a continuación, se presentan resultados respecto de la distribución espacial de los CA y los CT asociada con variables socioeconómicas de la zona de estudio. Con esto se bosqueja la red logística que opera para la recuperación de RSU valorizables.

La dispersión espacial de los CA y CT no es homogénea en la ZMVM. Sin embargo, son identificables dos corredores, al oriente y al norte de la Ciudad de México con un patrón de movimiento del centro a la periferia. La colecta tiene origen en el centro y los RSU valorizables se mueven a CA y CT localizados al oriente y norte, principalmente. Las zonas donde se concentran son demarcaciones periféricas, tanto de la Ciudad de México como del Estado de México. En la Figura 7, con triángulos de diferentes tamaños se identifican los CA y CT de la zona oriente de la ZMVM. La red de recuperación se

Tabla 1. Residuos Tipo A en las familias de materiales de los RSU.

Residuo Tipo A	Densidad [kg/m ³]	Precio de venta [\$ M.N./kg]	Densidad de valor [\$ /m ³]
Cartón	130	2,00	\$260/m ³
PET	930	4,50	\$4185/m ³
Vidrio Cortado	2500	0,85	\$ 2125/m ³
Fierro viejo	7850	3,50	\$27475/m ³

Fuente: Elaboración propia con datos de [33] y [34].

extiende en la zona oriente, la zona con los niveles de pobreza más importantes. Las alcaldías de la Ciudad de México: Benito Juárez, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Coyoacán se identificaron como las áreas generadoras de residuos más importantes. En las áreas al oriente se localizan los CA y los CT. La alcaldía de Iztapalapa y los municipios de Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Valle de Chalco, Chicoloapan, La Paz e Ixtapaluca conforman el corredor señalado por el que fluyen los residuos.

El patrón centro periferia de distribución de los CA y CT corresponde a un patrón de niveles de pobreza de menor a mayor, esto es, los generadores de residuos se ubican la zona centro y los acopiadores en la periferia.

Los niveles de pobreza son menores en la zona centro, pero hacia la zona oriente los niveles de pobreza se acentúan en las AGEB. Pareciera que hay una relación entre las actividades de recuperación y los

niveles de pobreza, que la recuperación la realizan personas de la base de la pirámide social.

La gráfica de la Figura 8 refuerza lo anterior, considerando el promedio de CA y CT por AGEB en la ZMVM en tres momentos diferentes. Del total de CA y CT en las AGEB de pobreza media y alta para 2019 había en promedio un CA o CT por AGEB. Se destaca en este gráfico que los AGEB con mayor nivel de pobreza tienden a tener más UE de RSU. Es notorio que el crecimiento promedio de centros ha sido constante considerando los tres años de registro. También que el crecimiento más importante entre años se dio en AGEB del nivel máximo de pobreza. Finalmente, debe mencionarse que los CA y CT raramente se localizan en AGEB con bajos niveles de pobreza.

La gráfica de la Figura 9 es concluyente, en la ZMVM hay más CA y CT por habitante en las zonas más empobrecidas que en aquellas con bajos niveles de

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI [29] y [38] en software QGIS.

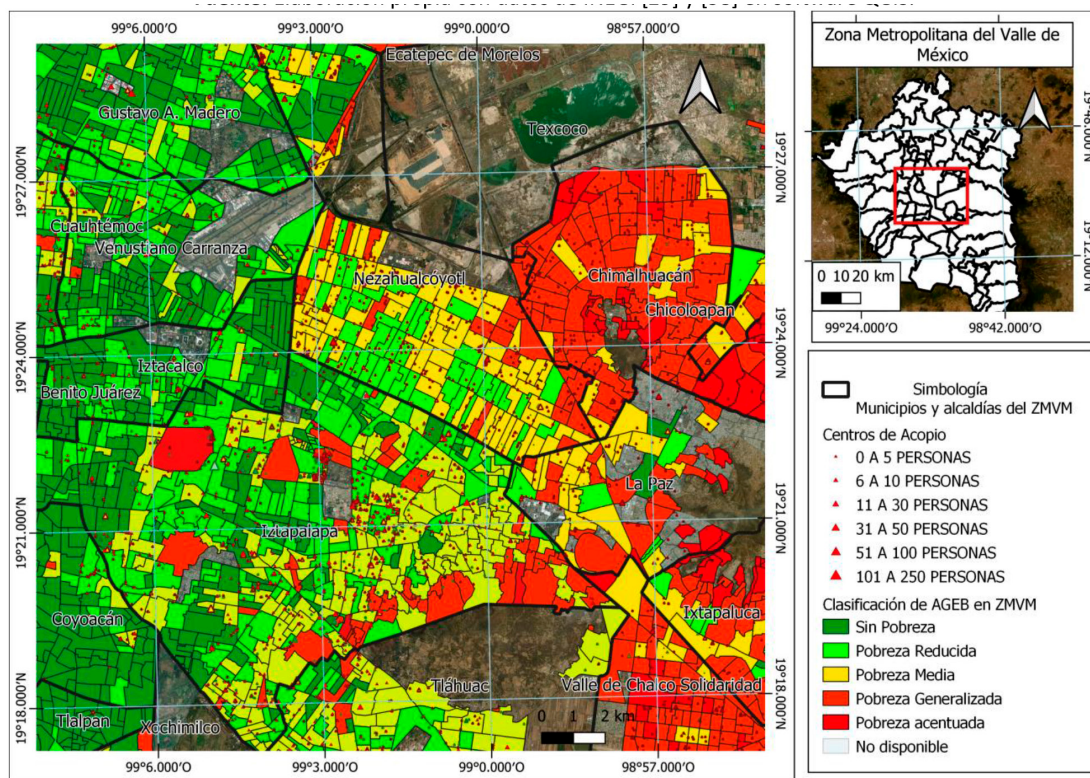


Figura 7. Patrón centro-periferia de los CA y CT y de niveles de pobreza en el corredor oriente de la ZMVM.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI [29].

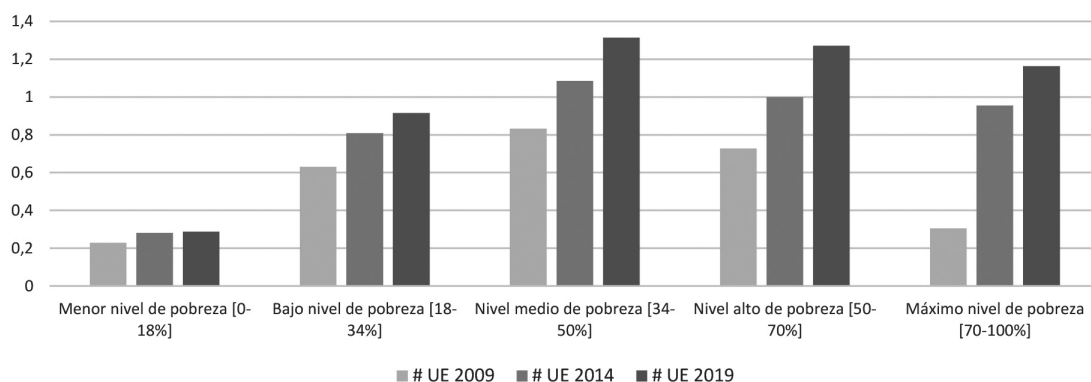


Figura 8. CA y CT por AGEB en la ZMVM, 2009, 2014 y 2019.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI [29] y [38].

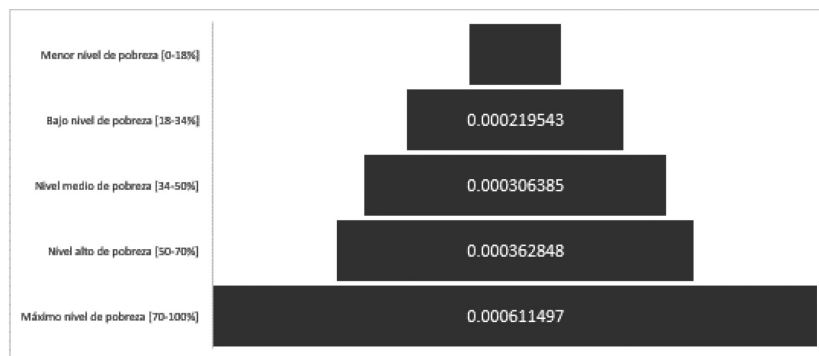


Figura 9. CA y CT por habitante según tipo de nivel de pobreza en el AGEB.

pobreza. La base de la pirámide social, en la que la población más pobre se ubica, es el contexto en el que se desarrollan las OLA de RSU.

Además, se identificó que en estos diez años de análisis la cantidad de CA y CT ha aumentado principalmente en AGEB con mayores niveles de pobreza. El mapa que se presenta en la Figura 10 muestra una clasificación de las AGEB de acuerdo con el incremento o decremento en la cantidad de CA y CT que se ubicaban en ellas, de 2009 a 2019. De esta manera las AGEB de la ZMVM se clasificaron en cinco grupos: Decremento superior al 10%; decremento inferior al 10%; incremento de hasta el 20%; Incremento superior al 20% y hasta 110%; incrementos superiores al 110%.

El mapa de la Figura 10 muestra que la cantidad de CA y CT se ha incrementado principalmente en las

áreas más empobrecidas de la ZMVM. La alcaldía de Iztapalapa junto con los municipios de Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Valle de Chalco, Chicoloapan, La Paz e Ixtapaluca destaca por su crecimiento en las OLA. De hecho, estos municipios conforman un corredor por donde se dan los flujos de salida de RSU valorizables, vocación que se ha reforzado del año 2009 al 2019. Los CA y CT que han proliferado en estas zonas, son pequeños establecimientos, en su gran mayoría microempresas informales.

Los CA y CT están establecidos en toda la ZMVM, desarrollan sus actividades en áreas de tipo marginal, mayoritariamente en pequeños establecimientos comerciales que emplean menos de cinco trabajadores y que en su gran mayoría son informales. Es a través de esta red de acopiadores minoristas que los materiales valorizables de los RSU comienzan a consolidarse y conformar redes

Fuente: Elaboración propia en QGIS a partir de [29] y [38].

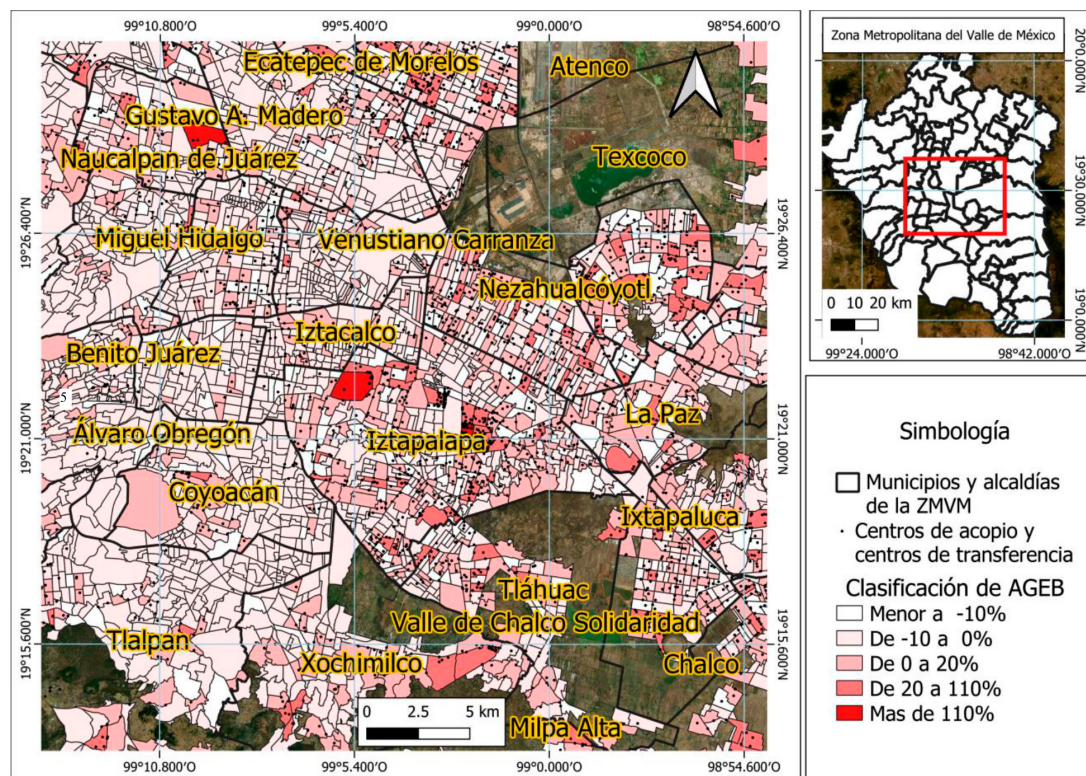


Figura 10. Clasificación de AGEB conforme a su tasa de crecimiento en el número de CA y CT.

logísticas de recuperación más robustas. El flujo de los materiales va de los micro acopiadores a los pequeños y medianos CT que se encargan de hacer la consolidación y transferencia. Es a través de los CT que los RSU valorizables pueden consolidarse en cantidades factibles económicamente para ser transportados fuera de la ZMVM. Las zonas enrojecidas que se muestran en la Figura 10 bosquejan el corredor por donde salen los RSU valorizables de la ZMVM. Los *clusters* logísticos encargados del flujo de salida de los materiales se pueden identificar claramente en este mapa.

Para mayor detalle respecto del flujo en la red logística de recuperación se presenta en la Figura 11. La red está constituida por casi cinco mil CA y CT, 52 mil kilómetros de vialidades, a través de ella se estima el movimiento de más de tres mil toneladas diarias. Es notoria la concentración de CA y CT en algunas áreas, estas concentraciones constituyen *clusters*. Dentro de los *clusters* también son identificables centros que acopian grandes cantidades de RSU

valorizables por lo que requieren más trabajadores, es decir, empresas pequeñas y medianas. La red emplea directamente hasta diez mil trabajadores y hasta 40 mil empleos indirectos particularmente transportistas y recolectores. De entre las vialidades que constituyen los enlaces de la red de recuperación son notorios enlaces en los que se concentra el movimiento de los RSU valorizables, especialmente enlaces a CT que acopian grandes cantidades y enlaces hacia afuera de la ZMVM.

En el mapa de la Figura 11 se muestra claramente estos *clusters* en los que las operaciones de recuperación de RSU son más intensas. Esta red logística, esbozada en la Figura 11, se encarga de romper el modelo de economía lineal y permite que un rudimentario modelo de economía circular prospere en la ZMVM.

CONCLUSIONES

La red de recuperación de residuos sólidos urbanos valorizables de la Zona Metropolitana del Valle de

Fuente: Elaboración propia en software QGIS.

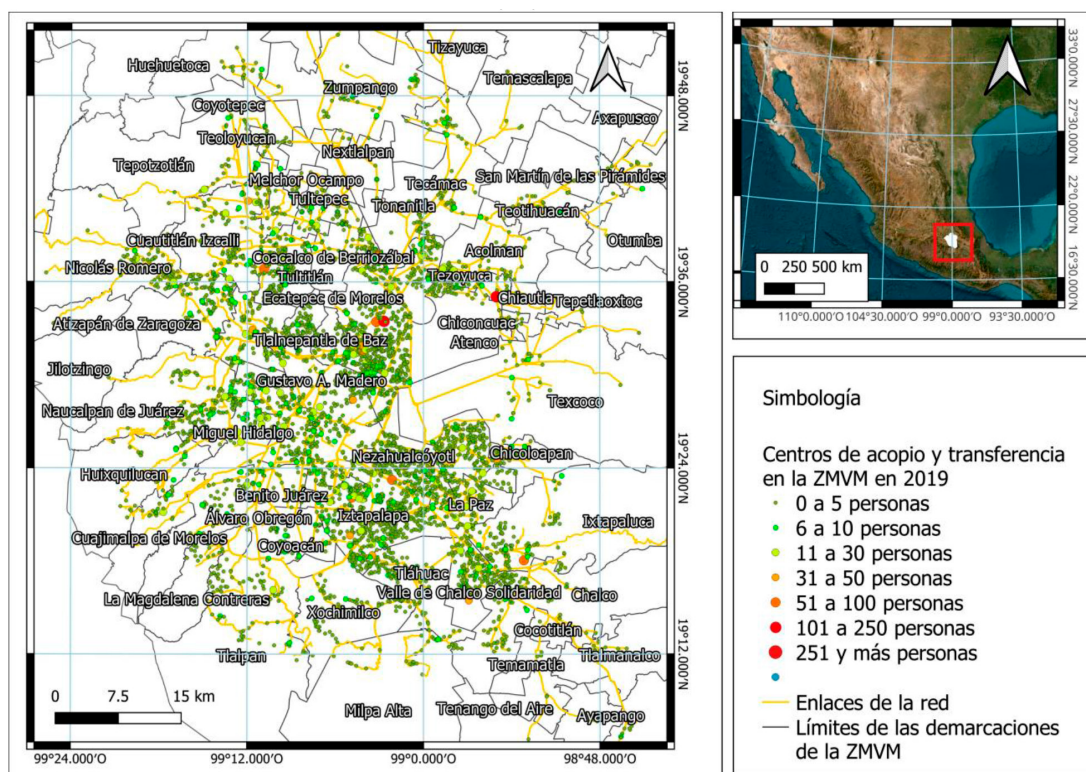


Figura 11. Redes de adquisición de RSU valorizables en la ZMVM.

México está constituida por centros de acopio y centros de transferencia cuyas actividades fundamentalmente son el acopio y la comercialización. Estos centros son nodos de la red por los que se mueven miles de toneladas de materiales valorizables contenidos en los residuos. En número son muchos más los centros de acopio que los centros de transferencia, su proliferación ha sido importante sobre todo en la zona oriente. Los enlaces que conectan la red son las vialidades que permiten el movimiento de los residuos valorizables.

Con la utilización del sistema de información geográfica se bosquejó la red logística de recuperación considerando dos perspectivas simultáneamente: por un lado, la ubicación, distribución geográfica y crecimiento de unidades económicas por áreas geo estadísticas básicas; por otro lado, variables socioeconómicas como los niveles de pobreza, el número de trabajadores en las unidades económicas y el tipo de empresa. El análisis mediante sistemas de información geográfica permitió una obtener

una visión de la complejidad de la red logística de recuperación y entender cómo opera en niveles y escalas diferentes.

También mediante la utilización de sistemas de información geográfica, se identificaron regularidades o patrones surgidos de la interacción local entre centros de acopio y centros de transferencia. Específicamente, el patrón centro-periferia de su localización y distribución geográfica, así como su patrón de crecimiento del centro a la periferia. Desde el marco de la complejidad, hay auto organización.

La presencia de elementos en los que se centraliza la influencia sobre la estructura de la red logística fue un hallazgo. Estos elementos son los centros de transferencia que influyen en la forma que toma la red logística, particularmente, por la dispersión o concentración de los centros de acopio. Los centros de transferencia pueden incidir en la naturaleza de la red logística y de sus propósitos. Estos centros podrían ser los elementos de disrupción hacia

cadena de suministro inversas robustas y más aún, hacia modelos de economía circular.

La red logística de recuperación es el reflejo del desarrollo urbano en la zona de estudio gestado en las tres últimas décadas. Una ciudad fragmentada donde áreas centrales generan grandes cantidades de residuos y áreas periféricas que acopian y comercializan los materiales valorizables de estos residuos. La población de la base de la pirámide social es la que se ubica en la periferia y para la que la actividad de recuperación de residuos aporta a su economía.

El impacto por la generación creciente de residuos que caracteriza a las áreas centrales de la Ciudad de México se atenúa gracias a las redes logísticas de recuperación. Sin embargo, un sistema de recuperación y valorización eficiente es indispensable para el desarrollo sostenible de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Las externalidades positivas de la red logística de recuperación no se cuantificaron, pero indudablemente tienen un impacto económico y ambiental positivo que debe reconocerse. En primera instancia, es la red logística de recuperación más importante que opera en México. Una red auto organizada que funciona a la par del sistema público de manejo de Residuos Sólidos Urbanos.

Por su naturaleza informal, el funcionamiento de la red logística no tiene estímulos públicos y/o institucionales para operar en forma sostenible. Las condiciones de trabajo, la reducción máxima de costos, el mercado de los residuos valorizables, son condiciones asociadas con la informalidad.

La red logística de recuperación no existiría si no hubiese grandes áreas generadoras de residuos sólidos urbanos, pero también existen por la creciente demanda de materiales de grandes empresas del reciclaje industrial. Estas empresas tienen relevancia en la red, sin embargo, no son el centro de la discusión en este trabajo. Las empresas de reciclaje industrial son las mayormente beneficiadas del abasto confiable, suficientes y, principalmente, de bajo costo que realizan los centros de acopio y centros de transferencia. Los precios de comercialización que pagan las grandes empresas refuerzan la informalidad de los agentes involucrados en la red logística de recuperación.

La importancia social, económica y ambiental de las redes logísticas de recuperación debe reconocerse e incluso formar parte de políticas públicas. Considerarlas en los propósitos de la Logística Urbana y como áreas de investigación es una forma de hacerlo. En relación con políticas públicas que las reconozcan, en programas como *basura cero* y modelos de Economía Circular deberían ser determinantes.

REFERENCIAS

- [1] F. Carrión Mena, “El reto político del gobierno de la ciudad metropolitana”, en *Los desafíos de la ciudad del siglo XXI*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, 2016, pp. 25-42.
- [2] M. Imaz Gispert y R. Camacho Lomelí, “Hacia la construcción de ciudades resilientes y sustentables”, en *Los desafíos de la ciudad del siglo XXI*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, 2016, pp. 235-248.
- [3] S. Kaza, L.C. Yao, P. Bhada-Tata, and F. Van Woerden, *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*, Washington, DC, USA: The World Bank, 2018, doi: 10.1596/978-1-4648-1329-0.
- [4] *Informe de la situación del medio ambiente en México: compendio de estadísticas ambientales*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015. [En línea]. Disponible: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf
- [5] *Censo de Población y Vivienda 2020*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 16 de marzo de 2021. [En línea]. Disponible: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos_abiertos
- [6] *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2021*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2021. [En línea]. Disponible: https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2021/#Datos_abiertos
- [7] M.F. Cespón, R.C. Castro y M.A. Rubio Rodríguez, “Modelos de optimización para el diseño sostenible de cadenas de suministros

- de reciclaje de múltiples productos”, *Ingeniare*, vol. 24, no. 1, pp. 135-148, 2016, doi: 10.4067/S0718-33052016000100013.
- [8] *Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México 2021*, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/DGCPCA/residuos/InventariodeResiduosSolidos2021.pdf>
- [9] A. Barradas Rebolledo, *Gestión integral de residuos sólidos municipales*, Minatitlán, Veracruz, México: Gytsu, 2009. [En línea]. Disponible: http://oa.upm.es/1922/1/Barradas_MONO_2009_01.pdf
- [10] *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>
- [11] *Informe de la situación del medio ambiente en México: compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012. [En línea]. Disponible: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf
- [12] J. Gómez-Maturano and B. Sánchez-Lara, “Sociodemographic Analysis of the Location of MSW Collection Centers in Mexico City”, in *Technological and Industrial Applications Associated with Industry 4.0*. A. Ochoa-Zezzatti, D. Oliva, and A.E. Hassanien, Eds., Springer: Switzerland, 2021, vol. 347, pp. 315-330, doi: 10.1007/978-3-030-68663-5_20.
- [13] M. Hernández-González, B. Sánchez-Lara, M. Elizondo-Cortés y M. Morales-Sánchez, “Red logística de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en la Zona Metropolitana del Valle de México”, presentado en Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro, Monterrey, N.L., México, 28 y 29, sep., 2022.
- [14] D.S. De la Rosa-Carreón y B. Sánchez-Lara, “Redes logísticas de adquisición de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos”, presentado en Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro, Monterrey, N.L., México, 28 y 29, sep., 2022.
- [15] N.M. Gusmerotti, F. Corsini, A. Borghini, and M. Frey, “Assessing the role of preparation for reuse in waste-prevention strategies by analytical hierarchical process: suggestions for an optimal implementation in waste management supply chain,” *Environment, Development and Sustainability*, pp. 1-20, 2018, doi: 10.1007/s10668-018-0160-9.
- [16] J. Morana and J. González-Feliu, “A sustainable urban logistics dashboard from the perspective of a group of operational managers,” *Management Research Review*, vol. 38, no. 10, pp. 1068-1085, 2015, doi: 10.1108/MRR-11-2014-0260.
- [17] A. Benjelloun and T.G. Crainic, “Simulating the impact of new Australian ‘bi-modal’ urban freight terminals,” *Trends, Challenges and Perspectives in City Logistics*, no. 4, pp. 45-51, 2009.
- [18] J.P. Antún Callaba, “Logística de distribución urbana de mercancías: tendencias corporativas y bases para políticas públicas”, *Gaceta Instituto de Ingeniería, UNAM*, vol. 1, no. 123, pp. 10-12, 2017. [En línea]. Disponible: <http://gacetaii.iingen.unam.mx/GacetaII/index.php/gii/issue/view/130>
- [19] J. Gómez-Maturano, “Sustainable design of reverse supply chain for solid waste in Mexico”, *Cuadernos de Administración*, vol. 36, no. 67, pp. 31-47, 2020, doi 10.25100/cdea.v36i67.8421.
- [20] M.F. Cespón, “La construcción de escenarios utilizando un sistema de inferencia difuso para la optimización estocástica del rediseño de la cadena de suministro de reciclaje”, *Ingeniare*, vol. 28, no. 3, pp. 476-498, 2018, doi: 10.4067/S0718-33052020000300476.
- [21] J.F. Ehmke, “City Logistics,” in *Integration of Information and Optimization Models for Routing in City Logistics*, New York, USA: Springer Science & Business Media, 2012, pp. 9-23, doi: 10.1007/978-1-4614-3628-7.
- [22] J.H.R. Van Duin and H.J. Quak. “City logistics: a chaos between research and policy making? A review,” *WIT Transactions on the Built Environment*, vol. 96, 2007, doi:10.2495/UT070141.
- [23] M. Fujii, T. Fujita, S. Ohnishi, N. Yamaguchi, G. Yong, Geng, and H.S Park, “Regional and temporal simulation of a smart recycling system for municipal organic solid wastes,” *Journal of cleaner production*, vol. 78, pp. 208-215, 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2014.04.066.

- [24] Ellen MacArthur Foundation, "Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition," 2016. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf (accessed Dec. 13, 2021).
- [25] J.R. Kinobe, G. Gebresenbet, and B. Vinnerås, "Reverse Logistics Related to Waste Management with Emphasis on Developing Countries-A Review Paper," *Journal of Environmental Science and Engineering Formerly Part of Journal of Environmental Science and Engineering*, pp. 1104-1118, 2012. [Online]. Available: <http://www.davidpublisher.com/Public/uploads/Contribute/551e3a273dbcb.pdf>
- [26] S. Seuring and M. Müller, "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management," *Journal of Cleaner Production*, vol.16, no. 15, pp. 1699-1710, 2008, doi: 10.1016/j.jclepro.2008.04.020.
- [27] K. Nakashima and S.M. Gupta, "Modeling Supplier Selection in Reverse Supply Chains," In *Reverse Supply Chain: Issues and analysis*, S.M. Gupta, Ed. New York, USA: Taylor & Francis Group, 2013.
- [28] *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos*, Diario Oficial de la Federación, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión México, 2021. [En línea]. Disponible: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf
- [29] *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, DENUE*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, noviembre 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>
- [30] *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN)*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/scian/estructura2018.pdf>
- [31] *Marco geoestadístico nacional*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463674658> (Accedido 13 de diciembre de 2021).
- [32] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017, Módulo 6: Residuos Sólidos Urbanos", 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2017/default.html#Tabulados>
- [33] *Encuesta Intercensal 2015*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Indicadores Demográficos y Socioeconómicos, México, 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/214>
- [34] Consejo Nacional de Población, "Sistema Urbano Nacional 2018", 17 de octubre 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.mx/conapo/documentos/sistema-urbano-nacional-2018>
- [35] A. Hiramatsu, R. Honda, M. Sekiyama, and Y. Hará, "Municipal solid waste flow and waste generation characteristics in an urban-rural fringe area in Thailand," *Waste Management & Research*, vol. 27, no. 10, pp. 951-960, 2019, doi: 10.1177/0734242X09103819.
- [36] V. Sanjeevi and P. Shahabudeen, "Optimal routing for efficient municipal solid waste transportation by using ArcGIS application in Chennai, India," *Waste Management & Research*, vol. 34, no. 1, pp. 11-21, 2016, doi: 10.1177/0734242X15607430.
- [37] *Principales resultados por AGEB y manzana urbana del Censo de Población y Vivienda 2010*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017. [En línea]. Disponible: https://datos.gob.mx/busca/dataset/censo-de-poblacion-y-vivienda-2010-principales-resultados-por-ageb-y-manzana-urbana/resource/1550d22d-2696-40d3-ade6-bff390c14ea6?inner_span=True
- [38] *Pobreza Urbana en México, 2015*, Consejo Nacional de Evaluación de la política de Desarrollo Social, 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/POBREZA-URBANA-EN-MEXICO-2015.aspx>
- [39] *Microempresas*, Secretaría de Economía, 2023. [En línea]. Disponible: <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/mexico-emprende/empresas/microempresario>