

# Generación, reciclaje y disposición final de los principales residuos en México, 2000-2014

*Generation, Recycling and Final Disposal of Waste in Mexico, 2000-2014*

Rafael Ortiz-Pech<sup>a, b</sup>, Lucelly Carolina Burgos-Suárez<sup>a</sup>, Alba Rosa Rivera-de la Rosa<sup>a</sup>

## RESUMEN

Este trabajo analiza el comportamiento de los residuos en México para el periodo 2000-2014 considerando sus tres vertientes: generación, tratamiento o reciclaje y disposición final. La generación de residuos por persona en México es uno de los más altos en América Latina por lo que es prioritario tomar medidas en beneficio del medio ambiente y la salud de los habitantes. Se utilizó información estadística de fuentes oficiales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para diversos tipos de residuos, es analizada la tendencia de reciclaje usando un modelo de regresión lineal. Los resultados muestran que la generación ha sido creciente para la mayoría de los residuos; sin embargo, su tratamiento (reciclaje) permanece relativamente bajo lo que provoca mala disposición final; de modo que es necesario aumentar el reciclaje y ejercer programas para cuantificar adecuadamente los residuos, así como incursionar en educación ambiental.

**PALABRAS CLAVE:** manejo de desechos; control de la contaminación; tratamiento de desechos; reciclaje; estadísticas de desechos; vigilancia ambiental.

## ABSTRACT

This paper analyzes the behavior of waste in Mexico for the period 2000-2014 considering its three aspects: generation, treatment or recycling and final disposal. The generation of waste per person in Mexico is one of the highest in Latin America, so it is a priority to take measures to benefit of the environment and the health of the inhabitants. Statistical information from official sources of the *Instituto Nacional de Estadística y Geografía* and the *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* was used for various types of waste, the recycling trend is analyzed using a linear regression model. The results show that the generation has been increasing for most of the waste, although its treatment (recycling) remains relatively low, which causes a bad final disposition; so it is necessary to increase the recycling and carry out programs to quantify adequately the waste as well as entering environmental education.

**KEYWORDS:** waste management; pollution control; waste treatment; recycling; waste statistics; environmental monitoring.

## Introducción

El concepto de desechos y residuos son usados en ocasiones de manera indistinta; sin embargo, denotan aspectos distintos. Mientras que el primero hace referencia a algo que no se quiere, es inservible y, por tanto, se desecha, el segundo concepto implica

un producto secundario generado por la actividad productiva de elaborar, transformar o consumir un producto primario y que puede reutilizarse si se les da un tratamiento por medio del reciclaje, antes de su disposición final. En este sentido, todos los habitantes del planeta generan residuos como plásticos,

<sup>a</sup> Universidad Autónoma de Yucatán, Campus Ciencias Sociales, Económico-Administrativos y Humanidades, Facultad de Economía. Mérida, México. ORCID Ortiz-Pech, R.: 0000-0002-7049-5040; ORCID Burgos-Suárez, L.C.: 0000-0002-0271-0474; Rivera-de la Rosa, A.R.: 0000-0001-6775-2504

<sup>b</sup> Autor de correspondencia: [rafael.ortiz@correo.uady.mx](mailto:rafael.ortiz@correo.uady.mx)

botellas de vidrio, materia orgánica, papel, cartón, entre otros; que sin una disposición adecuada pueden provocar afectaciones ambientales y a la salud humana (Zapata y Zapata, 2012). Por esta razón es importante el reciclado y adecuada disposición final de los residuos ya que estos incrementan con el pasar de los años y según el Banco Mundial (2018) si continua este comportamiento provocará mayor contaminación al medio ambiente sobre todo en los países desarrollados.

Los residuos son productos que se desechan en varios estados, ya sea sólido, semisólido, líquido o gaseoso y que deben tener una disposición final adecuada debido a que pueden producir afectaciones. Estos residuos por sus características se clasifican en tres tipos: 1) residuos sólidos urbanos (RSU), 2) residuos de manejo especial (RME), y 3) residuos peligrosos (RP).

Los RSU se producen en los hogares pues una vez consumido el producto primario (alimento, por ejemplo) se desecha su empaque de cartón convirtiéndose en residuo. Una definición de los RSU sería: “los generados en las casas habitación que resultan de la eliminación de materiales provenientes de actividades domésticas, productos consumidos, empaques, cajas, o botellas; es decir, todos los residuos generados en los domicilios o los que resultan de la limpieza de casas y calles públicos...” (Ceballos, 2012). En este sentido, si los hogares están formados por varios integrantes y si existe un mayor poder adquisitivo, se espera mayor generación, lo que trae como consecuencia mayor existencia de residuos sólidos urbanos.

Sobre los residuos de manejo especial (RME), SEMARNAT (2020) lo define como los generados por los procesos productivos que no sean residuos sólidos urbanos ni residuos peligrosos. Incluyen principalmente los desechos pétreos (rocas), de salud (accesorios usados en clínicas, por ejemplo), de actividades agropecuarias (botes desechados de herbicidas o excretas de ganado, por ejemplo), de actividades del transporte (aceites usados de automotores o aceites quemados de cocina), y tecnológicos (electrónicos). Así los RME son generados por empresas o industrias, aunque también los hogares contribuyen en su generación.

El último residuo es el peligro (RP) e incluye una diversidad de sustancias químicas que se caracterizan por tener un cierto grado de peligrosidad (corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables o biológico-infecciosos) e incluye también los recipientes donde están contenidos esos químicos. Este tipo de residuo son generados principalmente por grandes empresas o industrias, aunque los hogares también pueden generarlos, pero en menor cantidad. Los RP se caracterizan porque pueden provocar severas afectaciones al ambiente y a la salud humana (SEMARNAT, 2020).

Una vez considerado la parte conceptual, la intención de este trabajo es mostrar el comportamiento de los residuos en México, ya que es un país donde en promedio cada mexicano genera entre 0,92 hasta 1,5 kg de residuos diarios, uno de los más altos en América Latina, lo que equivale a 0,33 a 0,55 t año<sup>-1</sup>; y de estos, entre el 10 y 15% se recicla (Jiménez, 2015). Para tener una idea del problema, este autor menciona que para en el año 2012 se generó 42,1 millones de toneladas de residuos (de los tres tipos) lo que equivale a 0,99 kg d<sup>-1</sup> por habitante mexicano<sup>1</sup> que si es comparado con lo generado veinte años atrás, se puede demostrar que la generación se ha incrementado más del 90%.

Este rápido incremento de residuos si bien es válida a nivel país, no aplica para todas las ciudades pues México es heterogéneo en su composición poblacional y económica. En este sentido, el Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales (SNIARM, 2018) indica que las ciudades medias (entre 50.000 a 1.000.000 de habitantes) y las zonas metropolitanas (como de la ciudad de México, con más de 1.000.000 de habitantes) son las que más han incrementado sus residuos de manera significativa; en contraste con las ciudades pequeñas (entre 2.000 y 50.000 habitantes) y localidades rurales (menos de 2.000 habitantes). Por tanto, se requiere mayor seguimiento en el tema pues hasta el año 2020 no se cuenta con información estadística

1 Estos datos son para el concepto de residuos en general, y es la aproximación del monto generado considerando que en el año 2012 había 117.300.000 habitantes.

reciente dificultando la toma de decisiones por parte de las instituciones (sociedad, empresas y gobierno).

Por parte del gobierno de México, consciente de esta situación, históricamente se han hecho esfuerzos para controlar los residuos, realizando en 1929 el primer reporte sobre residuos en México, siendo la Ciudad de México donde se elaboró un banco de datos que registró el monto de residuos en los tiraderos y rellenos sanitarios los cuales estaban a cargo del gobierno local de la época (Villada, 2013). A principios del año 1970, cuando el gobierno reconoció al medio ambiente como eje crucial para la política pública al decretar la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, un instrumento legal para asegurar el cuidado del medio ambiente. De igual modo durante el periodo 1972-1976 se crea la Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente que con el paso de los años cambió de nombre a Subsecretaría de Ecología, y que para 1983 se cambió de nuevo de nombre transformándose en la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Sin embargo, fue durante el periodo 1983-1988 cuando se consideró al medio ambiente como prioritario para el gobierno federal pues para 1984 se promulgó la Ley Federal de Protección al Ambiente en la cual se estableció que el estado mexicano defiende el medio ambiente y en 1985 se publicaron cuatro Normas Oficiales Mexicanas (NOM) con referencia a los residuos sólidos urbanos (Cámara de México, 2015). Siguiendo con la preocupación sobre el medio ambiente, en 1987 se hizo obligatorio la preservación y restauración ambiental para el gobierno federal, estatal y municipal. Para el año 1988 se promulga la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) que rige la política ambiental actual (Jiménez, 2015).

Con base en lo anterior, se recopilan datos oficiales disponibles<sup>2</sup> para analizar los residuos de manera general desde sus tres diferentes vertientes: generación, tratamiento o reciclaje y por último, la

disposición final. Esta perspectiva se basa en los lineamientos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) quien tiene la autoridad legal sobre los RSU en México (SEMARNAT, 2020).

Por tanto, este trabajo contribuye a entender como se ha comportado la generación, reciclaje y disposición final de los residuos en México tomando como referencia el periodo 2000-2014. Por generación se entiende el surgimiento de un residuo (producto secundario), una vez consumida el producto primario. Ese producto secundario puede tener un segundo ciclo de vida, gracias al proceso de reciclaje, lo que permite usarse de nuevo. Sin embargo, el producto secundario también puede ser desechado en un lugar específico lo que se llama disposición final, lugar permanente donde se colocan los residuos para que no provoquen alguna afectación al medio ambiente o humana y pueden ser rellenos sanitarios o sitios controlados de tierra. Estos lugares cumplen normas exigentes como la norma mexicana NOM-083 de la SEMARNAT-2003 (COMARNAT, 2004) y cuentan con una infraestructura adecuada para el confinamiento de los residuos. Lamentablemente hay sitios donde pueden quedar los residuos como los sitios no controlados tales como barrancas, ríos, o vías públicas que tienen impacto ambiental provocando efectos externos que afectan el bienestar de la población (Farreras y Lauro, 2016).

## **Materiales y métodos**

La investigación toma información estadística sobre residuos de fuentes oficiales tales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para el periodo de tiempo 2000 hasta el año 2014<sup>3</sup> complementadas con la búsqueda de trabajos empíricos y teóricos del mismo tema desde bases hemerográficas como CON-RICyT, JSTOR y google académico.

2 La serie de datos más actuales son los años 2000 a 2014 para generación y disposición final, mientras que para el tratamiento o reciclaje 2010, 2012 y 2014. Los tipos de residuos considerados son RSU, RME y RP, pero se concentra en los RSU ya que se cuenta con mayor información.

3 En algunos casos se presenta hasta el año 2013 por falta de información. De igual modo, para la generación se tiene datos desde el año 2000 mientras que, para el reciclaje, a partir del año 2010. Para estos casos, se utilizó la información para hacer algunos análisis.

Por residuo se incluyen RSU, RME y RP, aunque se tratará más sobre RSU que presentan mayor información. En este sentido, utilizando fuentes secundarias de información (INEGI) se relacionan acciones tales como porcentajes de hogares que separan RSU, destino de disposición, entre otros.

La información fue recopilada en Excel® bajo las vertientes de RSU: 1) generación, 2) tratamiento o reciclado de residuos y, 3) disposición final. Los tipos de residuos considerados son materia orgánica, papel y cartón, PET, plásticos, residuos metálicos, vidrios, algunos RME y RP, entre otros. Todos estos datos estadísticos también provinieron del INEGI complementados por estadística de la SEMARNAT y fueron ordenados cronológicamente para conocer su comportamiento.

Se realizó una unificación de las unidades de medición de los residuos para la comparación entre datos. Para el tratamiento (reciclaje) existió una limitante de datos ya que estaban solo disponibles para tres puntos de tiempo: 2010, 2012 y 2014, no obstante, a pesar de esta limitación fue útil para el estudio de tendencias.

Con todo esto, ya ordenado y homologado se hicieron gráficas comparativas para los residuos para conocer su generación, tratamiento y disposición final para cada uno de los considerados. Específicamente para el caso del tratamiento o reciclaje, se estimó su tendencia a partir de datos discretos utilizando la técnica de regresión lineal simple. Los resultados obtenidos no pueden ser considerados como concluyentes<sup>4</sup> pero permite conocer la tendencia de los mismos.

Para la construcción de la regresión se consideró como variable dependiente el monto de reciclaje (denotado como “y”) mientras que la variable independiente llamada tiempo fue denotado como “x”; es decir: 2010, 2012 y 2014. De esta manera la ecuación lineal presenta la siguiente forma funcional:

$$y = a_1(x) + c \quad (1)$$

Estas estimaciones se realizaron en Excel® y permiten conocer la situación del reciclaje en México pues se carece de información oficial sobre la generación, tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos actualizados.

## Resultados

La situación de algunos residuos importantes como el material orgánico, papel y cartón, vidrio, plásticos PET y otros (RSU), comienza desde el consumo de los hogares gracias a un ingreso monetario mayor, generan residuos que se pueden reciclar y otro tanto pueden terminar en sitios controlados o rellenos sanitarios como su disposición final. Para los RME y los RP, siguen un patrón similar, pero requiere mayor complejidad su reciclaje, al igual que la existencia de información detallada y actualizada.

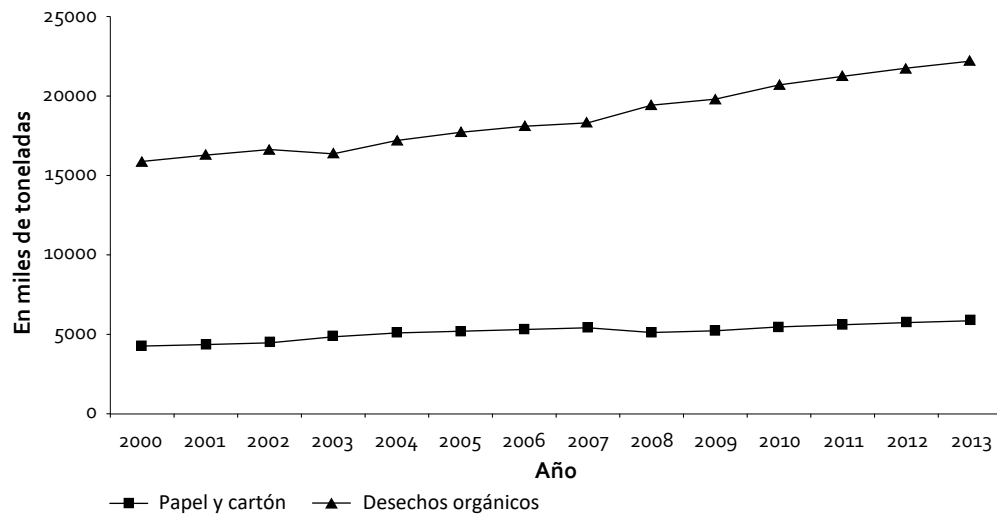
### Residuos orgánicos

El residuo más importante por el monto generado en miles de toneladas es la materia orgánica (Figura 1), esta incluye cáscaras de frutas, restos de alimentos<sup>5</sup> y otros materiales orgánicos que pueden desintegrarse en el corto plazo de manera fácil. Para este residuo hay poco que se recupera o recicla, aunque una de sus bondades es su uso como abono orgánico y de ser alimento para los animales (Figura 2); sin embargo, en su disposición final puede provocar afectaciones si son inadecuadamente dispuestos pues pueden ser altamente nocivos para el medio ambiente ya que una vez desechados se descomponen en el corto plazo dentro de su proceso natural. Mal dispuestos, también pueden contaminar el suelo, para luego afectar las aguas superficiales y subterráneas cuando tiene un alto contenido orgánico y elementos minerales. También emiten gases que afectan la atmósfera (SEMARNAT, 2018).

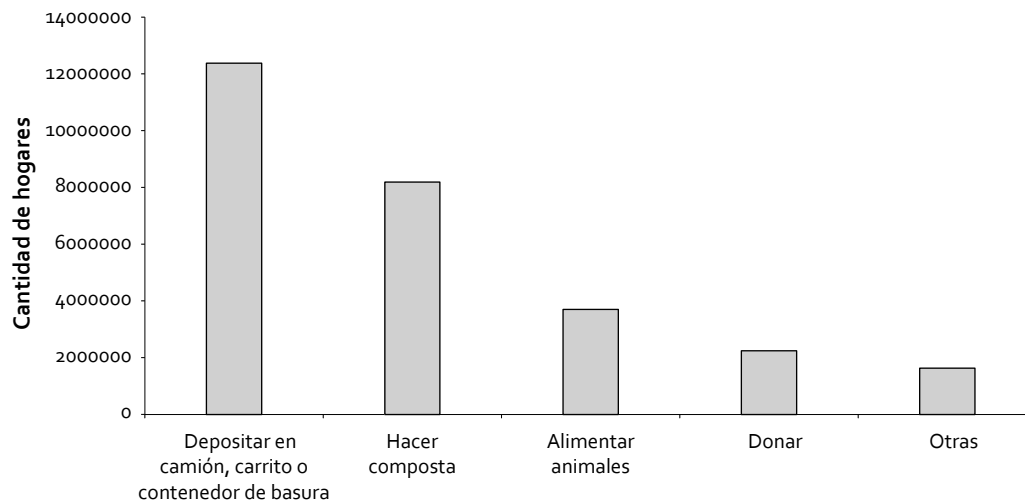
El destino final de los residuos orgánicos es el camión recolector (Figura 2) y se lleva en depósitos

4 Para ser los resultados estrictamente estadísticos, se requiere tener con una serie de datos representativos, es decir, contar con más datos para distintos puntos en el tiempo. Con pocos datos no se asegura que se cumpla los criterios de normalidad; sin embargo, la tendencia hacia un punto futuro en el tiempo, ayuda a entender el comportamiento para cada RSU.

5 De no ser dispuestos adecuadamente pueden generar biogás, la cual deben ser quemados según el acuerdo internacional para el control de emisiones de gases de efecto invernadero.



**Figura 1.** Generación de residuos: materia orgánica, y papel- cartón. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2018).



**Figura 2.** Uso y destino de los residuos de materia orgánica por los hogares. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2018).

especiales administrados por las autoridades de gobierno. Sin embargo, una vez allí, el proceso de separación para la disposición final se complica ya que solo el 44% de los hogares separan sus residuos entre orgánicos e inorgánicos.

## Papel y cartón

El segundo residuo más generado es el papel y cartón (Figura 1), los cuales son reciclables y relativamente fáciles de darles una disposición adecuada. Entre los hallazgos más importantes se encontró que el tratamiento de papel y cartón alcanzó su máximo reciclaje en 2012 y disminuye en 2014; la tendencia

decreciente (-5.587 toneladas) indica una reducción conforme pasan los años (Figura 3).

Al contrastar el reciclaje con la generación de papel (Figura 1), ésta fue ligeramente constante para ese mismo periodo de tiempo. Para el caso de este residuo, una causa de su disminución en reciclaje es la carencia de recicladoras que compren este material aunado por el precio bajo por kilogramo por la compra, ya que solamente el 45% se acopia por la falta de cadenas de gestión de limpieza municipal (Cámara del Papel, 2012).

En relación con la disposición final de este residuo, según INEGI (2015) el 1,8% de los hogares

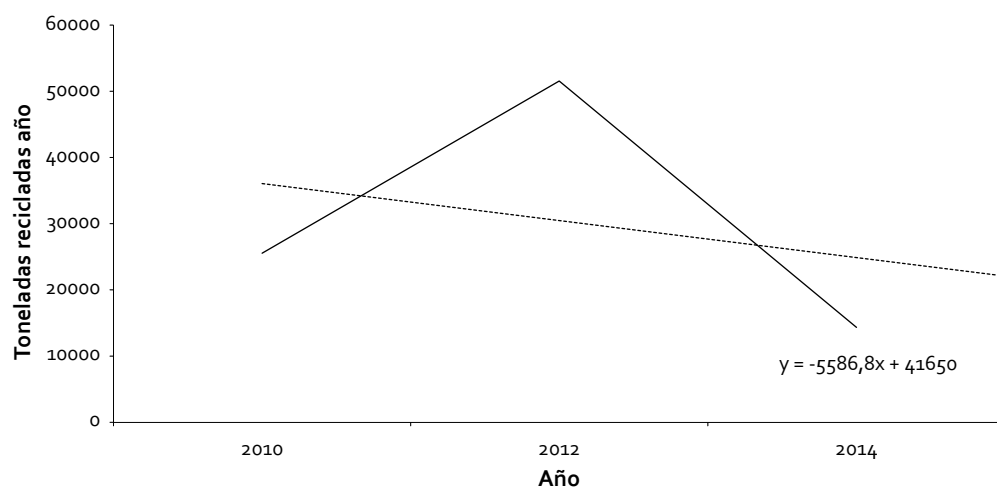


Figura 3. Reciclaje de papel-cartón en México. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2015).

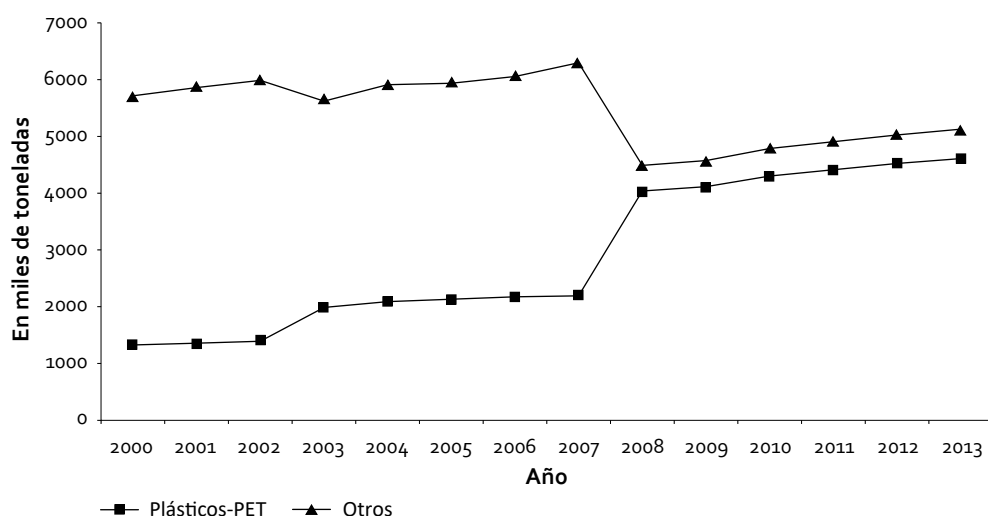


Figura 4. Generación de residuos: plásticos-PET y otros. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2018)

mexicanos lo tiran en pozos, basureros, intemperie, mientras que el 18% lo queman. Otros hogares lo venden (22,3%), donan (16,4%), y 37,5% lo depositan en el contenedor. Así, casi el 20% de los hogares no le da una disposición adecuada a este residuo pues al quemarlo o tirarlo sin control alguno pueden contaminar el aire o el suelo. Se observa que un alto porcentaje queda en el contenedor lo cual indica que será recolectado por los servicios públicos municipales y llevado a sitios controlados o relleno sanitario en la cual puede ser reciclado aún desde este lugar.

## PET

Los plásticos llamados PET (*polyethylene terephthalate*) son residuos que han sido relativamente constantes en su generación (Figura 4) entre el

periodo 2000-2013. La generación se debe principalmente al consumo de bebidas y agua embotellada que utiliza ese material. En este sentido, INEGI (2015) indica que tan solo en 2015, el 70,8% de los hogares la usaron para proveerse de algún líquido (agua purificada y saborizada, refrescos gaseosos, por ejemplo), y este alto consumo se debe a la desconfianza en la calidad del agua de la red de acueducto que proveen los sistemas públicos a las viviendas o por su mal sabor.

La tendencia de reciclaje de PET es contrario al papel y cartón<sup>6</sup>, ya que su tendencia es creciente,

6 Es importante indicar que, para reciclar papel y cartón, éste debe estar seco, limpio, sin gomas ni grapas. Algo similar es para los plásticos pues deben estar limpios, sin mezcla de otros residuos, molido y separado (Esquer, 2009).

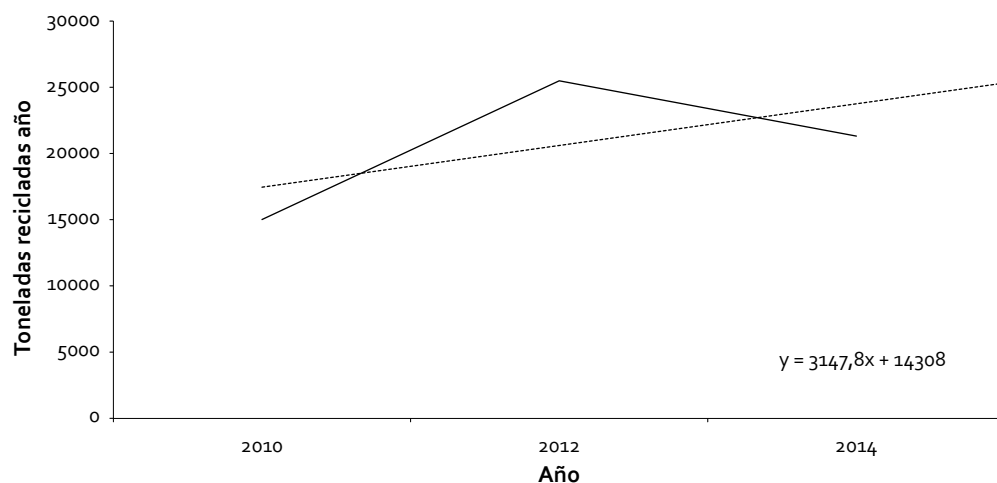


Figura 5. Tendencia de reciclaje del PET en México. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2015).

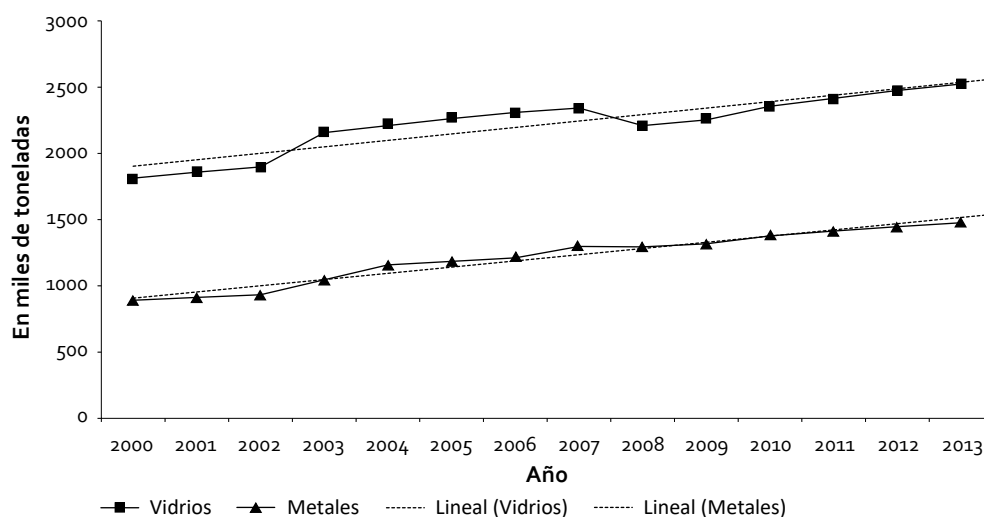


Figura 6. Tendencia de reciclaje de plástico en México. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2015).

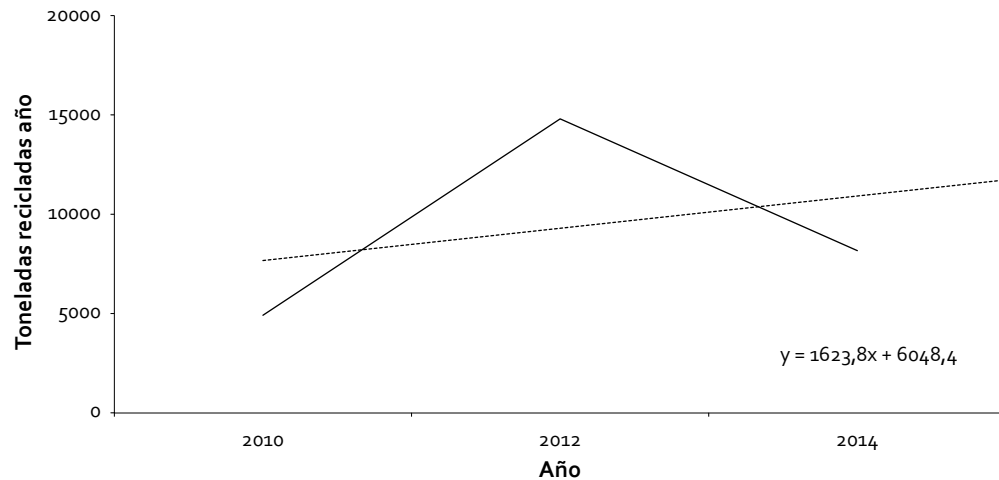
pues pasó de 15.014,5 t en 2010 a 21.310,2 toneladas en el año 2014, con un coeficiente positivo de 3.147,8 t anual (Figura 5). Al compararlo con su generación (Figura 4), se observa que se ha mantenido ligeramente constante para el periodo 2010-2013 lo cual puede interpretarse de manera favorable para el medio ambiente, es decir; generación del residuo constante con cada vez mayor reciclaje.

En algunas ciudades del país (por ejemplo, en Mérida, en Yucatán) hay recicladoras que compran PET, de modo que algunas personas se dedican a la venta de estos residuos recorriendo calles o lugares públicos en busca de estos tirados que juntan para luego venderlas a centros de acopio. De este modo las personas que recogen residuos cumplen dos

funciones; generan ingresos para su familia y a su vez contribuyen al reciclaje. En otros casos, son los mismos hogares generadores que los venden (29%) o lo donan (28%) a recolectores que luego llevan a los centros de acopio para luego llevarse a las recicladoras. Lo que llega a los rellenos sanitarios o sitios controlados es mínimo, no obstante, puede ser reciclado de igual modo. Así el PET es el residuo más reciclado gracias a las recicladoras, de modo que poca o ninguna cantidad relativa queda como disposición final en lugares controlados o no controlados.

## Plásticos

Muchos productos consumidos utilizan plásticos, por ejemplo, envases de cloro o detergente que una



**Figura 7.** Generación de residuos de vidrio y metales por monto en toneladas, y sus tendencias. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2018).

vez consumido el líquido, se generan estos residuos. No debe confundirse con los plásticos PET pues son diferentes en su consistencia y función. Así, en la Figura 4 se presentan integrados, sin embargo, en su vertiente de reciclaje y disposición se desglosa.

En relación a los residuos plásticos<sup>7</sup>, los resultados muestran una tendencia creciente para los montos reciclados en toneladas anuales (Figura 6), similar para los plásticos PET. Si esta afirmación se compara con el monto de su generación (Figura 4), se observa que se mantienen relativamente constantes en cinco millones de toneladas anuales para el periodo 2010-2013, cuando la tendencia del reciclado es creciente; de modo que cada periodo se espera se incremente el reciclado<sup>8</sup> en 1.623,8 toneladas.

El reciclaje de plásticos incluye bolsas de plásticos usados como envoltorios, tubos de plástico, botes de plástico, entre otros. No es fácil reciclar estos residuos sólidos urbanos, pero en México se observa el esfuerzo para darles un segundo uso. Sobre su disposición final, el 72,5% de los hogares separa este residuo para darle un destino adecuado ya que son contaminantes del suelo.

## Vidrio

Por su parte, la generación del residuo vidrio (botellas, vasos o envases de vidrio) presentan un comportamiento creciente (Figura 7). Este incremento puede explicarse por el aumento en la producción y consumo de productos que son embotellados en vidrio.

El reciclaje aumentó en el periodo 2010- 2012, para luego decrecer en 2014 con 3.831,8 toneladas anuales (Figura 8). Contrastando la generación (Figura 7) y reciclaje (Figura 8) se observan tienen una tendencia opuesta, es decir; mientras se genera aproximadamente en el año 2015 entre 2 y 2,5 millones de toneladas anuales de vidrio, se recicla para el año 2015 la cantidad de 15.371,6 toneladas<sup>9</sup>, es decir, solamente el 0,77% de lo generado. El problema del reciclado del vidrio, es que en todo el país mexicano existen recicladoras que compran el residuo a un precio demasiado bajo<sup>10</sup>.

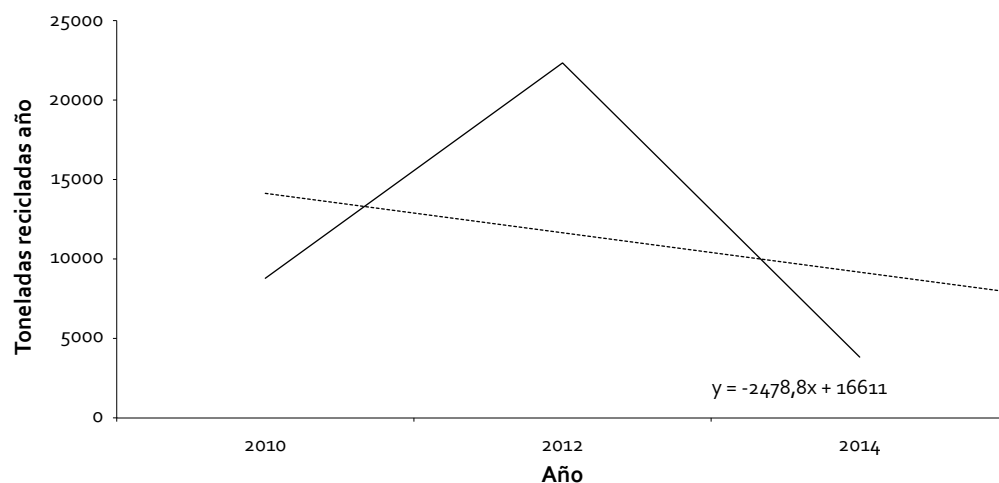
<sup>9</sup> Este valor se obtuvo de substituir la regresión  $y = -2.478,8(0,5) + 16.611$  de modo que se obtiene 15.371,6 toneladas. En este caso 0,5 representaría el año 2015 para la tendencia.

<sup>10</sup> El Informador (2020) utilizando información de Supracicla (2020) indica que poco vidrio se recicla pues se paga muy bajo el kilogramo del residuo y las mismas empresas recicladoras desestiman el vidrio pues consideran que con el paso del tiempo se convertirán en arena.

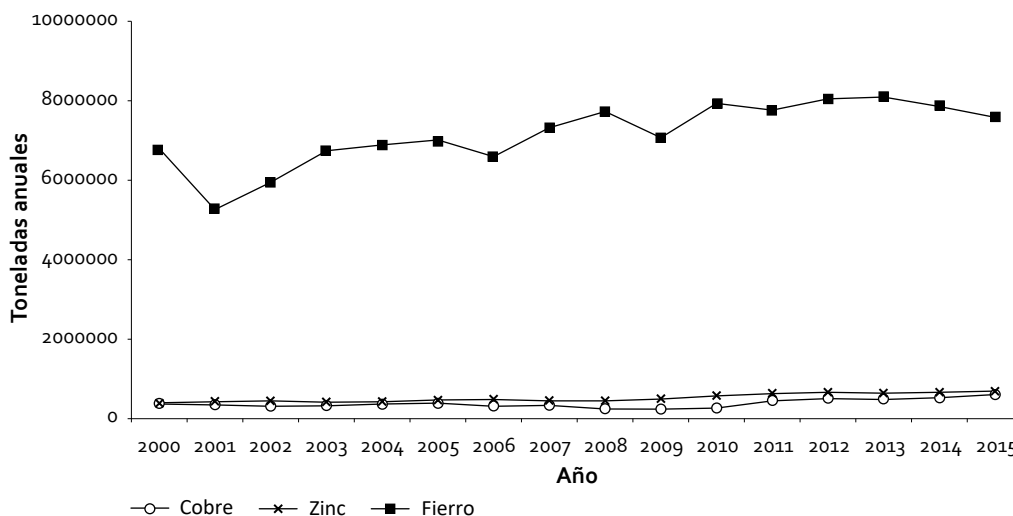
<sup>7</sup> El plástico es de material duro y resistente con cierta flexibilidad; mientras que el PET es liviano y de color transparente (semicristalino).

<sup>8</sup> Esta afirmación es válida si se mantienen las condiciones bajo las cuales la tendencia fue estimada.





**Figura 8.** Tendencia de reciclaje de vidrio en México. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2015).



**Figura 9.** Producción principal de metales en México. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2020a)

Como consecuencia del bajo reciclado, el 8,8% de los hogares lo tiran en la vía pública, barranca, terreno baldío o pozo, etc., mientras que la mayoría de los hogares lo depositan en el camión recolector, y otros lo venden. Ya en menor proporción, los hogares lo entierran (8,8%), donan (7,9%) o lo depositan en contenedor especial (5,5%). Es importante tomar en cuenta que una adecuada disposición final del vidrio es importante pues si no fuera así, puede repercutir en el suelo ya que tarda en degradarse alrededor de 4,500 años.

## Metales

La generación de residuos metálicos (aluminio, cobre, bronce, fierro, etc., como tuberías, marcos

de ventanas, tornillos, conductores metálicos, por ejemplo) presentan un comportamiento creciente (Figura 7). Este incremento puede explicarse por el aumento ligero en la producción nacional de metales<sup>11</sup> (Figura 9), que destinan para el consumo nacional como exportación.

Así, para los residuos metálicos se generaron entre 1 y 1,5 millones de toneladas para el periodo 2010-2013 (Figura 7), pero solo se logró reciclar entre 6.000 y 12.000 toneladas anuales (Figura 10) lo que representó en promedio para ese periodo el 0,5% reciclado del total generado, y sobre su tendencia en el reciclado, se espera según los resultados

<sup>11</sup> No incluye las importaciones de metales.

de la regresión que disminuya. Para el reciclado, hay residuos metálicos más preferidos como el aluminio, cobre y bronce contra el hierro; siendo el precio de compra de residuo el determinante. Según INEGI (2015), el residuo del aluminio, por ejemplo, es vendido por el 63,3% por los hogares mientras que el 15,5% se dona.

Sobre las partes o refacciones metálicas usadas de automotores, el 4,5% o 1.201.301 hogares que las generan, lo almacenan, tiran al basurero, lo queman o lo entierran. Por tanto, el reciclaje de los metales es idóneo pues en caso de estar en un lugar inadecuado puede tardar en degradarse 50 en caso de ser un metal delgado, pero entre 300 y 500 años en caso de ser grueso. Entre sus efectos nocivos al medio ambiente es la contaminación del suelo, pero no tan dañino

como otros residuos pues es mínimo su grado de toxicidad (Londoño-Franco et al., 2016).

### Otros residuos sólidos urbanos

Por su parte, los residuos llamados “otros” de la Figura 4 incluyen pañales desechables, llantas de automóvil, y material de demolición (piedra, bloques o tabiques, etc.) los cuales decrecieron entre el año 2007 y 2008 para luego mantener su generación relativamente constante para el periodo 2010-2014. Según la generación, entre 2010-2013 se ubicó en alrededor de 5 millones de toneladas anuales en promedio; pero su tendencia de reciclado es creciente (Figura 11), por tanto, la relación reciclado representó 0,28% de su generación para el último año.

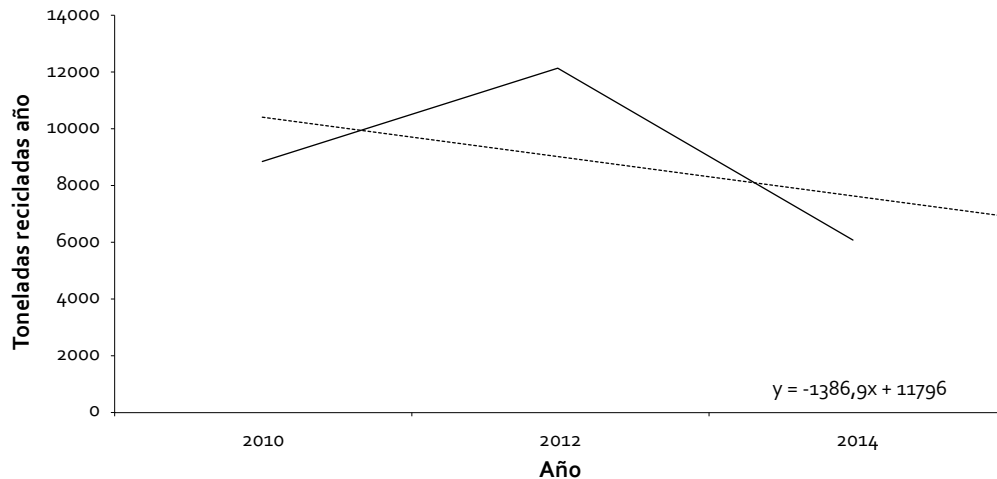


Figura 10. Tendencia de reciclaje de metales en México. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2015)

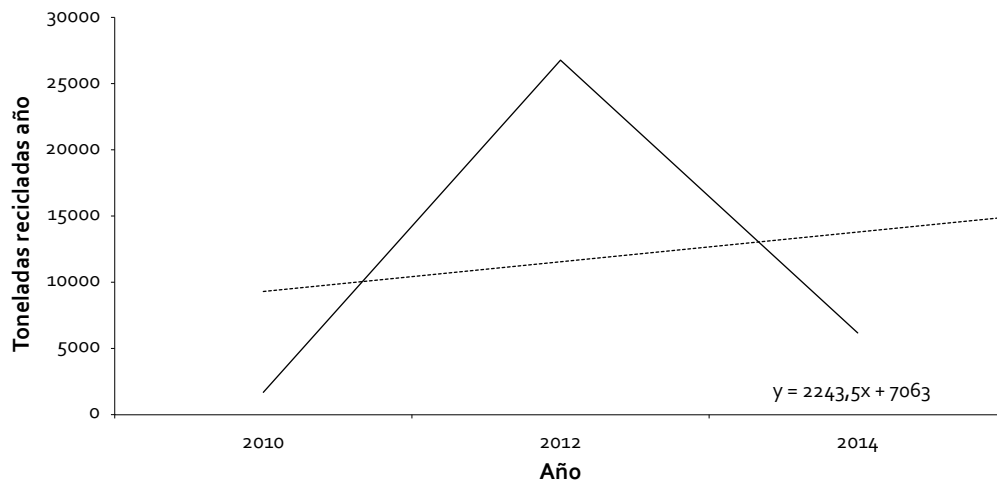


Figura 11. Tendencia de reciclaje de otros residuos en México. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2015).

## Residuos de manejo especial (RME)

Son residuos comunes en los hogares mexicanos tales como las pilas de zinc, carbón, alcalinas, litio, cadmio, o aceite de cocina, etc. que son desechados al final de su vida útil. Para el caso de las baterías, estos se generan por el aumento de aparatos electrónicos y teléfonos celulares o móviles que las usan para hacerlos funcionar (controles remotos). Tan solo en el año 2011, INEGI (2015) contabilizó a 10.943.296 hogares mexicanos (38,9%) que tenían estos aparatos cuyo diseño es para ser reemplazados a lo mucho después de tres años de uso, debido al avance rápido de la tecnología generando diversos tipos de residuos.

Otro RME son las baterías usadas de los automotores que, una vez agotado su funcionamiento, al realizar la reposición generalmente se entregan a cambio, es decir, al comprar una nueva batería se entrega la vieja de modo que se supone una adecuada disposición por parte de la refaccionaria. Otro residuo automotriz es el aceite, éste se puede tirar desde el motor de un auto defectuoso o en otro caso se desecha el usado cada seis meses o cuando se realice una afinación menor o mayor del motor. Para este residuo, el 7,32% o 2.000.871 de hogares lo almacenan, tiran al suelo, queman o entierran. En caso de las baterías y aceite, una inadecuada disposición provocaría contaminación del suelo y agua (manto freático).

Como se observa, aunque en términos relativos es un porcentaje menor los que tiran residuos en sitios sin control, en términos absolutos es significativo los hogares que no lo disponen adecuadamente.

## Residuos peligrosos (RP)

Estos residuos incluyen la generación de sustancias químicas (ácido muriático, diluyentes, pinturas de aceite, entre otras), y según INEGI (2015), el 26% de los hogares (7.307.357) las usan para la limpieza de las viviendas. Estos residuos tienen cierta peligrosidad por su toxicidad, corrosión, explosividad, entre otros, de modo que debe dársele una disposición final adecuada. En este sentido, las empresas que manejan estos residuos como clínicas, laboratorios, centros de investigación, industrias o similares intentan certificarse por la norma internacional ISO 14001-2015 (ISO, 2015) que lo cataloga

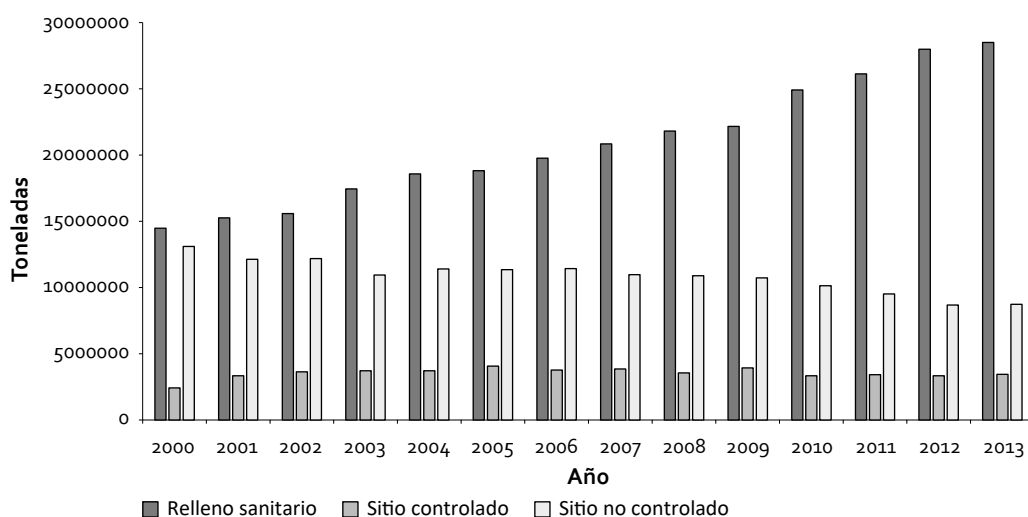
como una empresa u organización que cuenta con un sistema de gestión ambiental la cual considera las tres vertientes (generación, reciclaje y disposición final adecuada) de los residuos.

## Disposición final de residuos en México

La adecuada disposición final de los residuos ayuda a minimizar los impactos ambientales que pueden generar, siendo los rellenos sanitarios y sitios controlados los que contribuyen para tal fin. Un sitio controlado son los centros de acopio, donde se disponen los residuos que para el año 2014 solamente 97 de los 2.457 municipios mexicanos la tenían, representando solamente el 3,9% a nivel nacional, porcentaje pequeño si se toma en consideración el tamaño del país (Jiménez, 2015).

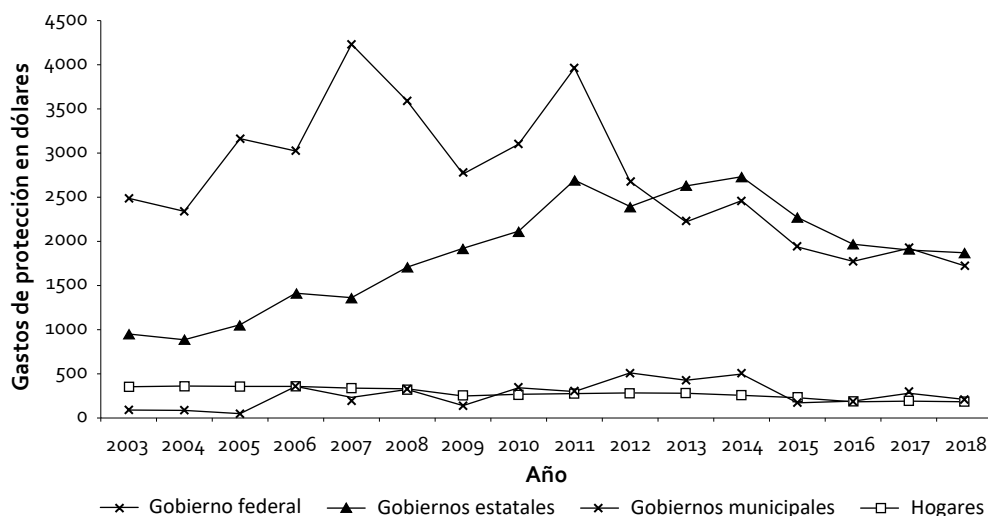
Otro sitio controlado para la disposición final son los rellenos sanitarios. Desde el año 2000 había 71, pero para el año 2010 ya eran 185 y para el año 2012 eran 260; un incremento del 366% (del año 2000 al 2012) mientras que el monto de residuos dispuestos en este lugar se ha incrementado significativamente (Figura 12). Así en el año 2000, los 71 rellenos recibieron 14.799.999,7 toneladas, es decir en promedio 208.450,7 toneladas; mientras que en el año 2012 recibieron en promedio 105.769.3 entre los 260 rellenos sanitarios. Lo anterior no puede ser interpretado como una mejor manera de disponer los residuos ya que si bien hay más rellenos sanitarios, su capacidad de disposición ha ido disminuyendo, bajo el argumento de una mayor generación de residuos (SEMARNAT, 2012).

Si se contrasta los sitios controlados y los no controlados, durante el periodo estudiado, los primeros se han mantenido prácticamente sin cambio, aunque en el año 2006 alcanzó su máximo volumen de disposición para luego continuar disminuyendo. Lo anterior, al relacionarlo con estadísticas sobre composición de residuos sólidos en los municipios mexicanos se sabe que entre el año 2008 y 2010 solo el 4,4% contó con algunos datos sobre la composición de residuos y para el año 2012 solo el 5% de los municipios, porcentaje relativamente bajo y sin cambio significativo; lo cual es de llamar la atención. Además, y agravando la situación de la disposición final de residuos, los sitios contaminados por residuos peligrosos registrados han sido crecientes, de 310 en



**Figura 12.** Tipo de disposición y volumen de residuos en toneladas (2000-2013).

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2016).



**Figura 13.** Gastos de protección ambiental a precios reales 2013, en dólares

estadounidenses. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2020a)

el año 2007, 530 para 2010, 650 para 2014, lo cual muestra que no se ha dado una adecuada disposición de los residuos (SEMARNAT, 2018).

Lo anterior se puede entender usando estadísticas del INEGI (2020a) mostrando que el gobierno en sus distintos niveles (federal y estatal)<sup>12</sup> ha hecho esfuerzos decrecientes en gasto en protección ambiental (Figura 13) ya sea para crear conciencia ambiental (educación) así como para invertir en capital

físico para controlar o mitigar la contaminación ambiental. También los resultados muestran que los hogares y gobiernos municipales no han aumentado significativamente estos gastos en protección al medio ambiente, en términos reales al año 2013 y en dólares estadounidense.

## Conclusiones y propuestas

El tema de los residuos en México es importante pues es uno de los principales generadores en América Latina. No obstante, la información estadística

<sup>12</sup> Las industrias y empresas privadas también hacen gastos de protección ambiental, pero no se cuenta con información estadística para presentarlo.

sobre generación, reciclaje y disposición final no se genera de manera oportuna y, por tanto, las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se cuenta con información limitada.

A pesar de estas restricciones, esta investigación mostró que la generación de algunos residuos se incrementa mientras que el reciclaje se mantiene constante, creciente o decreciente con el pasar del tiempo. De este modo, las políticas que se implementen sobre residuos (incluyendo la disposición final) no debe considerarse de manera global, sino de manera específica al tipo de residuo, es decir, el comportamiento de los residuos metálicos no es igual para el papel, de modo que deben establecerse políticas diferenciadas.

También, se sugiere que las recicladoras adquieran los residuos a un precio razonable (Supraciclaje, 2020) para que no se dispongan de manera inadecuada y que puedan provocar alguna afectación ambiental y salud humana (SEMARNAT, 2020). Por su parte, los recolectores (personas) que llevan los residuos a las recicladoras cumplen dos funciones claves en la sociedad: generan ingresos para su economía familiar a la vez que facilitan el reciclaje. Así, al integrar el papel de los centros de acopio con los recolectores, se hace una sinergia que termina beneficiando a toda la sociedad.

De igual modo, es importante que los centros de acopio y recicladoras registren de manera detallada los montos reciclados y recolectados de los sitios controlados pues esta información puede ayudar significativamente al seguimiento de la información estadística. Toda la información generada permitirá clasificar el tipo y monto de residuo, desde los menos hasta los más nocivos para la salud humana o que sean altamente contaminantes al medio ambiente. Se recomienda que también las industrias que generan residuos las reporten y dispongan adecuadamente sobre todo los de manejo especial y los peligrosos.

En cuanto a los residuos de manejo especial (RME), principalmente de los provenientes de vehículos de motor, su incremento se explica debido al aumento del parque vehicular para el transporte de mercancías y personas (INEGI, 2020b); y con cierto kilometraje o meses de uso es necesario

el mantenimiento del motor<sup>13</sup> cambiando aceites, bujías, filtros; generando este tipo de residuos. Sin embargo, en cada servicio, los vendedores de automotores, así como las refaccionarias al vender nuevas partes o refacciones toman el usado, y de este modo, se minimiza la mala disposición de estos.

En cuanto al incremento de los residuos sólidos urbanos (RSU) más importantes, se debe al aumento de la población, que provoca mayor consumo y por tanto mayor producción de satisfactores<sup>14</sup>; y si a lo anterior se añade la mejoría del ingreso o el tipo de localidad donde se vive, la cantidad de residuos tiende a subir de igual manera. En este sentido, los residuos orgánicos fueron los más generados y dentro de estos se encuentran los restos de alimentos por lo que es importante reducirlos por medio de la educación ambiental al consumidor a la vez que se pueden crear bancos para la gestión de residuos alimentarios (Banco Mundial, 2018).

Sin embargo, independientemente de la región o localidad (urbana o rural); la existencia de una conciencia ambiental por parte de las personas, empresas o industrias, provocará que los residuos generados tengan un proceso adecuado, desde su reciclado hasta su disposición final. Esta conciencia ambiental se adquiere a través de cursos de capacitación en escuelas, o en los centros de trabajo. Por eso, se recomienda continuar con estos cursos o talleres, aunque lo más importante es la práctica de lo aprendido bajo el supuesto que la generación de residuos continuará incrementándose pues según SAGARPA (2015) crecerá al pasar de 328,4 kg/habitante en el año 2004 a 387,3 kg/habitante en 2020, es decir un incremento del 17,9%; y sin conciencia ambiental, la situación podría estar en peores condiciones (Pérez et al., 2016).

Así, en base al comportamiento de los residuos generados, reciclados y su disposición final para el periodo 2000-2014, se espera que aumente el monto por lo que se tendrá un reto difícil ya que según Meixueiro y Arrellano (2012) el 72% de los hogares

13 Incluidos los vehículos nuevos

14 En este caso, hasta antes del nacimiento de un nuevo ser humano, ya genera residuos al generar residuos en la celebración del "baby shower" o presentación del bebé, en la cual se compran juguetes, pañales desechables, toallas, material orgánico, entre otros.

no cambian sus hábitos para generar menores residuos, además el 45,8% es indiferente al cuidado del medio ambiente y el 55% es poco y nada dispuesto a pagar por la recolección y disposición adecuada. Por tanto, ante lo postulado por la hipótesis que: “la generación de residuos ha sido creciente, al igual que el reciclado, pero en porcentaje inferior, provocando que los residuos tengan una disposición final inadecuada con el riesgo de terminar en barrancos, ríos, y en lugares públicos”; se acepta según los hallazgos de este trabajo.

Por tanto, es necesario tener más control sobre los residuos en México, pues su generación en términos per cápita es superior para toda América Latina. Además, el Banco Mundial indica México es el país donde menos se recicla, confirmando los hallazgos presentados en este trabajo. Por tanto, la política pública es revertir estos comportamientos para generar menos residuos e incrementar el tratamiento o reciclaje, y que la disposición final de los mismos sea adecuada; trayendo beneficios ambientales que se transformará en una mejoría en la salud y, por tanto, en el bienestar de los habitantes. Esto será posible con la concientización ambiental de toda la sociedad.

## Bibliografía

- Banco Mundial, 2018. Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes - Informe. Washington, DC.
- Cámara de México, 2015. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente-LGEEPA. Última Reforma DOF 09-01-2015. México, DF.
- Cámara del Papel, 2012. Plan de manejo de residuos de papel y cartón en México. Disponible en: <http://www.canipex.org.mx/woo/xtras/EVENTOS/Residuos%2014mar13/CAMARA%20DEL%20PAPEL.pdf>; consultado: julio de 2019.
- Ceballos, S., 2012. El manejo de residuos sólidos urbanos en México, observaciones ante su gestión. En: Conferencia Bienal Territorios en Movimiento. Guanajuato, México.
- Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales (COMARNAT), 2004. NOM-083-SEMARNAT-2003, especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. DOI: 20 de octubre 2014. México, DF.
- El informador, 2020. Vidrio, el residuo rezagado en el reciclaje en México. *Diario de prensa*, disponible en: <https://www.informador.mx/economia/Vidrio-el-residuo-rezagado-en-el-reciclaje-en-Mexico--20191112-0016.html>; consultado: julio de 2020.
- Esquer, R., 2009. Reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos urbanos. Tesis de licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. México, DF.
- Farreras, V., Lauro, C., 2016. Valoración económica de los efectos de la contaminación por vertido de residuos sólidos urbanos. El caso del aglomerado urbano del Gran Mendoza, Argentina. *Gest. Ambient.* 19(2), 211-227.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI), 2015. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegaciones 2015 - Datos abiertos: Residuos Sólidos Urbanos. Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI), 2016. Disposición final y reciclaje de residuos sólidos urbanos por tipo de tiradero. En: Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos, 2016 - Informe. Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI), 2018. Residuos Sólidos. Tabulados. Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI), 2020a. Cuentas económicas y ecológicas de México. Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI), 2020b. Parque vehicular Información general. *Database*, disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>; consultado: julio de 2020.
- International Organization for Standardization (ISO), 2015. ISO 14001, Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso. 3a ed. Ginebra, Suiza.
- Jiménez, N., 2015. La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. *Letras Verdes* (17), 29-56. DOI: 10.17141/letrasverdes.17.2015.1419
- Londoño-Franco, L., Londoño-Muñoz, P., Muñoz-García, F., 2016. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Rev. Bio. Agro.* 14(2), 145-153. DOI: 10.18684/BSAA(14)145-153
- Meixueiro, N., Arrellano, E., 2012. Preocupación y cambio de hábitos para el manejo de los residuos. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. Cámara de Diputados. LXI Legislatura. Reporte CESOP 51, México, DF. pp. 42-48.
- Pérez, R., Silva, L., Pérez, E., Jiménez, G., 2016. Educación ambiental: transformando los residuos sólidos. En: Ojeda, S., Taboada, P., Aguilar, Q., Cruz, S., Nakasima M. (Comp.), Los residuos sólidos como fuente de materias y energía. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos, Calimaya, México. pp. 455-461.

- Secretaría de Agricultura, ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2015. Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas, primera etapa: Diagnóstico nacional. México DF.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2012. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. Disponible en: [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/07\\_residuos/cap7\\_1.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/07_residuos/cap7_1.html); consultado: junio de 2018.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2018. Sistema Nacional de Indicadores Ambientales. *Database*. Sistema Residuos sólidos: Indicador básico 4-3: Disposición final de residuos sólidos urbanos. Disponible en: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores16/index.html>; consultado: junio de 2018.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2020. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales: Informe del medio ambiente – residuos 7. Disponible en: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap7.html>; consultado: julio de 2020.
- Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARM), 2018. Generación estimada de residuos sólidos urbanos por entidad federativa. *Database*. Aguascalientes, México.
- Supraciclaje, 2020. Compra venta de chatarra y reciclados por kilogramos. disponible en: <https://www.supraciclaje.com/precios-hoy/>; consultado: julio de 2020.
- Villada, K., 2013. Análisis del manejo de residuos sólidos urbanos. Estudio de caso en el municipio de Tultitlán, estado de México, bajo el mecanismo de desarrollo limpio. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.
- Zapata, A., Zapata, C., 2012. Un método de gestión ambiental para evaluar rellenos sanitarios. *Gest. Ambient.* 16(2), 105-120.