

EL RECICLAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN MÉXICO

*Jesús Lechuga Montenegro*¹

*Sergio Vargas Hernández*²

Resumen

Se estudia el vínculo existente entre los procesos de producción y la naturaleza; se observa cómo una población más numerosa, con patrones de consumo más demandantes, genera problemas ambientales, como la generación de residuos tanto urbanos como industriales. Se analiza el impacto de contaminantes, como los residuos sólidos urbanos en México, así como su composición y disposición final (incineración, rellenos sanitarios, reciclaje). Por último, se hacen algunas recomendaciones sustentables para el manejo de los residuos sólidos.

Palabras clave: contaminación, residuos sólidos, relleno sanitario, reciclaje.

Abstract

The link between production processes and nature is studied; we see how a larger more complex patterns of population consumption generates environmental problems such as air pollution and waste generation in both urban and industrial. The impact of pollutants such as municipal solid waste in the City of Mexico with respect to other countries, as well as its composition and disposal (incineration, landfills, recycling) is analyzed. Finally some recommendations for sustainable solid waste management are made.

Keywords: pollution, solid waste, landfill, recycling.

1 Departamento de Economía. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.

2 Licenciado en Economía. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

Introducción

En la teoría convencional, los recursos naturales son considerados como variables exógenas que no modifican los sistemas de producción, cuando en realidad se debería hablar de un ecosistema global y de un capital natural (Daly, 2014). Es en la producción donde se transforman la materia y energía obtenidas del ambiente natural y, aún más, en un relleno sanitario los desechos que se generan son también procesados por la naturaleza (Ríos, 2009; *DOF*, 2003).

El crecimiento es uno de los temas más importantes para la ciencia económica, ya que muestra el grado de bienestar material de una sociedad. Pero también puede mostrar el grado de contaminación y el deterioro ambiental de un país o una región, pues al aumentar la demanda de bienes y servicios, el proceso de producción será más dinámico y requerirá de un mayor volumen de materias primas, incidiendo así en una mayor demanda de recursos naturales no renovables. Y, al mismo tiempo, en una mayor carga a la naturaleza para absorber-reciclar los residuos que la producción y el consumo generan.

En el caso de México, el aumento de la población, de 25.8 a 120 millones de habitantes de 1950 a 2015, ha planteado retos considerables para el crecimiento y la consecuente provisión de bienes y servicios, recursos renovables y no renovables. Esto se ha acentuado por la concentración de la población (80% urbana), pues los servicios urbanos difícilmente pueden crecer a la misma velocidad que la demanda. En relación con lo anterior, el país está en la lista de los diez países con la mayor generación de residuos sólidos urbanos (RSU),³ atribuible a la dimensión de la población urbana y al incremento aunado del consumo (Instituto Worldwatch, 2012).

3 Residuos Sólidos Urbanos: material, insumo, producto o subproducto, sólido, semisólido, líquido o gaseoso que esté contenido, generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o procesamiento, y que se descarta que pueda ser susceptible de ser aprovechado o requiera sujetarse a tratamiento o disposición final, ambientalmente adecuados, económicamente factibles y debidamente controlados.

Se reconoce que establecer más de treinta tratados y acuerdos comerciales y de inversión ha implicado un doble riesgo para el país, pues, por un lado, se pueden introducir envases y embalajes no necesariamente biodegradables, y, por otro, en algunos casos –en la Unión Europea, por ejemplo– se aceptan regulaciones que implican la responsabilidad de retornar al productor sus bienes, al final de su vida útil, para reciclarlos (Semarnat, 2009).

En consecuencia, tanto por la propia dinámica de la economía mexicana y de la población como por el entorno de las relaciones comerciales, el tema de los residuos sólidos es relevante. En este trabajo, además de la introducción, en la primera parte se expone el marco de referencia en el que se genera el problema de los RSU. En la segunda se definen los indicadores utilizados para medir el problema de RSU en el país. En la tercera parte se estudia la evolución de los RSU de acuerdo con los indicadores establecidos y se hacen algunas propuestas de políticas conducentes para atender esta problemática. Se cierra con la sección de conclusiones.

1. Marco de referencia

En la teoría convencional, el proceso económico se considera un sistema aislado del entorno social y ambiental; en él sólo existen bienes con valor monetario en un flujo circular de empresas a hogares y viceversa. Así, en este enfoque, el medio ambiente es externo al proceso económico y carece de precios de mercado que expliquen el supuesto básico de la escasez real de los recursos naturales (Cantalapiedra y Carpintero, 2009). En cambio, la economía ecológica analiza la tensión que se genera por la dinámica expansiva del sistema económico y el carácter finito de los recursos naturales; aquí “se plantea la necesidad de una reelaboración conceptual de la economía convencional, en donde el sistema económico pase a ser considerado un sistema abierto y en continua interacción con el sistema biofísico” (Castiblanco, 2008). En suma, la economía ecológica estudia el impacto en el medio ambiente incluyendo a las teorías de la utilidad y de la producción, para poder reconocer, en el caso de la primera, la complejidad y el contexto social del bienestar

humano, y, en el caso de la segunda, contabilizar las restricciones que impone el medio ambiente en la producción (Foster, 2013). Esta ciencia insiste en la relación entre el sistema natural y el sistema económico; ve a la Tierra como un sistema abierto a la entrada de energía solar, y a la economía como un sistema abierto, receptor de materia y energía, y, al mismo tiempo, generador de calor disipado y de residuos materiales que, a través del reciclaje, pueden volver a aprovecharse parcialmente (Barrios, 2008). Uno de los objetivos de esta ciencia es demostrar que los ritmos de generación de residuos son incompatibles con la capacidad de asimilación de los mismos por la naturaleza.

A medida que la acumulación aumenta, la presión sobre la naturaleza va en el mismo sentido, pues se requiere transformar recursos y energía en bienes comerciales para satisfacer las necesidades humanas. Estas materias primas naturales –valores de uso– son tomadas como *inputs* en el proceso de producción y desechados como *outputs*.⁴ En tanto que la generación de residuos se da desde el proceso de producción y desde el consumo, habida cuenta de que todo consumo de mercancías genera un volumen importante de residuos, ya sea por empaques o por el desecho de las mismas después de su vida útil.

En las sociedades preindustriales la generación de residuos era reducida y predominaban los de tipo orgánico, en su mayoría biodegradables, que podían ser utilizados como abono natural, y los de difícil manejo se depositaban en un sitio distante de las comunidades para enterrarlos y evitar problemas de salud.

Con la industrialización se han generando dos fenómenos importantes tanto para el sistema económico como para el natural. De una parte, ha aumentado la generación de residuos sólidos industriales, y de otra, se ha elevado el consumo de productos de rápida obsolescencia, así como el de “alimentos chatarra” y de productos etiquetados como “desechables”; por ejemplo, los pañales, que agudizan el problema del

4 Un caso importante de conciencia ambiental es el de la producción y consumo de papel, pues una tonelada reciclada es equivalente a 17 árboles de diez metros y en energía a más 1,440 litros de petróleo y ahorra 26 500 litros de agua. El problema nodal es que, hipotéticamente, aun teniendo la mayor capacidad de reciclaje, es imposible regresar a la naturaleza los recursos no renovables consumidos.

manejo de la basura.⁵ Al respecto, se estima que para el año 2025 la generación de desechos sólidos en la tierra puede cuadruplicarse o quintuplicarse (ONU, 2015).

Hay que señalar que las políticas ambientales han operado en la creación de normas para reciclar, por ejemplo, los envases de PET, aluminio y vidrio, lo cual alivia, en alguna medida, la presión sobre los recursos naturales. Sin embargo, se estima que tan sólo para el año 2025 haya un aumento de la población mundial de 1,000 millones de habitantes concentrados en áreas urbanas.⁶ Por ello, es previsible que la presión sobre los recursos naturales continúe aumentando, a menos que en paralelo cambien radicalmente tanto los procesos industriales hacia tecnologías ambientales amigables como los hábitos de consumo de la población mundial, determinados por la propia industria.

La expansión industrial y la tecnología asociada han respondido en gran medida a las necesidades planteadas por el aumento demográfico y el producto.⁷ Es indudable que la tecnología ha operado favorablemente en el desarrollo y la expansión de la economía, pero también es considerada una causa del uso exorbitante de recursos naturales y energía, pues ejerce una fuerte presión sobre el *stock* de los mismos,⁸ aun cuando la industria desarrolle tecnología para elaborar mercancías que sustituyan productos elaborados con recursos naturales.⁹ En una economía de mercado, desde el sector privado el avance tecnológico y organizacional de la industria tiene como fin último la maximización de beneficios, por lo tanto el interés por el equilibrio tecnoambiental queda

5 Según cifras proporcionadas por Protección Civil de la Secretaría de Gobernación, en México, el 50% de las inundaciones y encharcamientos son causados por la basura.

6 World Population Prospects. ONU.

7 El cambio tecnológico también puede ayudar a ser más eficiente en el manejo y uso de los recursos naturales; sin embargo, el punto toral es que en el momento actual la humanidad utiliza una capacidad ecológica equivalente a 1.5 tierras.

8 En la actualidad se han consumido muchos recursos no renovables; por ejemplo, el petróleo, el cual tarda millones de años en formarse. Y ahora, con nuevas tecnologías más agresivas con la naturaleza, se explotan campos petroleros de lutitas a gran profundidad que requieren del *fracking* (fracturar la roca hidráulicamente), y de inyección a alta presión de grandes cantidades de agua combinada con químicos, agua que ya no se recupera, lo que agrega contaminación a la entraña del planeta.

9 Con PET pueden fabricarse láminas para la agroindustria, recubrimiento para cables, durmientes para ferrocarril, así como varas para la siembra de jitomate, frijoles y chayotes, entre otras plantas trepadoras. (Foro Consultivo Científico y Tecnológico, Gaceta Electrónica Innovación, No. 59, 2014.)

atrás, todo a pesar de la doble vinculación que tiene la naturaleza con la industria; es decir, la utilización de recursos naturales y el depósito de materiales no utilizables.¹⁰

La basura y sus implicaciones

Ahora bien, los residuos con los que se transgrede a la naturaleza varían dependiendo de la zona geográfica. Por ejemplo, en el medio rural los residuos generalmente son orgánicos y no representan un verdadero problema cuando continúan el ciclo de vida sirviendo de abono o de alimento para animales, o bien, los vertidos a los ríos pueden ser depurados por la propia corriente fluvial cuando hay políticas eficientes para ello. El caso contrario sucede en las ciudades, en las cuales la mayoría de los residuos son sólidos y han venido representando un serio problema casi desde su aparición debido a la inconsciencia de productores y consumidores respecto al impacto de la recolección, separación y reciclaje de la basura.¹¹

Políticas enfocadas a los RSU

La presencia de daños ambientales a terceros, generados por la acción de uno o varios particulares —lo que la teoría convencional denomina externalidades—, ha dado origen a ciertas medidas que buscan corregir las fallas del mercado y ofrecer soluciones de corto y mediano plazo en cuanto al problema de la generación de residuos (Cortés, 2010). En su estrategia para evitar el desequilibrio ecológico, algunos países industrializados han implementado políticas ambientales que incorporan varios instrumentos dirigidos tanto al productor como al consumidor.¹²

10 Se calcula que el equilibrio entre generación y gestión de residuos requeriría multiplicar por 3.5 las tasas de reciclaje a nivel mundial (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012).

11 Los residuos son clasificados por sus diversas características, lo cual sirve para establecer la forma en la que son recolectados: Residuos Sólidos Urbanos, Residuos de Manejo Especial, Residuos de Manejo Peligroso. Semarnat. Programa estatal para la prevención y gestión integral de los residuos. 2009-2012.

12 La contaminación por mercurio en la bahía de la ciudad japonesa de Minamata en la década de 1960 provocó enfermedades por el consumo de alimentos del mar, situación grave que fue revertida con programas ambientales y de reciclaje que la han convertido en una eco-ciudad de reconocimiento mundial (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

Los instrumentos hasta ahora utilizados se rigen bajo el principio de que “el que contamina paga” y apuntan a modificar el comportamiento de los agentes emisores mediante la creación de incentivos para cada fuente contaminante; este tipo de consideraciones se ha ido incorporando en las políticas públicas en países desarrollados desde los años setenta.¹³

En el caso de México, los instrumentos económicos orientados al manejo de los RSU como externalidades negativas se enfocan en la regulación básica sobre la basura, haciendo recaer en las autoridades de limpieza los servicios, la recolección y aplicación de la regulación correspondiente.¹⁴ Instituciones como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) se proponen atender los problemas que enfrenta el manejo integral de los residuos mediante el fomento de instrumentos para el mejoramiento del desempeño ambiental de las actividades productivas, el aumento de la eficiencia de los procesos productivos, la corresponsabilidad en la atención de los problemas ambientales (productores-sociedad-gobierno) y el empleo de nuevas estrategias para distribuir de forma justa los costos de prevenir y solucionar dicha problemática. Aun cuando en los últimos años se ha ampliado y fortalecido la regulación en materia de residuos, la institución reconoce que no se han desarrollado las capacidades para atender el problema, pues, por ejemplo, es difícil cumplir la regulación existente debido al importante rezago de la infraestructura para el reciclaje, tratamiento y disposición final de los residuos en las diferentes zonas y entidades federales del país.

Hay que considerar también que hay una relación positiva entre crecimiento del PIB, la capacidad de gasto de la población y el aumento de

13 Existen mecanismos de mercado e instrumentos para incentivar un mejor uso del medio ambiente. La OCDE habría contabilizado más de 1,046 casos de aplicación de impuestos ambientales (OCDE, 2009). Oecd/eea database on instruments used for environmental policy and natural resources managment. [<http://www2.oecd.org/ecoinst/queries/index.htm>]

14 En México los incentivos de mercado deben revisarse, pues, por ejemplo, sólo se recicla el 15% del PET, lo cual se asocia al precio de 2 pesos el kilo; en cambio, el aluminio se paga a 9 pesos y su reciclaje es del 50%. [http://www.elecologista.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=65] [consultado el 30/04/2015]

la generación de residuos sólidos.¹⁵ Para México esta situación opera desfavorablemente, dada la heterogeneidad económica prevaleciente, pues se reconoce que las entidades federales difieren en cuanto a estos parámetros, y de ahí derivan diferencias en cuanto a estructura y capacidad de manejo de los residuos sólidos. A ello se suma la polaridad entre zonas urbanas con un Índice de Desarrollo Humano similar al de países industrializados, en un extremo, y otras en el cual se asemeja al de países atrasados.¹⁶

La política de industrialización en México promovida desde los años cincuenta derivó tanto en una mayor demanda de materias primas y, por lo tanto, de recursos como en un creciente consumo de bienes y servicios de una población más numerosa y con patrones de consumo cada vez más complejos.¹⁷ La presión sobre los recursos repercutió en problemas ambientales y la generación de residuos urbanos e industriales en una disposición inadecuada a lo largo del territorio, dada la heterogeneidad y polaridad económicas señaladas.¹⁸ Lo anterior, además del problema del manejo de residuos, incidió en problemas de salud y afectación de ecosistemas.¹⁹

2. Indicadores de RSU

Para abordar el tema de residuos sólidos urbanos en México se parte de las bases institucionales en la materia. Para ello se tomó como marco de estudio la generación de RSU en todos los estados, divididos por regiones y entidades, y un total nacional, además de que se identificó el tipo de residuo que se genera más en cada región y en todo el país.

15 OCDE. Strategic Waste Prevention: OECD Reference Manual. Env/Epoc/PPC(2000) Final. 2000.

16 Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012. Semarnat.

17 En la actualidad hay un consumo muy amplio de una gama igualmente amplia de plásticos como el PET y de pañales, aparatos digitales, baterías, alimentos enlatados, etcétera.

18 Durante mucho tiempo, una solución fácil para el manejo de residuos fue la incineración de telas, plásticos y papel, pero inadecuada por la polución que genera.

19 La contaminación del aire en las megalópolis provocada por combustión de combustibles fósiles, el efecto invernadero y el calentamiento global afectan tanto a la población como a la naturaleza.

La base institucional sobre la que se sustenta el cuidado ambiental y su legislación en México está dada a partir de un marco coordinado por la Semarnat. El objetivo fundamental es crear políticas públicas con el principio de sustentabilidad, en el cual el manejo de los residuos también se ha convertido en tema importante.

Esta institución hace hincapié en que por medio de la procuración de justicia se frene el deterioro del medio ambiente, de los ecosistemas y los recursos naturales; así como de que se sienten las bases para la restauración y recuperación ecológica, y que ello opere a favor del desarrollo económico y social con criterios de sustentabilidad.

Para esta investigación se definieron indicadores en tres niveles de agregación de acuerdo con su temporalidad, confiabilidad y relevancia con la información disponible en el periodo 2000-2011. El primero permite comparar el grado de generación de RSU por persona en México con respecto a otros países. El segundo indicador mide los RSU generados en las cinco regiones del país, y de ello se derivó un subíndice en entidades metropolitanas medias, pequeñas y semiurbanas. El tercer indicador se definió para evaluar los RSU de acuerdo con su composición material.

i) RSU_{PC}

A partir de información de la OCDE en cuanto a la generación del volumen de RSU y del tamaño de la población de algunos países que integran esta organización, se construyó el siguiente indicador:

$$RSU_{PC} = \frac{RSU}{N} \quad (1)$$

Donde:

- RSU_{PC} : volumen en kilogramos de residuos generados por persona en un día
- RSU: total de toneladas generadas en un día
- N: número de habitantes de un país determinado

Este indicador tiene la utilidad de identificar qué país ha generado un volumen mayor de RSU por persona y hacer una clasificación por ingreso per cápita, ya que cuando aumenta el consumo privado de las familias, el volumen de RSU tiende a aumentar. Pero no sólo este factor hace aumentar los volúmenes residuales, como lo muestra la siguiente relación funcional:

$$\Delta RSU_{PC} = f(\Delta U, \Delta I, \Delta T, \Delta CFP) \quad (1.1)$$

Donde:

* ΔRSU_{PC} : incremento en kilogramos de residuos generados por persona en un día

Y está en función de:

- ΔU : incremento urbano o aumento demográfico
- ΔI : incremento industrial en una región determinada
- ΔT : incremento tecnológico en un país
- ΔCFP : incremento en el consumo final privado

Esta relación funcional indica que el incremento del volumen de RSU empieza con el aumento de la población en un país o región e inherentemente aumenta la demanda de bienes y servicios para satisfacer las necesidades básicas de las personas; después tiende a aumentar el número de industrias que puedan satisfacer tal demanda, y esto lo harán basándose en un desarrollo tecnológico que permita aumentar la productividad, proceso en el cual la naturaleza resultará más afectada al recibir un mayor volumen de desperdicios de los que puede procesar.²⁰

20 En un país desarrollado puede crearse una cultura y/o incentivos económicos eficientes de reciclaje de RSU y, proporcionalmente, generar menos basura que un país subdesarrollado en ítems específicos; por ejemplo, depósitos de botellas de vidrio en los centros comerciales que reembolsan en las compras el valor de lo depositado. Sin embargo, el envase de PET es el más utilizado para los líquidos, y el incentivo económico es eficiente sólo en grandes volúmenes; por lo que, en la suma, el problema de fondo subsiste; es decir, se somete a la naturaleza a aportar más de lo que pueda serle regresado. Pero sobre todo el consumo de los recursos no renovables es irre recuperable. Sólo 20% del PET que se consume en el mundo se recicla, el resto se dispone en rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto. [http://www.elecologista.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=65] [consultado el 30/04/2015]

Para analizar este problema se definió una relación entre el consumo final privado²¹ y la generación de RSU en toneladas al año.

ii) México. RSU regional

Con el objeto de conocer el grado de RSU per cápita que se producen en la industria y hogares nacionalmente, se hizo un análisis de la generación de residuos en cinco regiones: Norte, Frontera Norte, Sur, Centro y Distrito Federal, asociando el volumen de RSU regional a la distribución de ingreso y factores culturales.²² Se definió una relación más desagregada en algunos estados y su contribución al PIB para estudiar la relación que guardan con la generación de RSU. Para ello se construyó un índice simple que muestra la participación porcentual en la generación de residuos de acuerdo con el tamaño de la localidad:

$$\%RSU_{LOC} = \frac{RSU_{LOC}}{RSU_T} \quad (3)$$

Donde:

- $\%RSU_{LOC}$: porcentaje de RSU por localidad
- RSU_{LOC} : RSU por localidad
- RSU_T : total de RSU

iii) Generación de RSU

Con el objeto de analizar la generación de residuos se examina composición, recolección y reciclaje de los RSU. Se dividen los RSU de acuerdo con su composición material: desperdicios orgánicos, papel cartón, plástico, aluminio, metales ferrosos y textiles. Para calcular el grado porcentual de cada uno de estos residuos, se divide el volumen de cada uno entre el total generado en un espacio y tiempo determinado.

21 Consumo final privado: valor total de las compras en bienes y servicios de consumo, individuales y colectivos, realizados por los hogares residentes, las instituciones sin fines de lucro residentes y el gobierno federal. RSU Sistema de Cuentas Nacionales de México. BIE. 2013.

22 Las regiones fueron divididas de acuerdo con el criterio de la Secretaría del Desarrollo Social (2012). Ver Apéndice.

También se estudia la recolección y el manejo de los RSU de acuerdo con lo establecido en la norma NMX-AA-61-1985.²³ En esta norma se estipula que los residuos dispuestos en rellenos sanitarios²⁴ y de tierra controlados²⁵ se miden con base en el pesado diario de los vehículos municipales y particulares recurrentes a estos sitios. Es de notar la fecha de origen de la norma, pues en la época la disposición a cielo abierto probablemente no se consideraba de alto impacto, y su monto está dado por la diferencia entre residuos generados menos los dispuestos en rellenos sanitarios y de tierra controlados. El cálculo correspondiente está dado por:

$$RE_{SAN} = RSU_{TOTAL} - RE_{NC} - RE_{TIERRA} \quad (4)$$

Donde:

- RE_{SAN} : Rellenos sanitarios
- RSU_{TOTAL} : Residuos Sólidos Urbanos
- RE_{NC} : Rellenos no controlados
- RE_{TIERRA} : Rellenos de tierra

Se consideraron sólo dos métodos de recolección: rellenos sanitarios y sitios no controlados²⁶ para observar el crecimiento de la infraestructura de los primeros y, por ende, la disminución de los segundos, lo cual se hace con el número de rellenos sanitarios proveniente de registros administrativos de Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol).

23 “Esta Norma Mexicana especifica un método para determinar la generación de residuos sólidos municipales a partir de un muestreo estadístico aleatorio. Para efectos de aplicación de esta norma los residuos sólidos municipales se subdividen en domésticos (que son los generados en casas habitación) y en no domésticos (generados fuera de las casas habitación)”. [www.semarnat.gob.mx/normasambientales]

24 Relleno sanitario: obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructura adicionales, los impactos ambientales.

25 Sitio controlado: sitio inadecuado de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación. (Norma Oficial Mexicana NOM-083 SEMARNAT-2003. DOF 20 oct 2004)

26 Volumen de residuos sólidos urbanos que no llegan a rellenos sanitarios o a sitios controlados.

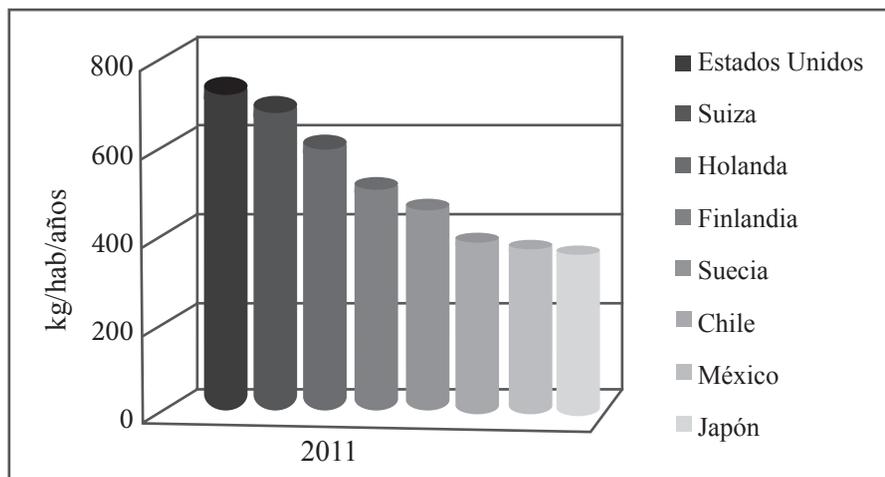
Para finalizar se observa la cantidad de RSU reciclados según su tipo de composición material a partir de la separación de los residuos recolectados y se estima la cantidad de residuos reciclados a partir de los residuos generados. A tal efecto, de acuerdo con la Sedesol (2007), en la recolección domiciliar se separan del 2.5% al 3.3% de materiales reciclables, y en rellenos sanitarios se separa entre el 6 y 8 por ciento vía pepena, lo que representa una suma estimada de reciclaje de 8% a 11 % (Sedesol, 2007).

3. Generación de Residuos Sólidos Urbanos

A fin de contextualizar la generación de RSU, es conveniente conocer la evolución del problema en el país y tener algunos referentes internacionales. A nivel mundial, la generación diaria por persona de algunos países de la OCDE en el año 2011 revela que un ciudadano estadounidense generaba 760 kilogramos de RSU al año, y un ciudadano japonés, 350 kilogramos. Como se muestra en la gráfica 1, Estados Unidos es uno de los principales generadores de RSU y esto coincide con el aumento del gasto privado de las familias de este país; otros países de un nivel económico alto, como Finlandia, Holanda o Suiza, tienen un alto índice con poblaciones muy pequeñas, lo cual denota la importancia del nivel de ingresos. Sin embargo, las diferencias en los indicadores por país tal vez reflejen aspectos culturales y/o políticas más o menos eficientes en cada caso. En Latinoamérica, Chile es el que genera más RSU, y México se posiciona sólo un lugar debajo de ese país²⁷

27 El análisis de esta situación rebasa los propósitos de este trabajo, por lo cual sólo se apuntan estas inferencias.

Gráfica 1. Generación de RSU por país



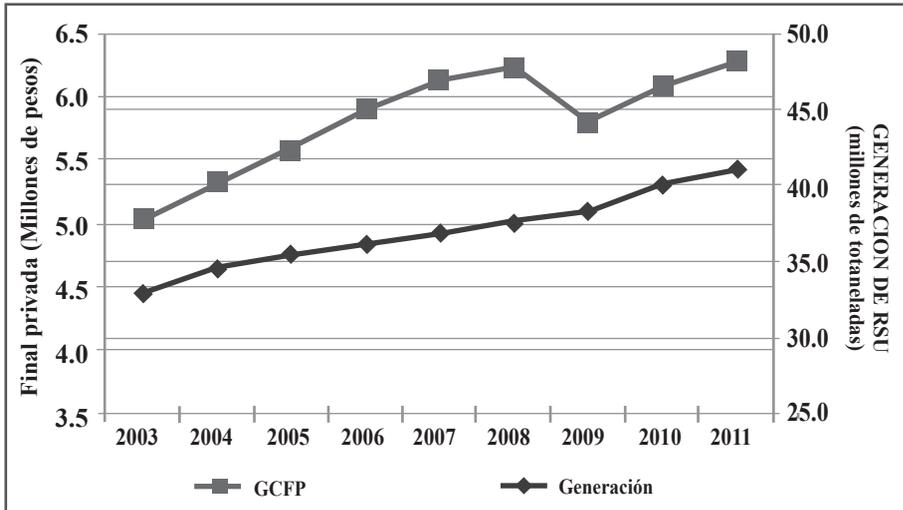
Fuente: elaboración propia con base en Organisation for Economic Cooperation and Development. Environmental Data.

En México, según la información disponible de la OCDE, la generación diaria per cápita de RSU en países de dicha organización pasó de 300 gramos en 1950 a 1.52 kilogramos en la zona metropolitana del DF en el año 2012. En términos anuales, la generación per cápita en el país se incrementó en promedio 6 kilogramos entre 2000 y 2012, alcanzando los 361 kilogramos por habitante en el último año.

De acuerdo con la Semarnat (2012), en el 2011 se estimó una generación de 41 millones de toneladas de RSU, equivalente a una producción diaria de aproximadamente 112 mil toneladas para todo México. Esta cifra se ha incrementado principalmente por el crecimiento urbano, desarrollo industrial, modificaciones tecnológicas y cambio en los patrones de consumo de la población, como se ha mencionado.²⁸ Ejemplo de ello es que del año 2000 al 2011, la generación total de RSU aumentó 25%, en paralelo al crecimiento del PIB y al gasto de la población (gráfica 2).

²⁸ México está entre los diez países con mayor generación de RSU en el mundo.

Gráfica 2. Gasto Consumo Final Privado y generación de RSU



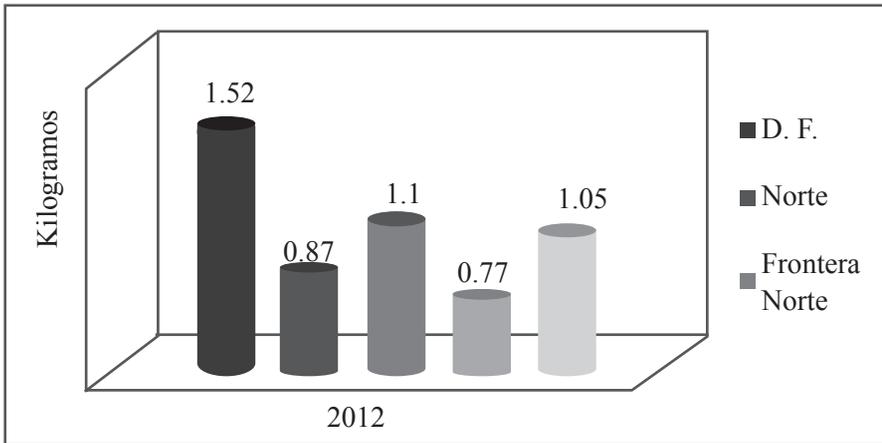
Fuente: elaboración propia con datos de Banco de México. SR6 Indicadores Trimestrales de Oferta y Demanda Agregadas y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

A continuación se analiza para México la generación de RSU en dos planos: el espacial y por su composición, manejo y reciclaje.

3.1 RSU espacial

El primer aspecto que se toca es el de RSU per cápita en las diferentes zonas geográficas del país. La generación en términos per cápita muestra grandes diferencias entre regiones y entidades federativas del país debido a factores de tipo cultural, niveles de ingreso y la dinámica del movimiento hacia los centros urbanos, como las zonas metropolitanas del Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara. Como se muestra en la gráfica 3, en el año 2012 el Distrito Federal y la frontera norte generaron la mayor cantidad de RSU diarios por habitante, con cerca de 1.52 y 1.1 kilogramos al día, respectivamente; mientras que en las regiones Sur y Norte los habitantes generaron menos de un kilogramo al día, y en la zona Centro el valor fue de 1.05 kilogramos diarios.

Gráfica 3. Generación per cápita diaria de RSU

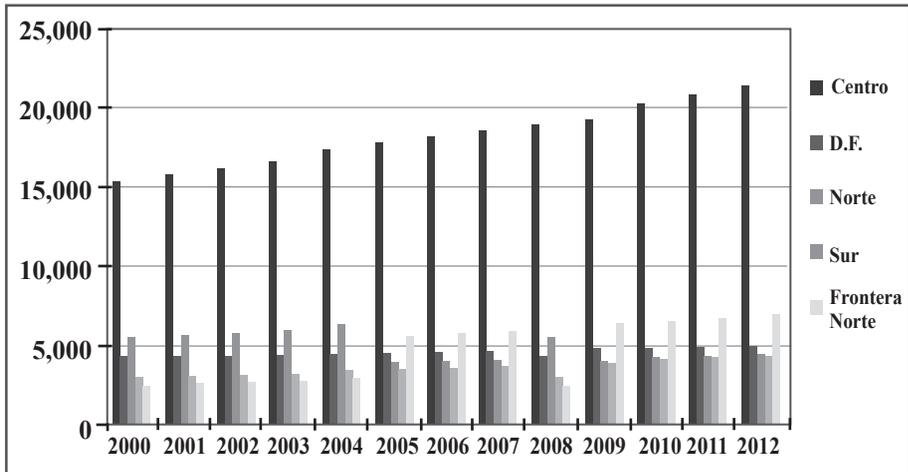


Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Estadísticas del Medio Ambiente. México.

i) Generación total de RSU por región

La generación total de residuos también muestra grandes diferencias por regiones; por ejemplo, la zona Centro contribuye con la mitad de los RSU en el país, con más de 20 millones de toneladas en el año 2012 (50%); seguida por la Frontera Norte, con 4 millones (17%), y el Distrito Federal, con casi 5 millones (12%) (gráfica 4). En el periodo 2000-2010, la generación de residuos en las regiones Centro, Sur y el Distrito Federal aumentaron en un 34%, 27% y 13%, respectivamente. Casos notables fueron los de la Frontera Norte y la Región Norte, que en el mismo periodo aumentaron la generación de RSU, en el primer caso, casi tres veces (pasando de más de 2 millones de toneladas en el 2000 a cerca de 6 millones en 2012), y en el segundo caso disminuyó alrededor de 33% en el mismo periodo. Indudablemente que las poblaciones, así como el grado de industrialización, difieren ampliamente en cada región, lo que necesariamente impacta en el volumen total de RSU generado.

Gráfica 4. Generación de RSU por zona (millones de toneladas)



Fuente: elaboración propia con datos de Secretaría del Medio Ambiente.

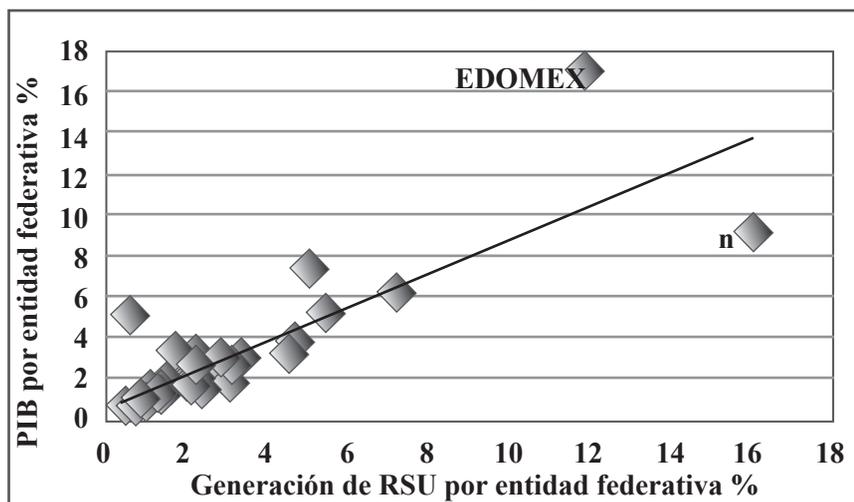
La gráfica 4 muestra que la zona Centro es la que más contribuye a la generación de RSU, pues su volumen oscila entre 15 y 22 millones de toneladas para todos los años; se observa que en el periodo que comprende de 2000 a 2004 la Frontera Norte era la zona menos generadora de residuos, y las zonas Norte y Sur la superaban en una pequeña proporción. A partir del año 2005, los papeles se invirtieron: la Frontera Norte incrementa su generación de RSU, y las dos regiones mencionadas la reducen. En cuanto al DF puede verse que su papel de generador de residuos permanece estable en el periodo comprendido.

ii) Generación de RSU por entidad federativa

En el año 2011, entidades como el Estado de México y el Distrito Federal fueron las mayores generadoras de RSU; mientras que Colima, Baja California Sur, Campeche y Nayarit generaron una proporción menor. La participación de los estados en el PIB tiene una relación lineal positiva con la contribución a la generación de RSU. Pero en ello la contribución al total nacional de RSU del Estado de México y el Distrito Federal

queda totalmente fuera de la tendencia, seguida por los demás estados, como se muestra en la gráfica 5.²⁹

Gráfica 5. Generación de RSU y PIB por entidad federativa



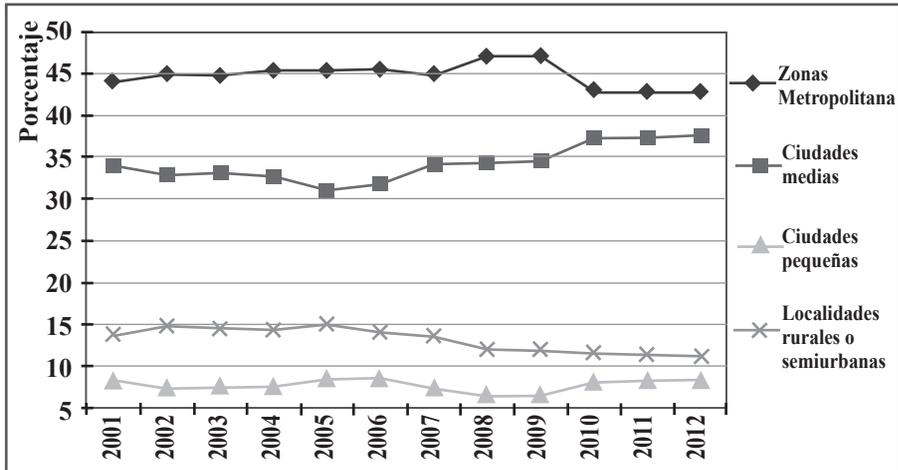
Fuente: elaboración propia con datos del Instituto de Estadística y Geografía y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

iii) Generación de RSU por tipo de localidad

Si se considera la generación de residuos de acuerdo con el tamaño de las localidades, se observa que aquellas con una población menor a los 15 mil habitantes (las llamadas semiurbanas, que albergan al 37% de la población del país) generaron en el año 2012 el 11.2% del volumen nacional producido; mientras que las zonas metropolitanas (con más de un millón de habitantes) contribuyeron con 42.7% de los residuos totales. La evolución de la generación de residuos por tipo de localidad entre 2000 y 2012 muestra como hecho más significativo que las zonas metropolitanas disminuyeron su participación relativa en tanto que el de las ciudades medias aumentó (gráfica 6).

²⁹ Es menester considerar que en localidades o estados de mayor atraso la basura dista de tener un manejo adecuado dada la carencia de rellenos sanitarios, de donde una subestimación implícita de los resultados en el manejo de los RSU. Sin embargo, en la suma las proporciones deben ser válidas.

Gráfica 6. Generación de RSU por tipo de localidad



Fuente: Secretaría del Desarrollo Social. Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas. México.2010.

3.2 Origen, manejo y reciclaje de RSU

Además del carácter espacial de la generación de RSU, se deben considerar aspectos complementarios, como la composición de los mismos (origen) y los efectos de las políticas aplicadas en materia de manejo y reciclaje de RSU.

i) Composición de RSU

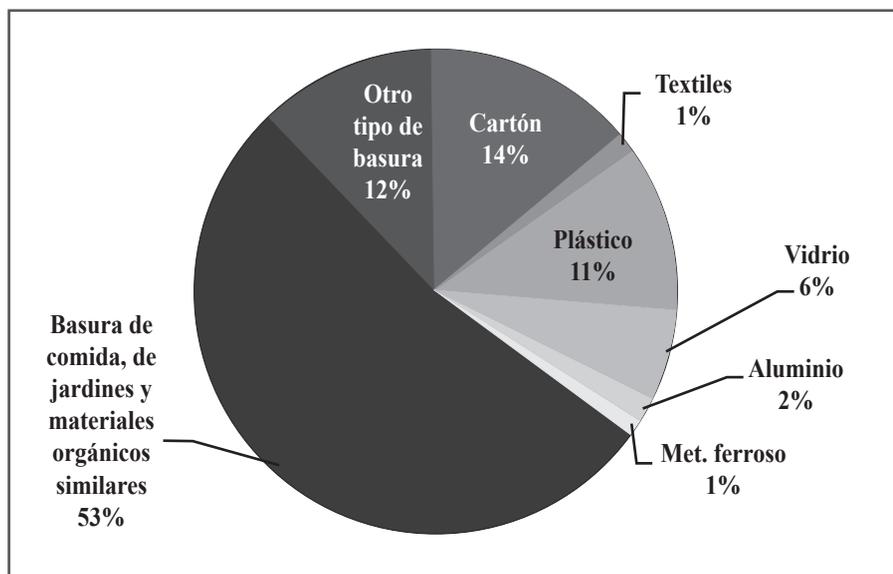
La generación de RSU se asocia positivamente a industrialización y urbanización, y a mayor ingreso se generan más residuos. En el caso de los países pertenecientes a la OCDE éstos generan 1.6 millones de toneladas diarias; en tanto que los países del África subsahariana, unas 200 mil toneladas por día.³⁰ También se observa en el tiempo un cambio en la composición, en la cual disminuyen los de materia orgánica. Así, en el devenir económico de México se confirma esta transición, pues los

30 Informe Instituto Worldwatch, 2012. Hacia una prosperidad sostenible. La Situación del Mundo 2012.

residuos orgánicos en la basura pasaron de un rango de 65-70% en los años cincuenta al 50% en el 2007, de los cuales el 35.3% era potencialmente reciclable (Semarnat, 2008).

En México, la composición de RSU en el año 2011 se integró de la siguiente forma: basura de comida y materiales orgánicos ocupa el mayor porcentaje, siendo el 53% residuos de este tipo; cartón y otro tipo de basura, en la que se incluyen pañales desechables, son los siguientes materiales más desechados, pues comprenden un 13.80% y 12.10%, respectivamente; el plástico ocupa un 10.90% del total; vidrio, 5.9%; textiles, 1.4%, y aluminio y metales ferrosos, 2.80% conjuntamente (gráfica 7).

Gráfica 7. Composición de RSU 2011



Fuente: elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

ii) Manejo y disposición final de los RSU

En el país, la disposición de este tipo de RSU se hace de dos maneras: por eliminación y por prevención de desechos. El primero no implica el reciclamiento, sino acumular restos sólidos en un depósito para enterrar o incinerar; aquí el sistema económico funciona sólo para mitigar el daño ambiental, pero un riesgo colateral es la polución por cenizas o la contaminación del terreno y mantos freáticos. En cambio, la prevención para manejar los desechos sólidos opera positivamente cuando hay reciclaje y reúso; es un método de entrada en el cual el sistema económico puede reinsertar en la sociedad materiales sólidos.

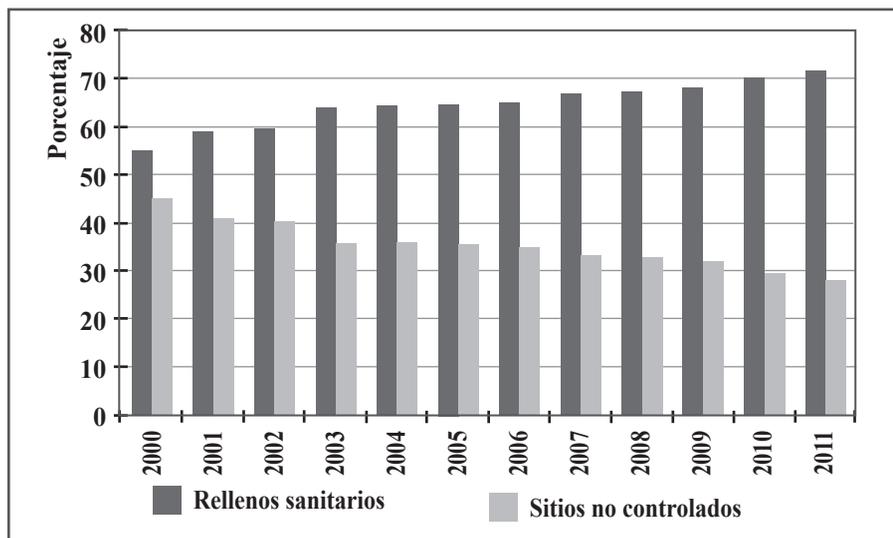
En el año 2000, en el Distrito Federal se recolectaba cerca de un 86% del total de los RSU generados, y esta cifra aumentó a 89% en el año 2010. En cuanto a la recolección espacial, se tiene que en las zonas metropolitanas grandes la cifra anterior fue de 95%; en las ciudades medias, entre 75% y 85%, y entre 60 y 80% en las pequeñas áreas urbanas.³¹

Como se muestra en la gráfica 8, los RSU que se destinaron a los rellenos sanitarios del 2000 al 2011 pasaron de un 55% a un 72%, respectivamente, y en los sitios no controlados disminuyó de 45% a 28%; es decir, en un periodo de once años en los sitios no controlados, como tiraderos clandestinos, la recolección de RSU disminuyó, pero también se entiende que ha sido así porque el proceso de reciclaje a nivel nacional aumentó.³²

31 Semarnat. [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/resumen_2009/07_residuos/cap7_2.html]

32 Los rellenos sanitarios no son por sí mismos instrumentos de reciclaje, pues su propósito es ser “la mejor solución para la disposición final de los residuos sólidos urbanos; este tipo de infraestructura involucra métodos y obras de ingeniería particulares que controlan básicamente la fuga de lixiviados y la generación de biogases” (Semarnat, 2012).

Gráfica 8. Manejo de RSU



Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría del Desarrollo Social 2012.

Al tiempo que en el país aumentó el número de rellenos sanitarios, en la gráfica 8 se muestra cómo la recolección de los RSU se destina en mayor medida a estos sitios, captando un volumen mucho mayor de RSU. Éste es un aumento importante si se considera que en el 2000 se destinaba casi un 50% a rellenos sanitarios y un 40% a sitios no controlados, más reciclaje. Para el año 2010, en los rellenos sanitarios la captación de basura había aumentado en casi un 35% en comparación con los sitios no controlados.

iii) *Reciclaje de RSU*

A nivel nacional, el volumen de RSU que se recicla ha ido en aumento, aunque con lentitud. De acuerdo con los datos de la Semarnat (2012), de 2000 a 2003 sólo se reciclaban cerca de un 3% anual, pero en los siguientes cinco años el volumen aumentó casi a 5% (cuadro 1), lo cual se puede explicar por el aumento de los precios de las materias primas, así como por el aumento en la demanda de materiales secundarios a nivel internacional.

Cuadro 1. Residuos Sólidos Urbanos

Año	Generación anual (millones de toneladas)	Reciclaje anual (miles de toneladas)	Porcentaje reciclado
2000	30733.26	724.25	2.36
2001	31488.48	742.06	2.36
2002	32173.61	780.47	2.43
2003	32915.70	820.50	2.49
2004	34604.00	895.04	2.59
2005	35405.00	1150.00	3.25
2006	36135.00	1176.00	3.25
2007	36865.00	1202.20	3.26
2008	37595.00	1346.80	3.58
2009	38325.00	1500.00	3.91
2010	40058.70	1695.00	4.23
2011	41062.50	1980.00	4.82

Fuente: elaboración propia con datos de Secretaría del Desarrollo Social. Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas. 2011. México 2012.

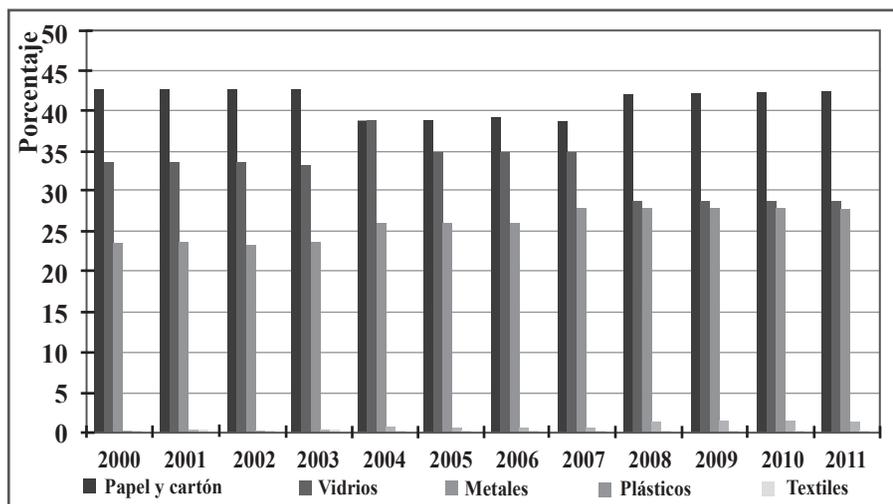
El volumen de RSU reciclados en números absolutos se incrementó de una manera importante desde el año 2005, gracias a las políticas públicas de algunas entidades en cuanto al reciclaje. En términos porcentuales, como se muestra en el cuadro 1, en 2011 se recicló cerca de un 5% del volumen de los RSU generados. Empero, esta cifra podría ser mayor (10%), dado que muchos de los RSU que se pueden reciclar se recuperan directamente en contenedores y vehículos de recolección.³³

Por último, otro aspecto a considerar es la composición de los RSU reciclados. En la gráfica 9 se muestra, con la información disponible, que de 2000 a 2011 el papel y cartón son los residuos sólidos que mayormente se reciclan, pues éstos se ubican alrededor del 40% del total para los años señalados. El vidrio se recicla en un porcentaje de entre

33 Semarnat. El medio ambiente en México 2013-2014. [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/07_residuos/7_1_2.html]

28% y 35%; los metales son reciclados en menor proporción, con valores de 24 y 27%; con respecto a los plásticos sus valores superan 1% únicamente en cuatro años, y los textiles tienen un porcentaje menor.

Gráfica 9. Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos



Fuente: Secretaría de Desarrollo Social (2012).

Como característica sobresaliente se tiene que, en gran medida, los RSU recuperados lo son vía empleo informal en la recolección y la pepena en los sitios de depósito, controlados y no, derivando de ello, entre otros aspectos, severos problemas de salud pública (INECC, 2016).

3.3 Recomendaciones de políticas

Después de analizar los datos anteriores se recomienda implementar cuatro políticas económicas ecológicas:

- i) Adecuación al Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM). A menudo se toma como indicadores de bienestar a los

grandes agregados de la contabilidad nacional (PIB, PNB, PNN), pero su medida dista de tener una visión completa de la prosperidad de una nación, puesto que se olvida que el medio ambiente es un elemento asociado a la actividad económica. El objetivo esencial de este ajuste es manejar los costos y gastos ambientales que se registren en el país, además contabilizar y tomar en cuenta los recursos naturales como capital natural y tener un sistema más integral de servicios ambientales.³⁴

- ii) Impulsar el desarrollo científico y tecnológico. Esta recomendación se centra básicamente en la gestión integral de residuos en México, a través del diseño de tecnologías de vanguardia adecuadas para fortalecer el manejo, aprovechamiento, tratamiento y disposición final de los residuos, así como de la evaluación de las tecnologías desarrolladas en otros países para su aplicación eficiente a las condiciones particulares del nuestro. Esto se podrá realizar mediante el fomento de la investigación y el desarrollo tecnológico en materia de residuos en las empresas generadoras, en aquellas dedicadas a la recolección, tratamiento, aprovechamiento y en empresas de bienes y servicios.
- iii) Aumentar el grado de educación y capacitación con base en el manejo de RSU. El objetivo principal es desarrollar e implementar un programa nacional de educación y capacitación efectivo y eficiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, que incluya a todos los sectores de la sociedad con la finalidad de alcanzar un modelo sustentable. Lo anterior, a través de programas de capacitación para la formación de recursos humanos especializados en la gestión integral de los residuos, en los tres órdenes de gobierno y en las empresas relacionadas con el sector.
- iv) Aumentar el número de plantas de tratamiento de RSU, con el objetivo de hacer más fácil la recolección y el tratamiento de

³⁴ Ya en esta dirección, en las Cuentas Económicas y Ecológicas de México (Inegi, 2013) se estima en ese año que la actividad económica tuvo como impacto un daño ambiental (agotamiento de recursos naturales y degradación ambiental) del 5.7% del PIB.

estos residuos en cada delegación o municipio de México, disminuyendo así el gasto de transporte y aumentando el volumen de reciclaje.

Conclusiones

En el crecimiento económico la naturaleza tiene un papel importante inherente al proceso de producción y no puede ser excluida del análisis económico. La naturaleza es parte medular en el proceso de producción, valorización de la tierra y formación del hombre como ente social.

Con la información disponible se observa una especie de efecto multiplicador degenerativo del medio ambiente debido al crecimiento económico, ya que cuando éste último ocurre lo hace en una proporción similar el gasto final privado de cada persona; dicho de otra forma, la demanda de bienes y servicios impacta la producción industrial y de aquí un incremento en la generación de RSU.

Se observó que la zona Centro es la mayor generadora de RSU, seguida por toda la zona Norte; por lo tanto, se entiende que es en las localidades metropolitanas y urbanas donde se espera la atención prioritaria de las políticas públicas y, sobre todo, una mayor eficiencia en su aplicación.

Asimismo, se pudo notar que el manejo de los RSU ha sido inadecuado en los últimos diez años debido a que un poco más del 40% de RSU son de tipo inorgánico y pueden ser reciclables. Sin embargo, se ha optado por aumentar la infraestructura de rellenos sanitarios, los cuales captaron en 2010 cerca de un 55% de la generación total y sólo un 10% se recicló; el resto fue dispuesto en sitios no controlados o manejados de otra forma.

Por último, se presentan propuestas para la actual estructura institucional que maneja todo lo relacionado a los RSU, ya que éstas son deficientes en el sentido de que no han convertido el manejo de RSU a una manera más sustentable, y lo preocupante es que con las políticas actuales no se ha sabido aprovechar la reutilización de estos residuos.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, Santiago y Óscar Carpintero. http://www.circulobellasartes.com/ficha.php?s=fich_libro&id=82. Economía ecológica: reflexiones y perspectivas, Círculo de Bellas Artes, Madrid: CIP-Ecosocial, pp. 216, 2009.
- Barrios, Miguel. “La economía ecológica política. Una revisión de los principales elementos para su debate”. *Análisis Económico*. México: UAM, pp. 239-265, 2008.
- Bellamy, John. “The Epochal Crisis”, *Monthly Review*, Volume 65. pp. 1-12, 2013.
- Cantalapiedra, Santiago y Óscar Carpintero. *Economía Ecológica: Reflexiones y Perspectivas*, Madrid: Círculo de Bellas Artes/ CIP-Ecosocial, 2009.
- Castiblanco, Carmenza. “Valoración económica del medio ambiente”. *Instituto de Estudios Ambientales*, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, pp. 166, 2008.
- Cortés, Francisco. “La economía ecológica”, *Marco conceptual*, parte I, México: Cajamar, p. 36, 2010.
- Diario Oficial de la Federación, “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos”. México, pp. 52, 2003.
- Norma Oficial Mexicana NOM-083 SEMARNAT-2003. DOF 20 oct 2004.
- El ecologista: El problema ambiental del PET. http://www.elecologista.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=65 [consultado el 10 de julio de 2015].
- Foster, John Bellamy. “The Epochal Crisis”, Vol. 65, 2013.
- Daly, Herman. “Use and Abuse of the ‘Natural Capital’ Concept”. *Development & Society*, EEUU: University of Maryland, 2014.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Cap. 4, <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/495/residuos.html>.

Instituto Worldwatch. “La situación del mundo 2012: hacia una prosperidad sostenible”, <http://www.ecoticias.com/sostenibilidad/68190/> consultado en julio de 2015.

Millennium Ecosystem Assessment, United Nations. 2005.

ONU. Perspectivas de la población mundial, la revisión 2010. https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/swop_2010_spa.pdf

ONU. Programa 21. Capítulo 21. “Gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos y cuestiones relacionadas con las aguas cloacales”, <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter21.htm>.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. 2011.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. “Geo5. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial”. Medio Ambiente para el futuro que queremos”, pp. 552, 2012.

Ríos, Arturo. “Gestión integral de los residuos sólidos urbanos”. Tesis, México D.F.: ESIA, IPN, pp. 139, 2009.

Sedesol. “Informe de la situación del medio ambiente en México”. pp. 382, 2012.

Sedesol. Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas, México. 2007.

Semarnat. “Informe de la situación del medio ambiente en México”, Cap. 7, *Residuos*. pp. 317-362, 2012, http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/07_residuos/cap7_1.html consultado en octubre de 2015.

Semarnat. “El informe sobre la situación del medio ambiente en México”, 2008.

Semarnat, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. *DOF* 22-05-2015, pp.46.

Semarnat. Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012.

Villavicencio, Daniel, *et al.* “Estrategias de Innovación en la Industria Química Mexicana: Estudio Longitudinal de una Muestra de Empresas 2001-2004”, que se está realizando en la UAM-X, financiado por Conacyt (#37896-S), México.

Apéndice

Frontera Norte: Baja California, Sonora, Sonora, Coahuila de Zaragoza, Chihuahua, Tamaulipas y Nuevo León.

Sur: Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Chiapas, Oaxaca.

Norte: Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Tamaulipas, Sinaloa, Nayarit, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí.

Distrito Federal

Centro: Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Veracruz, Michoacán de Ocampo, Estado de México, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Guerrero.