

Estudio de Generación de Residuos Sólidos Urbanos en la Cabecera Municipal de Chiapilla, Chiapas, y Estrategias de Mejoramiento de Manejo de Residuos

Study Of Municipal Solid Waste Generation In The Municipal
Seat Of Chiapilla, Chiapas, And Proposal Of Waste Management
Improvement Strategies

—

Juan Antonio Araiza Aguilar¹
juan.araiza@unicach.mx
ORCID: 0000-0002-3530-0674

Hugo Alejandro Nájera Aguilar¹
hugo.najera@unicach.mx

Rubén Fernando Gutiérrez Hernández²
rgutierrez@ittapachula.edu.mx

Carlos Manuel García Lara¹
carlos.garcia@unicach.mx

1 ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL, UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES
DE CHIAPAS. TUXTLA GUTIÉRREZ CHIAPAS. MÉXICO.

2 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA. TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO—INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TAPACHULA,
TAPACHULA DE CÓRDOVA Y ORDÓÑEZ. CHIAPAS, MÉXICO.



Para citar este artículo:

Araiza Aguilar, J. A., & Nájera Aguilar, H. A. Estudio de Generación de Residuos Sólidos Urbanos en la Cabecera Municipal de Chiapilla, Chiapas, y Estrategias de Mejoramiento de Manejo de Residuos. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 14(39). <https://doi.org/10.31644/IMASD.39.2025.a01>

RESUMEN

El manejo de los residuos sólidos urbanos es uno de los principales retos de las sociedades actuales. Conocer las cantidades producidas de residuos permite cuantificar el equipamiento necesario para adquirirse, como camiones recolectores y contenedores. Además, sirven como base de diseño de obras de ingeniería, tales como rellenos sanitarios y plantas de separación.

En este trabajo se efectuó un estudio de generación de los residuos sólidos urbanos en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas, con la finalidad de generar información que permita tomar decisiones en materia de manejo de tales residuos. Los trabajos efectuados permitieron determinar las tasas de generación per cápita para la fuente de generación urbana (0.733 kg/hab-día), domiciliaria (0.615 kg/hab-día) y no domiciliaria (0.118 kg/hab-día). Por otro lado, a través del estudio de la composición de residuos sólidos, se determinó que el componente orgánico sigue manteniendo porcentajes altos en el municipio (65.71 %), seguido de otros subproductos tales como plásticos (7.38 %), así como papel y cartón (4.31 %). Con base en los resultados obtenidos, se plantearon algunas estrategias de manejo de residuos para el H. Ayuntamiento, que incluyen la modificación de su normatividad local, el planteamiento de campañas de educación ambiental y otras. Todas esas acciones pueden servir para mejorar las condiciones actuales en el municipio en materia de manejo de residuos.

Palabras clave:

Residuos sólidos; subproductos; generación de residuos.

— Abstract—

Municipal solid waste management is one of the main challenges facing today's societies. Knowing the quantities of waste produced allows us to quantify the equipment needed to acquire it, such as garbage trucks and containers. In addition, they serve as a basis for the design of engineering works, such as landfills and waste separation plants.

In this work, a study of the generation of municipal solid waste in the municipal seat of Chiapilla, Chiapas, was developed with the purpose of generating information that allows making decisions regarding the management of such wastes. The work carried out allowed us to determine the per capita generation rates for the municipal generation source (0.733 kg/inhabitant-day), households (0.615 kg/inhabitant-day) and non-domestic generation (0.118 kg/inhabitant-day). On the other hand, through the study of the composition of solid waste, it was determined that the organic component continues to maintain high percentages in the study area (65.71 %), followed by other subproducts such as plastics (7.38 %), as well as paper and cardboard (4.31 %). Based on the results obtained, some waste management strategies were proposed for the City Council, which include the modification of its local regulations, the formulation of environmental education campaigns and others. All these actions can serve to improve current conditions in the municipality in terms of waste management.

Keywords:

Solid waste; subproducts; waste generation.

A nivel mundial, se ha tenido un cambio drástico en las tasas de generación y características de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), influenciados por factores como el crecimiento poblacional, cambios en los hábitos de consumo, el poder adquisitivo, la migración o nuevas costumbres (Buenrostro y Bocco, 2003; GTZ, 2003; Ojeda y Beraud, 2003). En México este fenómeno también está presente, causando que las entidades responsables de proporcionar los servicios de aseo urbano, se enfrenten a nuevos retos en la búsqueda de proporcionar mayor eficiencia de esas actividades.

De acuerdo con Bernache (2015), dentro de los principales retos a los que se enfrentan los municipios de México se encuentran: **i)** la falta de recursos económicos para atender el pago de personal que involucra el aseo urbano; **ii)** el parque vehicular deficiente para realizar la recolección de residuos; **iii)** la inadecuada ubicación de sitios de disposición final y su deficiente operación; **iv)** la carencia de estrategias para la gestión sustentable de residuos; **v)** la escasa participación social en los procesos de gestión, particularmente en lo que se refiere a minimizar la producción y la separación de los residuos. Otros retos que incluyen aspectos políticos se establecen en (Environmental Protection Agency [EPA], 2020), tales como la rotación política entre trienios de gobierno municipal y la coordinación gubernamental entre distintas dependencias estatales y municipales.

Previo a la solución de problemas y retos asociados con los RSU a través de una buena toma de decisiones, es indispensable conocer las cantidades generadas de residuos, por lo que se recurre a estudios de generación y cuantificación de subproductos de los RSU. Bernache et al. (2001) y Ojeda et al. (2008), señalan la importancia de sistematizar metodologías para los estudios de generación, que aporten información que sirva para la planeación de los servicios de aseo urbano. También son indispensables porque técnicamente permiten cuantificar el equipamiento necesario para adquirirse, como camiones recolectores y contenedores. Además, sirven como base de diseño de obras de ingeniería, tales como rellenos sanitarios y plantas de separación (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2020). Desafortunadamente, son pocos los municipios que cuentan con la infraestructura o conocimiento para poder efectuarlos.

La carencia de datos sobre la producción de residuos en los municipios, puede ser perjudicial para la gestión adecuada de ellos. Actualmente son pocos los trabajos efectuados en municipios pequeños o comunidades rurales. Se destacan los trabajos de Alvarado et al. (2009) y Araiza et al. (2015), ya que no solo se generan cifras de manejo de residuos, sino también propuestas acordes al tamaño del asentamiento. El presente trabajo muestra los resultados de un estudio de generación y cuantificación de subproductos de los RSU, efectuado en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas. Este municipio como muchos otros del país, en los últimos años ha sufrido distintos

cambios socioculturales, que han repercutido en las tasas de generación de RSU. Por ejemplo, de acuerdo a datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2010, 2020), entre 2010 y 2020, la población tuvo un incremento de 13.65 %, es decir, la población pasó de 3,809 a 4,329 habitantes. En este mismo sentido, el número de viviendas pasó de 1,139 a 1,447, es decir, se tuvo un aumento de 27.04 %. En materia de servicios y establecimientos comerciales, en el mismo periodo hubo un pequeño aumento de estos establecimientos, pasando de 198 a 205. Es importante mencionar que el cambio más notable, puede ser visto en la zona centro de la cabecera municipal o primer cuadro de la misma.

A través del presente trabajo, se espera generar información útil para las autoridades municipales y que puedan emplear los datos para diseñar obras, planes y programas en materia de manejo de residuos, por ejemplo, rediseñar el sitio de disposición final actual, así como adquirir mayor cantidad de unidades de recolección. Adicionalmente, se plantean algunas estrategias enfocadas en los aspectos normativos y de educación ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y contexto de manejo de residuos

El presente trabajo se desarrolló en la cabecera municipal del municipio de Chiapilla, Chiapas, ubicado al sureste de México. Sus coordenadas de ubicación son 16° 34' 12.67" de latitud norte y 92° 43' 12.76" de longitud oeste (**Figura 1**). El municipio tiene una extensión territorial total de 53.04 km², cuenta con siete localidades, de las cuales solo la cabecera municipal es urbana y cuenta con una población de 4,329 habitantes (CEIEG 2023). Actualmente, el municipio presenta algunas deficiencias en materia de manejo de residuos, particularmente en las etapas de recolección y disposición final, las cuales son operadas con infraestructura deficiente, por lo que su atención es urgente. Respecto al sitio de disposición final, se requieren celdas nuevas, mientras que, en el caso de la recolección, mayor cantidad de vehículos recolectores. Estas carencias pueden ser solventadas a través de la información proporcionada por los estudios de generación y cuantificación de subproductos.

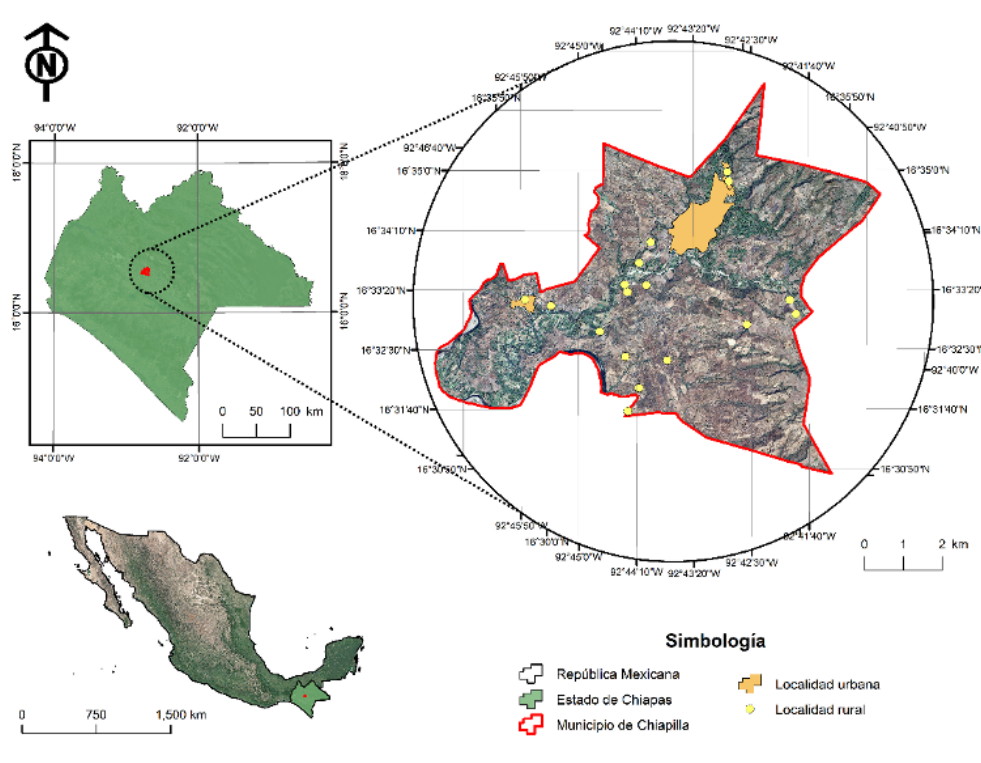


Figura 1. Área de estudio

Recolección de datos de partida y selección de viviendas

Inicialmente, se acudió a las bases de datos del INEGI, además del H. Ayuntamiento municipal de Chiapilla, Chiapas, para confirmar el único estrato socioeconómico visible en el que se realizaría el muestreo de residuos. Posteriormente, de acuerdo a lo indicado por la NMX-AA-061-1985 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial [SECOFI], 1985d), para trabajar con un nivel de confianza de 90%, se determinaron mínimamente 80 casas como premuestras dentro de la cabecera municipal, las cuales fueron numeradas en un plano del área de estudio, y elegidas a través de números aleatorios arrojados por un software estadístico.

Previo a realizar la toma de muestras en cada domicilio, se procedió a recorrer el área de estudio, visitando a los habitantes de las casas seleccionadas para explicarles la razón del muestreo, además de levantar información general de los servicios de aseo urbano. Los trabajos de campo se iniciaron el miércoles 15 de junio del 2022, fecha a partir de la cual se entregó diariamente una bolsa de polietileno, la cual era llenada con los residuos generados en la casa habitación y recolectada al día siguiente para su posterior análisis. Esta operación se repitió hasta el día 21 de junio de 2022, fecha en la cual culminaron los trabajos de campo.

Es importante destacar que, el levantamiento de muestras se realizó a partir de las 7:00 hrs. de cada día, salvo algunos hogares por la ausencia de los jefes de familia. Adicionalmente, se consideró la operación limpieza, que consistió en coleccionar los residuos almacenados el día previo al comienzo de los estudios, con la finalidad de evitar sesgos en los muestreos posteriores.

El análisis de datos atípicos de tasas per cápita de producción de desechos, se efectuó considerando el criterio de Dixon r_{22} para muestras mayores a 14 elementos dentro del Software MINITAB. Las ecuaciones y valores críticos del citado criterio de exclusión, pueden ser vistos en Davis y McCueen (2005).

Con respecto a la generación no domiciliaria (comercial y de servicios), se emplearon bases de datos mostradas en Heredia et al. (2007) y Alvarado et al. (2009), que contienen tasas de generación de residuos por tipo de establecimiento comercial. Adicionalmente, se utilizó la información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) de INEGI (2023), para identificar el número de establecimientos dentro de la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas. La Tabla 1 presenta una clasificación de unidades económicas sugeridas en Araiza et al. (2017a).

Tabla 1
Establecimientos y unidades económicas que pueden analizarse

Unidad económica	Descripción
Comercial	En esta clasificación se encuentran establecimientos tanto pequeños como grandes, donde se comercializan bienes de primera necesidad y otros. Entre los principales establecimientos se encuentran las tiendas de autoservicio, locales comerciales de diversos tipos, así como tiendas de abarrotes y expendios de carnes y verduras.
Servicios	En esta clasificación se encuentran los establecimientos que brindan sostén a la sociedad, tanto desde el punto de vista de transporte, como de realización de trámites y demás. Los establecimientos corresponden a oficinas públicas, privadas, centros culturales y religiosos, además de gasolineras y hoteles.
Especiales	Está integrada por centros educativos, unidades médicas y terminales terrestres.
Otros	En esta última clasificación se agruparon a las áreas verdes de parques y jardines.

Determinación de la composición de residuos y pesos volumétricos

Posterior a la recolección de las bolsas de residuos provenientes de cada casa habitación muestreada, éstas fueron llevadas al espacio de trabajo asignado por el H. Ayuntamiento, en donde se procedió a pesar cada bolsa, registrar su peso en una base de datos y obtener la tasa de generación per cápita con base en la **Ecuación 1**.

$$GPD_R = \frac{mBolsa_R}{Hab_{viv}} \quad (1)$$

Donde GPD_R es la tasa de generación per cápita domiciliaria en kg/hab-día; $mBolsa_R$ es el peso de residuos dentro de cada bolsa en kg; Hab_{viv} es el número de habitantes en cada vivienda del día muestreado.

Enseguida, los residuos de cada bolsa se colocaron sobre el piso y se mezclaron de acuerdo a lo indicado en la NMX-AA-015-1985 (SECOFI, 1985a), aplicando el método de cuarteo, que consiste en fraccionar los residuos (en cuatro partes) hasta obtener una porción adecuada para los pasos subsecuentes. Con el apoyo de un recipiente de 200 L y en apego a lo descrito en la NMX-AA-019-1985 (SECOFI, 1985b) y **Ecuación 2**, se procedió a realizar la operación para determinar el peso volumétrico de los residuos.

$$\rho_R = \frac{m_{cm}(lleno) - m_{cm}(vacío)}{V_{cm} \times N_{llenado}} \quad (2)$$

Donde ρ_R es la densidad de los residuos en kg/m³; $m_{cm}(lleno)$ es el peso del contenedor de muestreo lleno (kg); $m_{cm}(vacío)$ es el peso del contenedor de muestreo vacío (kg); V_{cm} es el volumen del contenedor de muestreo (0.2 m³); $N_{llenado}$ es el nivel de llenado del contenedor de muestreo (%).

Finalmente, para caracterizar o cuantificar los subproductos, una porción de aproximadamente 50 kg proveniente del cuarteo fue empleada. En esta actividad, los residuos se colocaron sobre una mesa, categorizándolos con base a las fracciones y componentes enlistadas en la **Tabla 2**, además de lo indicado en la NMX-AA-022-1985 (SECOFI, 1985c). Es importante indicar que el porcentaje en peso de cada uno de los subproductos se determinó a través de la **Ecuación 3**.

$$P_{sub} = \frac{m_{sub}}{m_T} \quad (3)$$

Donde P_{sub} es el porcentaje del subproducto considerado; m_{sub} es el peso del subproducto considerado en kg, descontando el peso de la bolsa o recipiente empleado en el pesaje; m_T es el peso total de la muestra en kg (50 kg o cercano a ese valor).

Tabla 2
Componente de las fracciones de los RSU

Fracción	Componentes
Orgánica	Fracción de rápida biodegradabilidad en donde se incluye a los residuos de alimentos y jardinería, así como piezas de madera.
Papel y cartón	Se incluye al papel de impresión, papel tipo revista o encerado, papel periódico, además de cartón y cartón encerado.
Plásticos ^a	En esta fracción se incorporaron a los plásticos denominados PET, HDPE, LDPE, PP, PS, PVC y mezclas de ellos.
Vidrio	Se consideraron dos categorías: transparente y color
Metales	Se incluyen al aluminio en latas y perfil, además de metales tanto en forma de latas como en piezas.
Peligrosos ^b	Se incluye a todos los materiales que tengan características CRETIB, como jeringas, baterías y medicamentos.
Tecnológicos	Se incluye todo aquel equipo o pieza proveniente de algún aparato electrodoméstico.
No aprovechable	En esta fracción se incluye al papel y toallas sanitarias, además de otros subproductos como, hule, piezas de loza y cerámica, materiales de la construcción y finos.

^a PET (polietileno de tereftalato), HDPE (polietileno de alta densidad), LDPE (polietileno de baja densidad), PP (polipropileno), PS (poliestireno), PVC (policloruro de vinilo).

^b CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, toxico, inflamable y biológico infeccioso).

$$GT_R = GD_R + GND_R \quad (4)$$

$$GPU_R = \frac{GT_R}{PT} \quad (5)$$

$$GS_R = GPU_R \times P_s \quad (6)$$

Donde GT_R es la generación total de residuos del área de estudio en ton/día; GD_R es la tasa de producción de residuos de la fuente domiciliaria en ton/día; GND_R es la tasa de producción de residuos de la no fuente domiciliaria (por ejemplo, escuelas y pequeños negocios) en ton/día; GPU_R es la generación per cápita urbana en kg/hab-día; PT es la población total del área de estudio; GS_R es la tasa de producción de residuos por sector, colonia, u otro tipo de área en ton/día; P_s es población de cada sector, colonia, u otro tipo de área. La **Ecuación 4** es útil para identificar claramente las fuentes domiciliarias y no domiciliarias, mientras que la **Ecuación 5** permite obtener la tasas per cápita. La **Ecuación 6** permite calcular tasas de producción de desechos, pero a nivel de fuente generadora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis estadístico de generación per cápita domiciliaria

En este estudio de generación de residuos se logró trabajar con 86 viviendas, las cuales participaron entregando las muestras con residuos durante los 8 días que duraron las actividades de campo (incluyendo la operación limpieza). Posterior a los pesajes, obtención de pesos volumétricos y caracterización de residuos, se examinó la base de datos aplicando un análisis de exclusión de datos atípicos, específicamente el criterio de Dixon r22 (para muestras mayores a 14 elementos), dentro del paquete estadístico MINITAB (Figura 2).

A través del criterio de exclusión citado, no se eliminó a ningún dato porque el valor del estadístico de prueba y el p-value son superiores al valor de r22 de Dixon y α respectivamente. Por lo anterior, se procedió a obtener los estadísticos de la muestra, obteniéndose una generación per cápita promedio de 0.615 kg/hab-día, una mediana de 0.580 kg/hab-día y desviación estándar de 0.289 kg/hab-día. Adicionalmente, el cálculo del tamaño real de la muestra arrojó un valor de 56, por lo que se aceptaron las 86 premuestras con las cuales se trabajó durante el estudio. Lo anterior se efectuó considerando un error muestral de 0.05 kg/hab-día y un percentil de la distribución t de student correspondiente al nivel de confianza de 90 %.

Por último, el análisis de confiabilidad indicó que los estadísticos de la muestra pueden ser empleados como los parámetros poblacionales, dado que la hipótesis nula de que la media muestral no difiere de la media poblacional es aceptada ($H_0: \bar{X} = \mu$ vs. $H_1: \bar{X} \neq \mu$). Lo anterior, a través del p-value obtenido, el cual es superior al valor de significancia elegido ($0.99 > 0.05$), considerando un nivel de confianza del 95 % y una prueba bilateral.

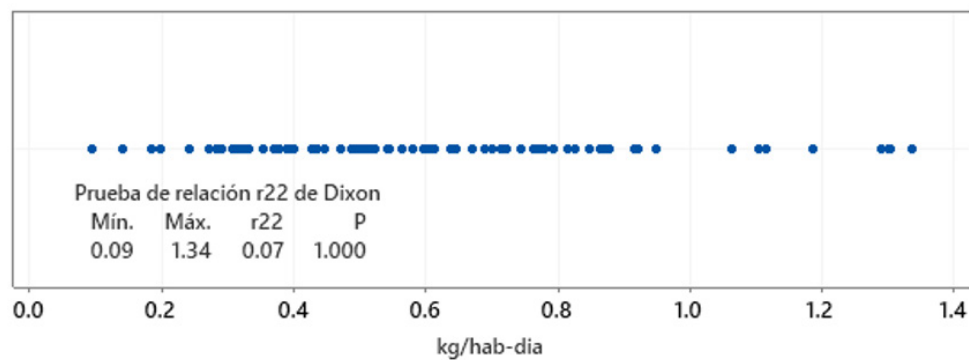


Figura 2. Valores atípicos y aplicación del criterio de exclusión

Producción de residuos domiciliaria y no domiciliaria

La **Tabla 3** muestra la generación per cápita domiciliaria por día, obtenida a través del estudio efectuado. Se observa una desviación estándar de 0.046 kg/hab-día respecto a la tasa promedio global obtenida de 0.615 kg/hab-día. Es importante mencionar que este valor es ligeramente inferior al promedio nacional de 0.653 kg/hab-día, y también al valor de generación per cápita para localidades pequeñas de 0.642 kg/hab-día (<10 mil habitantes), ambos datos reportados por SEMARNAT (2020).

Respecto a otros estudios efectuados en Chiapas, el promedio obtenido en este estudio es superior a las cifras reportadas por Alvarado et al. (2009), Araiza et al. (2015), Araiza et al. (2017a) y Araiza et al. (2017b), para municipios como Chiapa de Corzo, Las Margaritas, Berriozábal y Villaflores respectivamente, las cuales oscilan entre 0.3 y 0.5 kg/hab-día. Estas diferencias pueden deberse a la fecha de realización de los estudios, ya que de acuerdo con Jaramillo (2002), normalmente las tasas de producción de desechos tienden a aumentar anualmente a razón de 1 a 2 %.

Tabla 3

Tasas de generación per cápita domiciliaria obtenidas en el estudio de generación

Día	Promedio por día kg/hab - día	Promedio global kg/hab - día	Desviación estándar kg/hab - día
15/06/2022	0.680		
16/06/2022	0.628		
17/06/2022	0.672		
18/06/2022	0.604	0.615	0.046 kg/hab-día
19/06/2022	0.577		
20/06/2022	0.565		
21/06/2022	0.584		

En cuanto a la producción de residuos no domiciliaria, de acuerdo a la información descrita en el Directorio de Unidades Económicas de INEGI (2023), la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas cuenta con 205 establecimientos (**Tabla 4**), los cuales presentaron una tasa de generación de residuos de alrededor de 0.516 ton/día, equivalente a una tasa per cápita de 0.118 kg/hab-día. Debe destacarse que las unidades económicas comerciales, particularmente las tiendas de abarrotes y pequeños expendios predominan en el área de estudio, ya que corresponden a 36.59 % del total unidades económicas. Por el contrario, expendios de frutas y verduras (1.95 %), así como unidades médicas (1.46 %) y centros educativos (3.90 %) son las unidades económicas con menor presencia.

Tabla 4
Generación de residuos en fuentes no domésticas

	Unidad económica	No. de unidades	Generación por unidad (kg/día)	Generación total (ton/día)
	Local comercial	47	3.5	0.165
	Tienda de abarrotes pequeña	75	0.925	0.069
Comerciales	Expendio de carnes	13	2.43	0.032
	Expendio de frutas y verduras	4	3.92	0.016
	Varios	18	0.803	0.014
Servicios	Oficinas públicas/privada/culturales	18	1.05	0.019
	Restaurantes/alimentos	19	5.96	0.113
Especiales	Centros educativos	8	0.059/alumno	0.081
	Unidades médicas	3	0.92/consultorio	0.003
Otros	Parques y jardines (m ²)	402	0.00993/m ²	0.004
	Total	205	--	0.516

Nota: no se están considerando el área de parques y jardines en la sumatoria de unidades económicas.

Generación per cápita urbana

Con los datos de la generación domiciliaria y no domiciliaria obtenidos previamente, se puede establecer que la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas, genera alrededor de 3.2 ton/día (con cifras estadísticas de 2020), es decir, un equivalente a 0.733 kg/hab-día en generación per cápita urbana y 0.615 kg/hab-día en generación per cápita domiciliaria. Debe notarse que esta última cifra es inferior respecto al promedio nacional de SEMARNAT (2020), pero superior a los datos reportados en otros estudios efectuados en Chiapas (ver **Tabla 5**), lo cual como se indicó previamente, puede deberse a aspectos climáticos y temporales, así como economías locales de los sitios donde se aplicaron tales estudios. A de acuerdo con GTZ (2003), existen también otros factores que pudieran verse implicados en la alteración de las tasas de producción de desechos, tales como los niveles de ingreso de las familias, los patrones de consumo, el crecimiento poblacional o inclusive los niveles de urbanización. Toda esta información es relevante porque puede ser utilizada dentro de los planes o programas de manejo de residuos tanto de fuentes domiciliarias como de no domiciliarias. El factor crecimiento poblacional suele ser el mayormente empleado en todos los estudios relacionados a residuos, ya que proporciona información sobre útil para realizar proyecciones a futuro (Araiza y Rojas, 2020). Los aspectos culturales también suelen afectar las tasas de producción de desechos, dependiendo

del número de fiestas patronales o eventos a lo largo del año. Finalmente, la urbanización también condiciona las tasas de residuos, ya que entre mayor sea, habrá más acceso a nuevos productos o servicios que arriban a las comunidades y afectan estos patrones de generación de residuos.

Tabla 5

Generación de residuos por fuente generadora en Chiapilla, Chiapas

Fuente	Chiapilla		Promedio nacional ^a	Chiapa de Corzo ^b	Las Margaritas ^c	Berriozábal ^d	Villaflores ^e
	kg/hab-día	ton/día					
Domiciliaria	0.615	2.684	0.653	0.487	0.346	0.456	0.495
No domiciliaria	0.118	0.516	0.291	0.300	0.300	0.163	0.212
Total	0.733	3.200	0.944	0.787	0.646	0.619	0.707

Fuentes: a SEMARNAT (2020); b Alvarado et al. (2009); c Araiza et al. (2015); d Araiza et al. (2017a); e Araiza et al. (2017b).

Espacialmente, las fuentes de producción de residuos (domiciliarias y no domiciliarias) se ubican en sentido noreste a sureste, a lo largo de la vialidad principal que atraviesa la cabecera municipal (**Figura 3a**). La zona de baja presencia de fuentes de producción de residuos (**Figura 3b**), está caracterizada por la existencia de terrenos baldíos, casas dispersas, carencia de vialidades pavimentadas, etc. Esto influye para que las unidades económicas de mayor representatividad sean las tiendas de abarrotes pequeñas. Por otro lado, las zonas de alta presencia de fuentes de producción de residuos se concentran de manera importante sobre la parte media de la cabecera municipal (**Figura 3c**), muy cercano al parque central. Esta zona está caracterizada por presencia de casas típicas, oficinas administrativas, establecimientos comerciales grandes y pequeños, así como unidades médicas y escolares. Finalmente, la zona con presencia moderada (media) de fuentes de producción de residuos de todo tipo, abarca la mayor parte del área de estudio (**Figura 3d**).

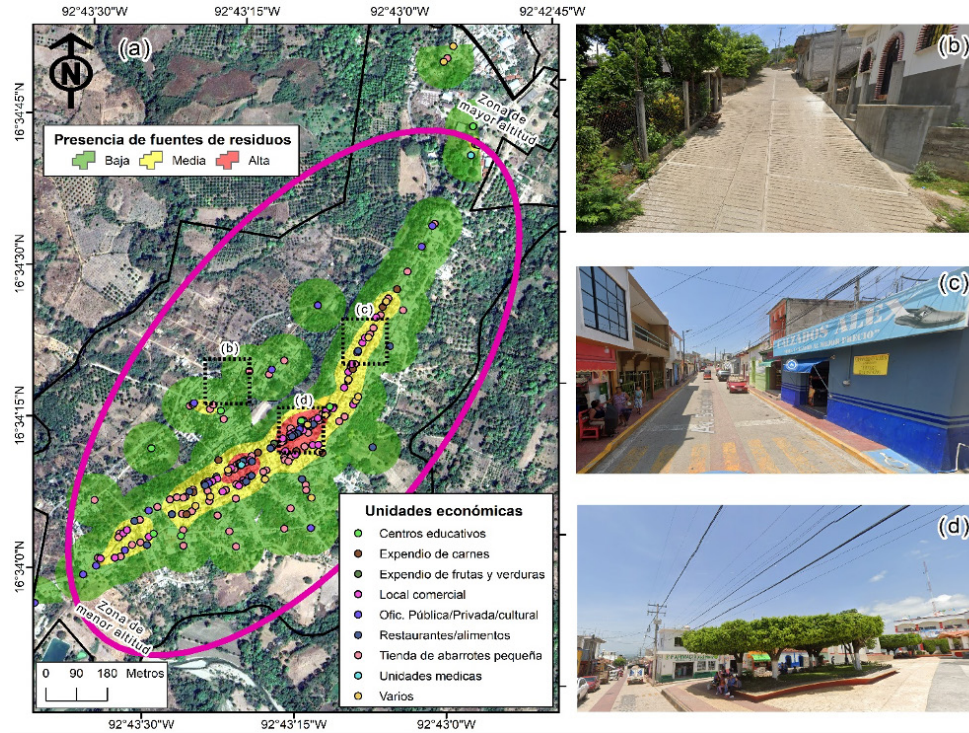


Figura 3. Fuentes de producción de residuos: a) distribución de fuentes, b) zona con baja presencia, c) zona con presencia media, d) zona con elevada presencia

Composición de residuos

La **Figura 4** y **Tabla 6** muestran la tipología de subproductos generados en la cabecera municipal de Chiapilla. Se observa que la fracción orgánica tiene los porcentajes mayoritarios, particularmente los residuos de alimentos con 35.50 %, seguido de los residuos de jardín con 22.91 %. Otros subproductos como los plásticos (7.38 %) siguen en aumento, particularmente PET (1.02 %), PEAD (1.50 %) y PEBD (2.83 %). Las fracciones de papel y cartón, así como vidrios y metales, tienen una presencia muy baja, con porcentajes que oscilan entre 1 y 3 %.

Se destaca que de la totalidad de los residuos generados en Chiapilla, el 81.41 % son materiales susceptibles de recuperación o aprovechamiento, a través de algún mecanismo de reciclaje con la finalidad de no enviarlos directamente a disposición final y, con ello, alargar la vida útil del relleno sanitario local.

Finalmente, en menor medida aparece la fracción de residuos peligrosos y tecnológicos, con una participación de 1.15 %. Este tipo de subproductos, en concordancia a lo indicado en Araiza et al. (2017a), en un futuro requerirán de algún mecanismo de control o tratamiento, especialmente por el grado de peligrosidad que le incorporan a la mezcla con los residuos convencionales o domiciliarios.

Tabla 6
Composición porcentual de los residuos sólidos domésticos de Chiapilla, Chiapas

Fracción	Porcentaje %	Componentes	Porcentaje %
Orgánica	65.70	Residuos alimenticios	35.49
		Residuos de jardín	22.91
		Madera	0.35
		Hueso de animal	0.35
		Semilla y cascara dura	6.60
		Cartón	2.57
Papel y cartón	4.31	Cartón encerado/Tetrapak	0.52
		Papel encerado/revista	0.40
		Papel de impresión	0.48
		Papel periódico	0.34
		PEAD (polietileno de alta densidad)	1.50
		PEBD (polietileno de baja densidad)	2.83
Plásticos ^a	7.38	PET (polietileno de teraftalato)	1.02
		PP (polipropileno)	1.00
		PVC (cloruro de polivinilo)	0.07
		PS (Unicel)	0.28
		Plásticos varios	0.68
		Vidrios	2.94
Vidrios	2.94	Vidrio de color	0.52
		Vidrio transparente	2.42
Metales	1.08	Aluminio (latas y papel)	0.42
		Latas de otros metales	0.25
Peligrosos	0.61	Material ferroso	0.41
		Residuos Peligrosos (jeringas, pilas, medicamentos)	0.61
Tecnológicos	0.54	Residuos Tecnológicos	0.54
		Pañal desechable / toallas sanitarias	6.71
No aprovechable	17.44	Papel sanitario	5.16
		Cuero/zapatos de	0.51
		Trapo (natural y sintético)	1.93
		Loza y cerámica	0.40
		Hule	0.01
		Residuos de la construcción	0.18
		Residuos finos	2.45
		Cabello	0.09
			0.00
		Total	100.00

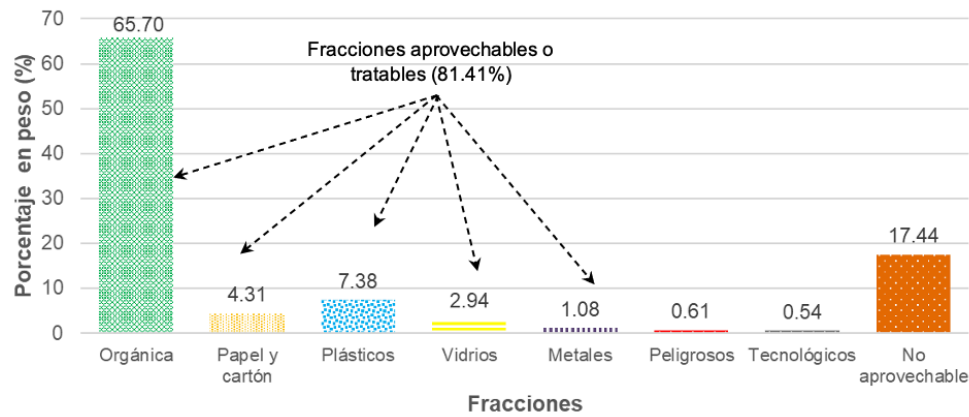


Figura 4. Fracciones principales de residuos sólidos generadas en Chiapilla, Chiapas

En cuanto al peso volumétrico, el valor obtenido fue de 234.07 kg/m^3 , el cual es un valor alto respecto a los 140.44 kg/m^3 y 128.06 kg/m^3 reportados por el SEMARNAT (2020), como promedio nacional y para localidades pequeñas (<10 mil habitantes). Lo anterior se debe posiblemente a la época del año en que se realizó el estudio, que fue al aparecer las primeras lluvias fuertes, lo que incorporó agua o humedad a las muestras, independientemente de la humedad aportada por la materia orgánica presente en los residuos. De acuerdo con Colomer y Gallardo (2007), la humedad de los residuos oscila entre 35 y 65 % y los factores que influyen mayoritariamente en el porcentaje de agua de los residuos son, el contenido de materia orgánica, la procedencia, la forma en que se presentan y la climatología de la región.

Estrategias de mejoramiento ambiental en materia de residuos sólidos

Actualmente, en el H. Ayuntamiento de Chiapilla, Chiapas, se carece de mucha información sobre los elementos involucrados en el manejo de los residuos, tales como los datos de la población urbana atendida por el servicio de limpia, las longitudes recorridas por las rutas de recolección y barrido, los tiempos de servicio asociados a la recolección, entre otros. Esto impide analizar a profundidad aspectos relacionados con la eficiencia, calidad y costos de esos servicios. Por lo anterior, una de las primeras estrategias justamente va encaminada a promover que las autoridades municipales se acerquen a la academia (instituciones educativas), a fin de desarrollar estudios similares a este trabajo, tratando de actualizar las cifras de generación de residuos o realizando diagnósticos ambientales. Hoy en día existen trabajos académicos que abarcan varios municipios pequeños y grandes de la entidad Chiapaneca (González, 2021; Cirilo, 2021; Hernández, 2024), pero aún faltan varios más, dada la cantidad de municipios y localidades existentes (124 municipios y

más de 20 mil localidades). Muchos de los trabajos a efectuarse deben de ir también enfocados a implementar tecnologías emergentes de manejo de residuos, tales como el tratamiento a gran escala de los residuos orgánicos o implementar métodos no convencionales de almacenamiento y recolección de residuos, por ejemplo, empleando equipos motorizados en lugar de vehículos especializados, y construyendo contenedores de gran volumen con materiales regionales. Por otro lado, es necesario impulsar el desarrollo de una reglamentación municipal relacionada al manejo de los RSU, ya que actualmente de acuerdo con Araiza (2019), en varios municipios del estado de Chiapas, incluyendo Chiapilla, se carece de algún reglamento municipal de aplicación constante en materia de residuos.

Otra estrategia que ha cobrado relevancia en los últimos años, es el establecimiento de organismos operadores para el manejo de residuos. En el Periódico Oficial del Estado de Oaxaca POEO (2018) y SEMARNAT (2023) se ha reportado el funcionamiento de tales organismos, principalmente dando atención a las etapas de recolección y disposición final. A través de estos organismos operadores, lo que se busca es tener finanzas independientes de los H. Ayuntamientos, pero con el visto bueno o control parcial de ellos. Esto permitirá operar de manera similar a como lo realizan las empresas privadas, es decir, mediante un pago o tarifa por el servicio, lo cual posibilita el autofinanciamiento.

En cuanto a la situación actual del municipio de Chiapilla, es importante establecer campañas de educación ambiental por parte del gobierno municipal, las cuales deben de ir enfocados a niños y mujeres principalmente, considerando que ellos son la base de una formación académica y cultural en la sociedad. Estas campañas deben estar orientadas a la implementación de prácticas de separación de residuos en casa habitación y escuelas, así como al reaprovechamiento de los subproductos de mayor presencia en los residuos sólidos de Chiapilla, tales como materia orgánica o plásticos. Estas actividades van a permitir el establecimiento de mecanismos de almacenamiento temporal y también influir directamente en los hábitos de consumo y comportamientos relacionados con la producción de desechos.

Finalmente, es importante buscar un cambio radical en cuanto a la forma de aplicar la política o jerarquía de manejo de residuos, no solo de Chiapilla sino todos los municipios de México. De acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2013) y Sáenz y Urdaneta (2014), actualmente esas políticas o jerarquías en toda América Latina están orientadas a que prevalezcan los sistemas de recolección convencionales, donde se mezclan residuos orgánicos e inorgánicos, y se disponen en Rellenos Sanitarios o Tiraderos a Cielo Abierto, por lo que se deja de lado la minimización mediante el reciclaje y tratamiento de residuos. No obstante, debe de buscarse una visión similar a la europea, donde la

política o jerarquía de manejo de residuos está invertida, es decir, buscando la minimización, teniendo como última etapa u opción menos favorecedora, la disposición final mediante Rellenos Sanitarios. Además, también se plantea la valorización de residuos y el reaprovechamiento como fuente de energía.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron los resultados obtenidos de un estudio de generación y cuantificación de subproductos de RSU, elaborado en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas. El objetivo principal del trabajo fue generar cifras y datos en materia de residuos sólidos, que las autoridades municipales puedan emplear para diseñar obras, planes y programas en materia de manejo de residuos.

Los trabajos efectuados permitieron cumplir el objetivo planteado, ya que se pudieron determinar las tasas de generación per cápita para la fuente de generación urbana (0.733 kg/hab/día), domiciliaria (0.615 kg/hab/día) y no domiciliaria (0.118 kg/hab/día). Por otro lado, a través del estudio de la composición de residuos, se encontró que el componente orgánico presentó el porcentaje más alto (65.71 %), seguido de otros subproductos como plásticos (7.38 %), además de papel y cartón (4.31 %). Adicionalmente, tan solo 17.44 % es material no aprovechable que debería ir directamente a disposición final.

Algunas estrategias de mejoramiento planteadas en este trabajo sugieren que el H. Ayuntamiento busque la colaboración con instituciones de educación superior, para efectuar mayor cantidad de estudios técnicos. Además, también se plantea buscar un cambio radical en cuanto a la forma de aplicar la política o jerarquía de manejo de residuos, de tal manera que se busque minimizarlos y valorizarlos. Todas esas acciones pueden servir para mejorar las condiciones actuales en el municipio en materia de manejo de residuos.

REFERENCIAS

- Alvarado H.**, Nájera H., González F. y Palacios R. (2009). Estudio de generación y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en la cabecera municipal de Chiapa de Corzo, Chiapas, México. *Revista Lacandonia* 3(1), 85-92.
- Araiza Aguilar, J. A.** (2019). *Modelado espacial del riesgo sanitario-ecológico, derivado del mal manejo de los residuos sólidos urbanos, en los municipios de la Cuenca del Cañón del Sumidero, Chiapas*. Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación General de Estudios de Posgrado, UNAM. México. 136 pp. Disponible en: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3471779>
- Araiza, J.**, Chávez, J. y Moreno, J. (2017a). Cuantificación de residuos sólidos urbanos generados en la cabecera municipal de Berriozábal, Chiapas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(4), 691-699. DOI: <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.04.12>
- Araiza J.**, López C. y Ramírez N. (2015). Manejo de residuos sólidos urbanos: caso de estudio en Las Margaritas, Chiapas. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica* 8 (3), 299-311.
- Araiza, J.**, Chávez, J., Moreno, J. y Rojas, M. (2017b). Municipal Solid Waste Management in a Municipality of Chiapas, Mexico. *Social Sciences*, 6(5), 133-140. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.ss.20170605.12>
- Araiza J.**, Rojas M. y Aguilar R., (2020). Forecast generation model of municipal solid waste using multiple linear regression. *Global J. Environ. Sci. Manage.*, 6(1), 1-14 Winter 2020. DOI: <https://doi.org/10.22034/gjesm.2020.01.01>
- Bernanche G.** (2015). La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales. *Sociedad y Ambiente*, 1(7), 72-98. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455744912004>
- Bernache G.**, Sanchez S., Garmendia A. y Sánchez M. E. (2001). Solid waste characterisation study in the Guadalajara Metropoli Zone, México. *Waste Manage. Res.* 19(5), 413-424. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X0101900506>
- Buenrostro, O.** y Bocco, G. (2003). Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives, *Resources Conservation and Recycling*, 39(3), 251-263. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(03\)00031-4](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(03)00031-4)
- CEIEG**, Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica (2023). Perfiles municipales - Chiapilla, Chiapas. <https://www.ceieg.chiapas.gob.mx/perfiles/Inicio>.
- Cirilo J.** (2021). *Análisis de generación de residuos sólidos de manejo especial en tienda de autoservicio en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. 55 pp. <https://hdl.handle.net/20.500.12753/4184>

- Colomer F.** y **Gallardo A.** (2007). *Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos*. Universidad Politécnica de Valencia, 328 pp.
- Davis A.** y **McCueen R.** (2005). *StormWater Management for Smart Growth*. Springer. 2005. p.58.
- EPA**, Agencia de Protección Ambiental (2020). *Mejores prácticas para la gestión de residuos sólidos: Una Guía para los responsables de la toma de decisiones en los países en vías de desarrollo*. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos Oficina de Conservación y Recuperación de Recursos. Informe EPA 530-R-20-002-S. 159 pp.
- González D.** (2021). *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en el municipio de Honduras de la Sierra, Chiapas*. Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. 60 pp. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4325>
- GTZ**, Agencia de Cooperación Técnica Alemana (2003). *La Basura en el Limbo: Desempeño de gobiernos locales y participación privada en el manejo de residuos urbanos*. México, D.F. 98 pp.
- Heredia P.**, **Sánchez J.**, **Rodríguez M.** y **Aguilar R.** (2007). *Guía para la revisión de proyectos ejecutivos, planes de regularización o evaluación de la conformidad según la NOM-083-SEMARNAT-2003*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) - Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ, por sus siglas en alemán). Manual. México, D.F., 109 pp.
- Hernández C.** (2024). *Estudio de generación y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas*. Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. 98 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12753/5149>
- INEGI**, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010: Tabulados*: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#tabulados> (acceso 10.06.23).
- INEGI**, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020: Tabulados*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#tabulados>
- INEGI**, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2023). *Directorio de Unidades Económicas*: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>
- Jaramillo J.** (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. OPS/CEPIS/PUB/02.93. Lima, Perú, 287 pp.
- Ojeda, S.** y **Beraud, J.L.** (2003). The municipal solid waste cycle in Mexico: final disposal. *Resources, Conservation and Recycling*, 39(3), 239–250. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(03\)00030-2](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(03)00030-2)
- Ojeda S.**, **Armijo C.** y **Márquez M.** (2008). Household solid waste characterization by family socioeconomic profile as unit of analysis. *Resources,*

- Conservation and Recycling*, 52(7), 992-999. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.03.004>
- PNUMA**, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2013). *Guía para la elaboración de estrategias nacionales de gestión de residuos-avanzar desde los desafíos hacia las oportunidades*. PNUMA, Ginebra, Suiza. 110 pp.
- POEO**, Periódico Oficial del Estado de Oaxaca (2018). Decreto 1502, que contiene la *Ley que crea el Organismo Operador encargado de la Gestión y Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de Oaxaca*, aprobado por la LXIII Legislatura el 14 de junio del 2018 y Periódico Oficial Extra del 12 de julio del 2018.
- Sáenz**, A. y Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe, *Revista Omnia*, 20(3), 121-135: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73737091009>
- SECOFI** (1985a). *Norma mexicana NMX-AA-015-1985. Protección al ambiente – contaminación del suelo – residuos sólidos municipales – muestreo – método de cuarteo*. Dirección general de normas. Secretaría de comercio y fomento industrial. Diario oficial de la federación, México, 18 marzo de 1985.
- SECOFI** (1985b). *Norma mexicana NMX-AA-019-1985. Protección al ambiente – contaminación del suelo – residuos sólidos municipales – peso volumétrico “in situ”*. Dirección general de normas. Secretaría de comercio y fomento industrial. Diario oficial de la federación, México, 18 marzo de 1985.
- SECOFI** (1985c). *Norma mexicana NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente – contaminación del suelo – residuos sólidos municipales – selección y cuantificación de subproductos*. Dirección general de normas. Secretaría de comercio y fomento industrial. Diario oficial de la federación, México, 18 marzo de 1985.
- SECOFI** (1985d). *Norma mexicana NMX-AA-061-1985. Protección al ambiente – contaminación del suelo – residuos sólidos municipales – determinación de generación*. Dirección general de normas. Secretaría de comercio y fomento industrial. Diario oficial de la federación, México, 8 agosto de 1985.
- SEMARNAT**, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2020). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. SEMARNAT, Ciudad de México, México. 272 pp.
- SEMARNAT** (2023). Organismos operadores en México para el manejo de residuos. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/organismos-operadores-en-funcionamiento>