

# Análisis de estadísticas del INEGI *sobre residuos sólidos urbanos*

José Paul Carrasco Escobar  
y José Luis Ángel Rodríguez Silva



Organization Assists Impoverished Families Living On Mexican Landfill/John Moore/Getty Images

Las estadísticas del medio ambiente son de importancia crucial para comprender el entorno natural. Esto es particularmente cierto en el caso del comportamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU), los cuales afectan diversos sistemas biológicos naturales y, en casos extremos, pueden causar profundas afectaciones al entorno. Con la finalidad de garantizar el tener más y mejor información acerca de los RSU, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México ha realizado un esfuerzo importante por acopiar y difundir datos en dicha materia. El objetivo del presente documento es presentar los elementos fundamentales y las características principales del fenómeno de los RSU, así como la aplicación de las técnicas estadísticas de análisis de componentes principales y de análisis de conglomerados a esos datos y una interpretación de los resultados derivados, mismos que pueden servir como guía en el proceso de toma de decisiones en políticas públicas en la materia. En particular, se muestra que el fenómeno es básicamente bidimensional y que las entidades federativas se aglomeran, según el fenómeno de los RSU, en estratos bien delimitados, presentándose así un desequilibrio geográfico y de infraestructura en el tema.

**Palabras clave:** análisis de componentes principales, análisis de conglomerados, INEGI, residuos sólidos urbanos.

Recibido: 17 de septiembre de 2014

Aceptado: 9 de diciembre de 2014

## 1. Antecedentes de los residuos sólidos urbanos (RSU)

Este concepto, que en términos generales coincide con el de *basura doméstica y comercial usual* (esto es, que no sea de manejo especial o de tipo peligroso), es uno de los fenómenos que más impacto tiene sobre el medio ambiente y sus recursos. Lo anterior es cierto pues, por un lado, debido a la creciente demanda que tienen los seres humanos sobre sus satisfactores (que muchos de ellos al final se convierten en RSU), se tiene un mayor consumo de los recursos naturales y, en consecuencia, una afectación a los mismos; por el otro, al hacer la disposición final de los RSU, y debido tanto al gran volumen generado como al hecho de que en diversas ocasiones no se cumple con los estándar

Environmental statistics are decisive for understanding the natural environment. This is particularly true in the case of the behavior of Municipal Solid Waste (MSW), which affects various natural biological systems and, in extreme cases, can cause deep damages to the environment. In order to make sure that we have more and better information about the MSW, the National Institute of Statistics and Geography (INEGI) has made a significant effort by collecting and disseminating information on this subject. The aim of this paper is to present the key elements and main characteristics of the phenomenon of MSW, as well as the application of two statistical techniques to these data: Principal Component Analysis and Cluster Analysis, following an interpretation of derivative results, which could serve as a guide in the process of decision making of public policies in this area. In particular, it is shown that the phenomenon is basically a two-dimensional one, and that the states are clustered, like the phenomenon of MSW, into separate strata, thus presenting a geographic and infrastructural imbalance in this area.

**Key words:** Principal Component Analysis, Cluster Analysis, INEGI, municipal solid waste.

res y normas al respecto, se hace una afectación al medio ambiente. Esto puede implicar, entre otras situaciones, graves problemas en materia de salud pública, utilización de espacios y recursos, además de mayor contaminación ambiental, por mencionar algunas.

Son numerosos los ejemplos en los cuales, por una falta de cuidado en alguno de los múltiples procesos del sistema de los RSU, se tienen consecuencias de gran impacto en el medio ambiente. En el *Informe de la situación ambiental del medio ambiente en México* —Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2012— se señala que existen profundas relaciones entre la generación indiscriminada y mal manejo de los RSU y el cambio climático, el adelgazamiento de la capa

de ozono, la creciente contaminación de suelos y cuerpos de agua, así como la proliferación de fauna nociva y la transmisión de enfermedades.

Conviene, en estos momentos, proporcionar la definición oficial de los RSU, tomada del artículo 5, fracción XXXIII, de la *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos* (LGPGIR)<sup>1</sup> (Secretaría de Gobernación, 2014), que los define como: "...los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta ley como residuos de otra índole...".

La administración del proceso de los RSU, conocido como *Gestión integral de los residuos sólidos urbanos*, consta de un intrincado sistema de partes íntimamente relacionadas unas con otras. En sus

aspectos más simples, implica tres grandes etapas: Generación → Recolección → Disposición final. A su vez, se dividen en varias subetapas, algunas de las cuales se muestran en la figura 1.

La administración pública federal, encabezada en materia de políticas públicas de gestión ambiental por la SEMARNAT, ha llevado a cabo esfuerzos para generar un marco legal para la gestión de los RSU en México, apoyada en la LGPGIR.

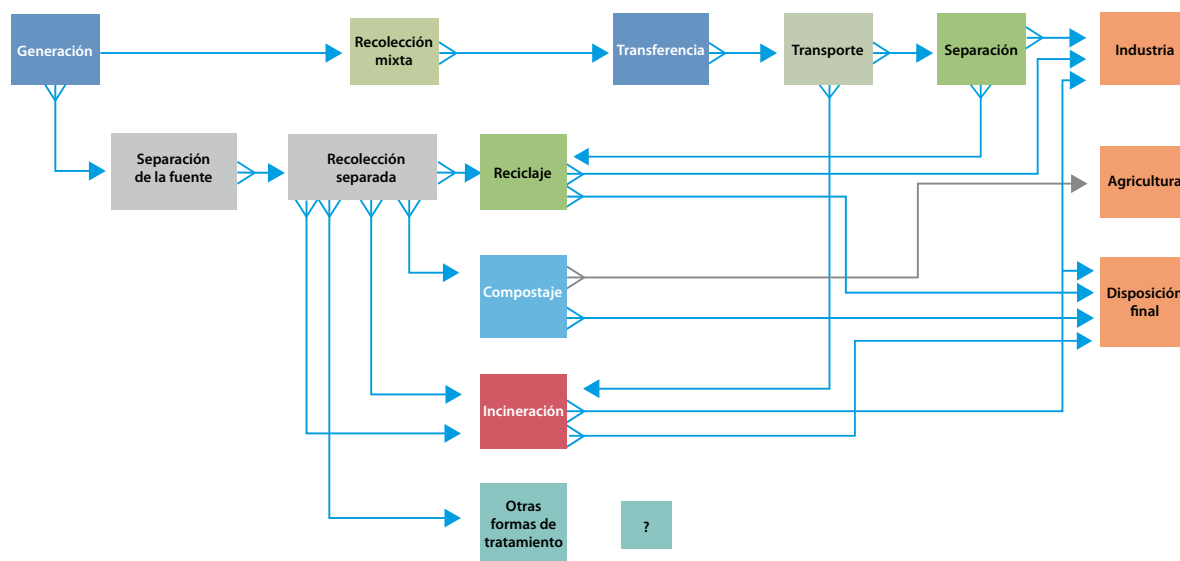
Más aún, en el *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*, en su Eje 4 asociado a la sustentabilidad ambiental, se detalló en el apartado 4.7 la finalidad del así llamado Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos que, entre otras acciones, en su objetivo 4.2.1, se comprometió a lograr el manejo integral de los residuos mediante la aplicación de los instrumentos, acciones y estrategias contempladas en el marco legal de esos años.

En uno de los primeros ejercicios al respecto, la SEMARNAT, mediante el entonces Instituto Nacional de Ecología (INE) que ahora es el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), llevó a cabo en el 2006 el primer diagnóstico básico de los residuos que, según el artículo

<sup>1</sup> Tal vez el documento normativo más importante en la materia; entró en vigor el 8 de octubre de 2004 y su reglamento fue publicado en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF) el 30 de noviembre de 2006, con entrada en vigor 30 días posteriores a su publicación.

Figura 1

### Diagrama de flujo de un sistema de manejo de residuos sólidos diferenciado



Fuente: rediseño propio inspirado en SEMARNAT, 2007.

25 de la LGPGIR es "...el estudio que considera la cantidad y composición de los residuos, así como la infraestructura para manejarlos integralmente...". Estos esfuerzos se encaminaban a tratar de establecer una evaluación confiable acerca de la verdadera problemática de los RSU en el país, para así generar información y estadísticas que permitieran guiar las políticas públicas en la materia. Se generaron datos muy interesantes, determinando que la generación de RSU se estimó, para el 2006, en 94 800 toneladas diarias, equivalente a 34.6 millones de toneladas anuales, con una composición aproximada de 53% de materia orgánica; 28%, de residuos potencialmente reciclables y 19%, de no aprovechables. Se estimó que se recolectaba 87% de los residuos generados y, de éstos, 64% se enviaba a los 88 rellenos sanitarios y 21 sitios controlados; lo restante se depositaba en tiraderos a cielo abierto y en sitios sin control.

Uno de los grandes problemas de este diagnóstico fue que se realizó, en estricto sentido, mediante un esquema de muestreo en algunas entidades federativas elegidas para tal fin. Con esto, no se tenía un marco de muestreo inicial del cual partir, que es indispensable para llevar a cabo estudios muestrales por medio de encuestas. Más aún, varios de los procedimientos para formar las cifras anteriores se basaban en una diversidad de criterios y estimaciones que trataban de extrapolarse a todo el país, situación en sí controversial, pues la realidad del fenómeno de los residuos podría ser distinta debido a la heterogeneidad de las regiones que lo integran.

Con la finalidad de aprovechar su experiencia y estructura organizacional, el INEGI se sumó desde el 2009 a la SEMARNAT para colaborar en el esfuerzo de diagnosticar la situación que guardaba el país en este tema. Mediante una serie de reuniones y trabajo conjunto, se formó la propuesta de un cuestionario sobre RSU, el cual se aplicó a una muestra de municipios (unidad de observación) de cada entidad federativa del país en el 2010 generando, así, los primeros resultados a nivel nacional, para dar aprovechamiento a los registros administrativos en materia de RSU.

Los esfuerzos anteriores contribuyeron a la formación de un cuestionario sobre RSU el cual, finalmente, se decidió incorporar como módulo del operativo de los censos nacionales de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011 (con año de referencia 2010) y 2013 (con año de referencia 2012). De ahí se generaron una serie de productos que han sido fundamentales para conocer con un mayor nivel de detalle y actualidad las cifras de los RSU, mismas que serán descritas en el tercer apartado de este documento.

Para cerrar esta primera sección, cabe mencionar que la información sobre RSU ha adquirido una gran relevancia y como ejemplo, el 7 de noviembre de 2014 se publicó en el DOF (INEGI, 2014a) el llamado *Acuerdo por el que se aprueba la inclusión al Catálogo Nacional de Indicadores de un conjunto de indicadores clave en materia de emisiones y residuos*, en el cual se establece la adición en dicho *Catálogo*, en el marco del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, de los siguientes indicadores:

- Porcentaje de municipios con disposición adecuada de RSU.
- Proporción de la población con acceso a la recolección de residuos.

El hecho de que estos dos indicadores se hubiesen propuesto y aprobado implica que esta información se considera básica para la formación de políticas públicas en la materia tendientes a contar, de manera general, con un mejor sistema de gestión integral de los RSU, situación en sí misma de importancia. Además, dado que la construcción de los dos indicadores será definida en la forma y términos que determine el Comité Técnico Especializado de Información sobre Emisiones, Residuos y Sustancias Peligrosas, las variables definidas en este estudio (ver tercer apartado) pueden contribuir a su diseño conceptual.

Una aportación relevante de los resultados derivados del presente estudio es la asociada al poder explicativo que guardan las técnicas de la estadística multivariada en relación con la determinación de factores más relevantes de algunas de las estadísticas oficiales en materia de medio ambiente. La

emergencia de significados desde los datos —pero no de los datos en sí mismos— hace de este trabajo una fuente adecuada para el conocimiento del fenómeno de los RSU y puede ser utilizada para un mejor entendimiento del fenómeno y, así, poder profundizar en él, favoreciendo el desarrollo de respuestas respecto a lo que está ocurriendo en tal problemática y el porqué, sin la necesidad de abarcar cada una de las dimensiones del problema, sino enfocándose a las que estadísticamente tienen mayor influencia. Además, los resultados de estudios de este tipo permiten construir teoría, conceptos, hipótesis y proposiciones partiendo de forma directa de los datos y no de los supuestos a priori, de otras investigaciones o de marcos teóricos existentes. La teoría generada se desarrolla de manera inductiva a partir de un conjunto de datos y esto implica un empare de ésta con la realidad del objeto de estudio. Ello contrasta con una teoría derivada deductivamente de alguna otra gran teoría, sin la ayuda de datos y que podría, por lo tanto, no cuadrar con la realidad.

Por otro lado, esta investigación muestra una manera alternativa para el aprendizaje de métodos estadísticos en el contexto de los datos oficiales. El aprendizaje moderno de la estadística está cada vez más ligado al contexto de los datos y a la atención de los requerimientos de quienes toman decisiones basadas en información confiable y de calidad. La disposición de estadísticas oficiales sobre los temas sociales, económicos y de los registros de las funciones administrativas y de control de los gobiernos es cada vez más común y su aprovechamiento es una labor propia tanto de especialistas como de otros profesionales que cuentan con formación estadística. Así, este documento puede verse también como parte de un estudio de caso sobre aprendizaje y evaluación del uso de técnicas estadísticas multivariadas, así como los resultados de su aplicación a datos oficiales sobre el medio ambiente.

## 2. Marco teórico de dos técnicas estadísticas multivariadas

A continuación, se presentan los aspectos básicos de éstas, las cuales se aplicaron a una serie de estadís-

ticas de los RSU. Es un resumen que sirve de referencia inmediata al lector, aunque al interior de la descripción de cada técnica se da una bibliografía que es relativamente sencilla de conseguir, por si se busca tener un mayor grado de conocimiento al respecto.

### 2.1 Análisis de componentes principales (ACP)

Pertenece al conjunto de técnicas de la Estadística multivariada que son de tipo descriptivo, esto es, los objetivos que en principio persigue el ACP no son de tipo inferencial o, lo que es lo mismo, pretende más bien describir un cierto conjunto multivariado de observaciones, más que generalizar o inferir sobre alguna población.

Supóngase que se tiene un conjunto de datos multivariados, de  $n$  registros u observaciones y  $p$  variables, los cuales se disponen en forma tabular de la siguiente forma:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix}$$

Lo que busca la técnica de ACP es formar un nuevo conjunto de variables, que son combinaciones lineales de las primeras, y que son designadas como  $Z_1, Z_2, \dots, Z_p$ , las cuales no tienen correlación lineal entre sí y la primera de ellas es la más importante en el sentido de que es la que tiene más variabilidad, de ahí el adjetivo de *principal*, para luego pasar a la segunda en orden de importancia, y así sucesivamente:

$$\text{var}(Z_1) \geq \text{var}(Z_2) \geq \cdots \text{var}(Z_p).$$

Para que la técnica de ACP tenga relevancia en un problema particular, debe ser el caso que las variables originales tengan altos niveles de correlación entre ellas; de hecho, en el caso de que dichas variables no estén correlacionadas, el ACP no tiene ningún efecto en lo absoluto.

El empleo de la metodología de ACP involucra, matemáticamente, la resolución de un problema de maximización, lo cual implica la resolución de un problema de descomposición espectral, tópicos sobre los cuales no se entrará en detalle en este documento. El lector interesado puede consultar Johnson (2000, pp. 93-146), Johnson y Wichern (2002, pp. 426-476) y Manly (1984, pp. 59-71).

Dentro de los resultados que ofrece el ACP se encuentran los siguientes:

- Escribiendo las componentes principales:

$$CP_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p = \text{componente principal 1}$$

$$CP_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p = \text{componente principal 2}$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

$$CP_p = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \dots + a_{pp}X_p = \text{componente principal } p$$

Los coeficientes  $a_{ij}$  (conocidos como las *cargas* de las componentes principales) nos permiten valorar la importancia que las variables originales tienen sobre las componentes principales que, junto con el signo de tales cargas, brindan potencialmente un método para identificar de forma cualitativa el significado de las componentes principales, de las cuales hay tantas como variables originales, aunque tienen la interesante propiedad de que la correlación entre cualquier par de componentes principales distintas entre sí es 0, por lo que la dirección multidimensional de cada componente principal tiene un sentido que explica una dimensión propia del fenómeno y de ahí que si se determina que, por ejemplo, se requieren dos componentes principales para explicar 80% de la varianza, podremos decir que el fenómeno es básicamente bidimensional.

- Mediante la determinación numérica de los valores de las componentes principales es posible llevar a cabo un ordenamiento de los registros, según su impacto en las componentes que, para fines prácticos, casi siempre se toman sólo las primeras de ellas. Quedará explicado este procedimiento al momento que se aplique en los datos de RSU bajo consideración.

## 2.2 Análisis de conglomerados (AC)

Es una poderosa herramienta que nos permite la formación de grupos de observaciones o de variables con la finalidad de asociar aquellos que tengan la mayor *afinidad* entre sí. Es, quizá, uno de los recursos estadísticos más utilizados en diversas ramas, como Sociología, Economía, mercadotecnia, etc., debido a que uno de los fines que tienen los investigadores es el de buscar patrones de afinidad al interior de la información que pretenden describir y explotar.

La técnica comienza con la elaboración de una matriz de distancias, que consta de un conjunto matricial de números que definen el grado de cercanía que tienen los individuos entre sí. Debido a que existen potencialmente muchas formas de definir estas distancias —siempre y cuando cumplan con los requisitos de la técnica—, también hay una gran diversidad de métodos de conglomerados. A su vez, según la forma en que se aglomeran de forma iterativa los individuos (o las variables), pueden distinguirse diversos métodos; dentro de los más utilizados son los llamados *jerárquicos*. En tal sentido, es difícil mencionar, sin ambigüedad alguna, cuál es el mejor método en algún problema dado, pues hay una gran cantidad de criterios al respecto; sin embargo, tal como se comentó arriba, de cualquier forma son de gran utilidad práctica.

Uno de los resultados gráficos más notables del AC son los llamados *dendogramas*, los cuales son figuras que permiten visualizar la forma de aglomeración de nuestros objetos de interés; son gráficas que se tendrá la oportunidad de utilizar e interpretar en la sección 3.3.

El lector interesado puede consultar mayores detalles de las técnicas de análisis de conglomerados en Johnson (2000, pp. 319-396), Johnson y Wichern (2002, pp. 668-745) y Manly (1984, pp. 100-113).

Antes de cerrar este apartado, algunas palabras: existe una diversidad de *software* estadístico que permite llevar a cabo tanto el ACP como el AC, y entre los que han demostrado en la práctica mayores bondades son el Minitab® 17, IBM

SPSS® 22 y Statística® 12; sin embargo, también hay un *software* libre, el R (release 3. 1. 12), el cual es muy eficaz y cuenta con una gran cantidad de librerías especializadas, así como una comunidad internacional dispuesta a brindar apoyo en problemas técnicos que pudieran presentarse. Aunque existe un pequeño precio al respecto, y es el hecho de tener que llevar a cabo un cierto segmento de programación, lo cual, en algunos usuarios, implicaría la inversión de más tiempo para familiarizarse con dicho entorno.

### 3. Aplicación de las ACP y AC a un subconjunto de datos de RSU

Tal y como se ha señalado, el INEGI ha realizado un gran esfuerzo por acopiar información de RSU; hasta el momento se han logrado generar datos de gran relevancia, pues antes de este ejercicio de estadística oficial no se tenía información al nivel de detalle con la que ahora se cuenta y mucha de ella provenía de estimaciones (SEMARNAT, 2012).

Dentro de la información que en materia de RSU se genera en el INEGI se tienen los siguientes temas (INEGI, 2014b):

- Centros de acopio:
  - Materiales valorizables, según tipo, para 2010, por entidad federativa.
  - Materiales valorizables, según tipo, para 2012, por entidad federativa.
- Estaciones de transferencia:
  - Procesos reportados de RSU, para 2010, por entidad federativa.
  - Procesos reportados de RSU, para 2012, por entidad federativa.
- Estudios:
  - Composición de RSU en el periodo 2008-2010, por entidad federativa.
  - Composición de RSU, para 2012, por entidad federativa.
  - Generación de RSU en el periodo 2008-2010, por entidad federativa.
  - Generación de RSU, para 2012, por entidad federativa.
- Programas locales:
  - Gestión integral de RSU en el periodo 2008 a 2010, por entidad federativa.
  - Gestión integral de RSU, para 2012, por entidad federativa.
- Recolección:
  - Promedio diario, según tipo de recolección, para 2010, por entidad federativa.
  - Promedio diario, para 2010, según entidad federativa.
  - Promedio diario, para 2010, según municipio y delegación.
  - Promedio diario, para 2012, según entidad federativa.
  - Promedio diario, para 2012, según municipio y delegación.
  - Tipo de vehículo, para 2010, por entidad federativa.
  - Tipo de vehículo, para 2010, por municipio y delegación.
  - Tipo de vehículo, para 2012, por entidad federativa.
  - Tipo de vehículo, para 2012, por municipio y delegación.
- Disponibilidad de servicios para RSU:
  - Para 2010, según entidad federativa.
  - Para 2010, según municipio y delegación.
  - Para 2012, según entidad federativa.
  - Para 2012, según municipio y delegación.
- Reglamentación en cuanto a servicios de recolección y disposición final, para 2010.
- Tipos de sitios de disposición final de los RSU, para 2010.

Así, el INEGI pone a disposición de los usuarios en general un vasto conjunto de datos acerca del fenómeno de los RSU. Para el ejercicio mostrado en este trabajo, los autores acopiaron diversas variables asociadas de los RSU, según está dispuesta la información en el sitio del Instituto en internet ([www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)) para determinar niveles de asociación multivariados en distintas fases de la gestión integral de residuos. Conviene señalar que no se consideraron todas las variables que se encuentran en el sitio pues algunas de ellas no contaban con información para todas las entidades federativas, por ejemplo, para variables de

PET. Así, en total, se consideraron 20 variables de proporción de la siguiente manera:

- VAR<sub>1</sub> = proporción de municipios y delegaciones con centros de acopio respecto al total de municipios en la entidad federativa.
- VAR<sub>2</sub> = proporción del total municipios y delegaciones con centros de acopio respecto al total nacional de centros de acopio.
- VAR<sub>3</sub> = proporción de municipios y delegaciones con estaciones de transferencia, sólo almacenamiento temporal y traspaso respecto al total de municipios en la entidad federativa.
- VAR<sub>4</sub> = proporción de municipios y delegaciones con estaciones de transferencia, compactación y/o selección de materiales respecto al total de municipios en la entidad federativa.
- VAR<sub>5</sub> = proporción de municipios y delegaciones con estudios sobre la generación de residuos sólidos urbanos respecto al total de municipios en la entidad federativa.
- VAR<sub>6</sub> = proporción de municipios y delegaciones con programas locales orientados a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos respecto al total de municipios en la entidad federativa.
- VAR<sub>7</sub> = proporción de municipios con estaciones de transferencia respecto al total de municipios de la entidad federativa.
- VAR<sub>8</sub> = proporción del total de municipios con estaciones de transferencia respecto al total nacional.
- VAR<sub>9</sub> = proporción de vehículos utilizados para la recolección de residuos sólidos urbanos con compactador respecto al total en la entidad federativa.
- VAR<sub>10</sub> = proporción de vehículos utilizados para la recolección de residuos sólidos urbanos con caja abierta respecto al total en la entidad federativa.
- VAR<sub>11</sub> = proporción de otros vehículos utilizados para la recolección de residuos sólidos urbanos y otro tipo de vehículos respecto al total en la entidad federativa.
- VAR<sub>12</sub> = proporción del total de municipios y delegaciones con disponibilidad de servicios

relacionados con los residuos sólidos urbanos respecto al total en la entidad federativa.

- VAR<sub>13</sub> = proporción de municipios y delegaciones con disponibilidad de servicios de sólo recolección y disposición final de residuos sólidos urbanos respecto al total en la entidad federativa.
- VAR<sub>14</sub> = proporción de municipios y delegaciones con disponibilidad de servicios de recolección, disposición final y tratamiento de residuos sólidos urbanos respecto al total en la entidad federativa.
- VAR<sub>15</sub> = proporción del promedio diario de pesaje de residuos sólidos urbanos recolectados respecto al total en la entidad federativa.
- VAR<sub>16</sub> = proporción del promedio diario por vehículo/capacidad/viajes de residuos sólidos urbanos recolectados respecto al total en la entidad federativa.
- VAR<sub>17</sub> = proporción del promedio diario de otros métodos de obtención de residuos sólidos urbanos recolectados respecto al total en la entidad federativa.
- VAR<sub>18</sub> = proporción de municipios y delegaciones con servicio de recolección y disposición final con reglamento relacionado con los residuos sólidos urbanos respecto al total en la entidad federativa.
- VAR<sub>19</sub> = proporción de sitios de disposición final tipo relleno sanitario reportados como destino de los residuos sólidos urbanos respecto al total en la entidad federativa.
- VAR<sub>20</sub> = proporción de sitios de disposición final tipo tiradero a cielo abierto reportados como destino de los residuos sólidos urbanos respecto al total en la entidad federativa.

Los siguientes hechos son relevantes en cuanto a la naturaleza y selección de estas variables:

- Los datos se presentan en el *Anexo 1*.
- En primer lugar, la justificación de tomar proporciones y no los valores numéricos en absoluto es debido a que México es un país de gran heterogeneidad, misma que se manifiesta parcialmente en el hecho de que varias entidades federativas cuentan con números



- muy distintos de municipios —y delegaciones, en el caso del Distrito Federal (DF)—, cada uno con sus propias peculiaridades. Así, por ejemplo, el DF tiene 16 delegaciones de las cuales todas cuentan con estudios sobre la generación de residuos, mientras que Jalisco, con 125 municipios, realizó 29 estudios de tal naturaleza. Si no se llevara a cabo la proporción (con 100% para el caso del DF y de 23.2% en el de Jalisco), la aplicación sobre números absolutos de las técnicas estadísticas que se emplean más adelante podría llevarnos a resultados confusos.
- Todas las variables bajo estudio se especificaron en el sentido de *coadyuvar a la mejor atención del problema de los RSU*, esto es, para tener una mayor potencia en la interpretación de varias de las cantidades derivadas del ACP y un mejor nivel de asociación en el AC. La literatura recomienda el hecho de que las variables se manifiesten en *solamente un sentido*, ya sea en la mejora del problema (por ejemplo, más y mejores plantas de transferencia) o bien, todas en un sentido de empeoramiento del problema (e. g., mayor generación per cápita de RSU). Éste es, finalmente, un artilugio matemático para que la interpretación sea lo más eficiente posible y que no se entremezclen de manera contextual sentidos de variables que puedan estar en sentidos contrarios u opuestos, situación que los métodos estadísticos no podrían determinar por sí solos y que es competencia del analista.
  - Más aún, para no crear correlaciones espurias, se eliminaron los totales cuando se tenían las variables de desagregación y, a su vez, se dejaron sólo las mínimas indispensables sin pérdida de información en el sentido de que con las que se consideran en el análisis sea posible reproducir la base de datos original.
  - Las variables analizadas fueron perturbadas de forma aleatoria alrededor de su valor, con la función *jitter* de R, y los resultados fueron prácticamente los mismos a los que serán comentados en las siguientes secciones, por lo cual no parece ser que sean demasiado sensibles los resultados a pequeños cambios alea-

torios en las cifras, situación que robustece en sí las conclusiones de este trabajo.

- Los datos sólo se tomaron por entidad federativa, pues a pesar de que hay resultados a un nivel más fino —esto es, al de municipio—, no todas las variables de interés se encuentran desagregadas a tal grado. A su vez, para tener resultados a nivel del país, parece apropiado realizar el análisis a nivel de entidad.
- Por último, el único año analizado fue el 2012. A pesar de que hay información para años anteriores, el alcance de este trabajo se acota sólo para éste, debido a que no se pretendió un estudio longitudinal, sino el aprovechamiento de la información actual.

Una de las razones contextuales —quizá la más relevante— para llevar a cabo un análisis cruzado con diversas variables de RSU, tal y como se señala, es que varias entidades federativas pueden, quizá, tener una buena gestión en algún rubro, aunque tal vez no tanto en otro. Así, el formar un análisis multivariado de esta naturaleza puede aportar al fortalecimiento de una mejor comprensión global del fenómeno, así como coadyuvar en la toma de decisiones en materia de políticas públicas.

### 3.1 Análisis de correlaciones

Al llevar a cabo un análisis de correlaciones, se observó que del total de  $19 \times 20/2 = 190$  correlaciones de variables en sus cruces (eliminando las correlaciones triviales), y al contar el número de correlaciones que, en valor absoluto, fueron mayores a 0.7, se encontró que estas últimas fueron 35, por lo que hay una proporción no trivial de casi 18.42% que gozan de dicha propiedad. Si el valor de umbral de 0.7 disminuye a 0.5 —el cual, para ciertos análisis de estadística espacial se considera un valor alto (e. g. Bivand, Pebesma y Gómez-Rubio, 2013)—, la proporción se incrementa a casi 25 por ciento. Más aún, existen correlaciones muy altas, por ejemplo, entre  $VAR_{11}$  y  $VAR_{16}$ , de un orden de 0.99. La tabla completa de correlaciones se presenta en el *Anexo 2*.

Estas consideraciones acerca de las correlaciones justifican, en parte, el que sea razonable llevar a cabo tanto el ACP como el AC.

### 3.2 Aplicación del ACP

En el cuadro que aparece enseguida se presentan los valores de las varianzas explicadas por cada componente principal. Se observa que utilizando la *regla de más de 70% de varianza explicada*, serían necesarias tres componentes principales para explicar nuestro fenómeno de 20 dimensiones. Si exigimos un poco menos y empleamos la regla de *un mínimo de 60% de varianza explicada*, bastaría con dos componentes principales. Así, entonces, parece claro que la problemática de los RSU tiene de dos a tres dimensiones y no el número total de variables de proporción que están bajo análisis. La anterior afirmación se refuerza al considerar el diagrama de sedimentación, mostrado en la gráfica 1, en la cual el *codo* de la misma se presenta

en la segunda componente principal, motivo por el cual nos inclinamos a la consideración de que la dimensionalidad más importante es de 2, en el sentido de que 61.7% de la varianza acumulada puede explicarse con tal número de componentes principales.

Escribamos ahora las dos primeras componentes principales:

$$Z_1 = 0.294VAR_1 + 0.303VAR_2 + 0.205VAR_3 + 0.024VAR_4 + 0.229VAR_5 + 0.110VAR_6 + 0.265VAR_7 + 0.211VAR_8 + 0.282VAR_9 + 0.165VAR_{10} + 0.295VAR_{11} + 0.008VAR_{12} - 0.301VAR_{13} + 0.302VAR_{14} + 0.082VAR_{15} + 0.295VAR_{16} + 0.302VAR_{17} + 0.096VAR_{18} - 0.005VAR_{19} - 0.174VAR_{20}$$

$$Z_2 = -0.047VAR_1 - 0.145VAR_2 + 0.328VAR_3 + 0.227VAR_4 + 0.119VAR_5 - 0.010VAR_6 + 0.261VAR_7 - 0.014VAR_8 - 0.110VAR_9 - 0.322VAR_{10} - 0.075VAR_{11} + 0.323VAR_{12} - 0.111VAR_{13} - 0.060VAR_{14} + 0.020VAR_{15} - 0.184VAR_{16} + 0.028VAR_{17} + 0.391VAR_{18} + 0.464VAR_{19}$$

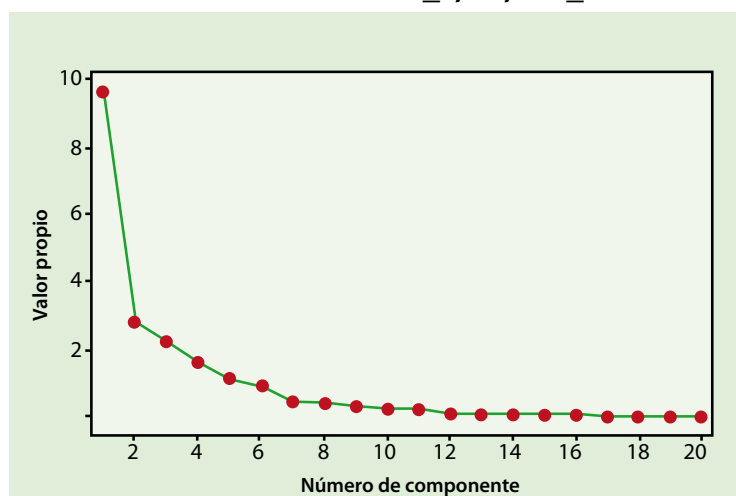
#### Valores propios, proporción y proporción acumulada de las CP sobre datos de RSU

	CP <sub>1</sub>	CP <sub>2</sub>	CP <sub>3</sub>	CP <sub>4</sub>	CP <sub>5</sub>	CP <sub>6</sub>	CP <sub>7</sub>	CP <sub>8</sub>
Valor propio	9.5721	2.7735	2.2142	1.5967	1.1128	0.9018	0.4585	0.3828
Proporción	0.479	0.139	0.111	0.08	0.056	0.045	0.023	0.019
Acumulada	0.479	0.617	0.728	0.808	0.863	0.909	0.931	0.951

Fuente: elaboración propia con resultados generados en Minitab®.

Gráfica 1

#### Sedimentación de Var<sub>1</sub>, ..., VAR<sub>20</sub>



Fuente: elaboración propia con resultados generados en Minitab®.

$-0.301VAR_{20}$

Se observa que la primera componente principal adquiere sus mayores valores en las variables 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16 y 20. Al analizar las primeras, notamos que éstas se encuentran involucradas con la infraestructura (vehículos y medios para pesar los RSU) en la gestión integral de los RSU. A su vez, los signos negativos se presentan en las variables 13 y 20, que se asocian sobre todo con la disposición final de los residuos, aunque los coeficientes son relativamente pequeños. Así, podemos asociar a esta componente una interpretación *de infraestructura de gestión de los RSU, salvo disposición final*. Ésta sería la componente principal que más impacto tiene en general en el fenómeno de los RSU.

De manera similar, en la segunda componente principal se contrasta en general una parte conceptual, de planeación, con respecto a la infraestructura u operación. Así, podríamos pensar que esta segunda componente representa la *planeación en contra de la operación en la gestión de los RSU*.

Ahora, la gráfica 2 corresponde a la puntuación

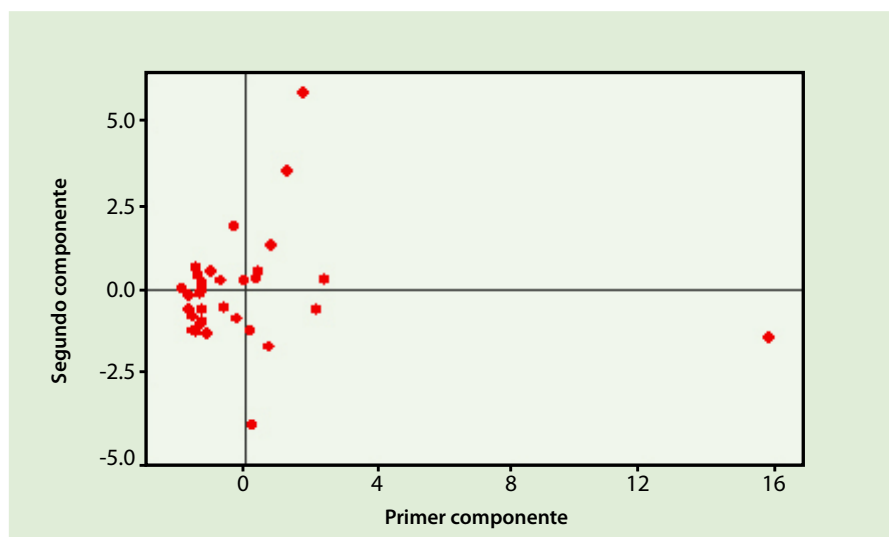
de las dos primeras componentes principales, y en ella se aprecia de manera muy marcada el punto extremo derecho, que corresponde al DF, el cual tuvo el mayor valor. Otros dos valores que son destacables son el punto superior, correspondiente a Baja California, con un gran valor en la segunda componente, y Oaxaca con el menor valor en esta última componente principal.

La gráfica 3 nos proporciona información, según el ACP, acerca de la afinidad de las variables, destacando que la número 13 parece ser la que marca una dimensionalidad distinta con respecto a las restantes, así como la 20 y la 10, aunque éstas en menor medida. Por otro lado, las variables 4, 12 y 19 tienen una gran afinidad en tal sentido.

Por último, se presenta el orden de las entidades federativas según la primera componente principal: DF, Baja California, Aguascalientes, Querétaro, Jalisco, Morelos, estado de México, Nuevo León, Quintana Roo, Guanajuato, Veracruz de Ignacio de la Llave, Oaxaca, Michoacán de Ocampo, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Colima, Chihuahua, Baja California Sur, Tabasco, Sinaloa, Coahuila de Zaragoza, Chiapas, Tamaulipas, San Luis Potosí,

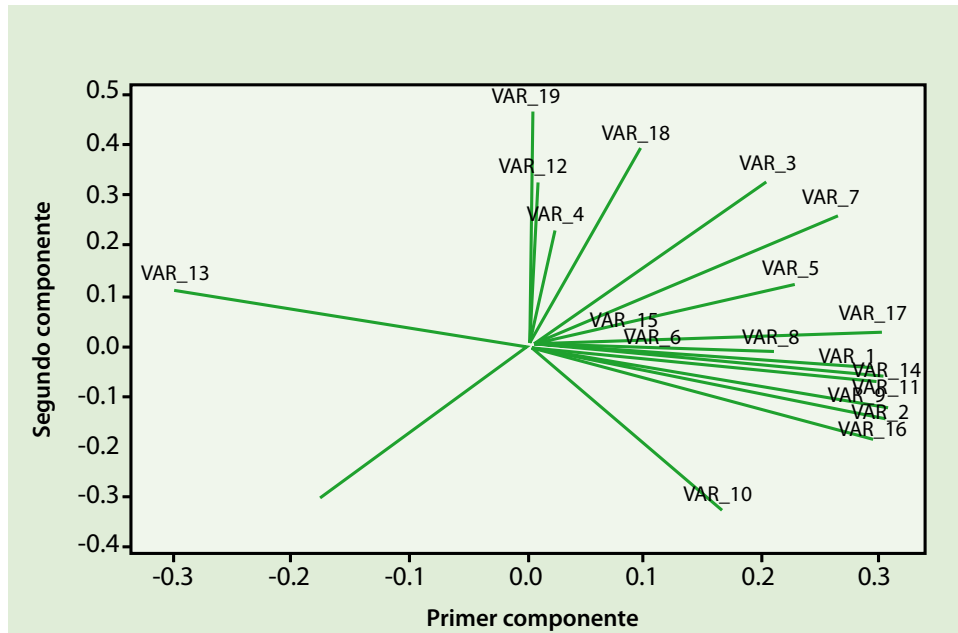
Gráfica 2

### Puntuación de $Var_1, \dots, VAR_{20}$



Fuente: elaboración propia con resultados generados en Minitab®.

## Cargando gráfica de Var\_1, ..., VAR\_20



Fuente: elaboración propia con resultados generados en Minitab®.

Durango, Sonora, Zacatecas, Campeche, Nayarit, Guerrero y Yucatán. De este ordenamiento se observa que las cinco primeras tienen el mayor desarrollo en *infraestructura de gestión de los RSU, salvo disposición final*, mientras que las que tienen mayor área de oportunidad al respecto son las cinco últimas.

Realizando el ordenamiento, ahora con respecto a la segunda componente principal, los resultados son: Baja California, Aguascalientes, DF, Quintana Roo, Querétaro, Jalisco, Guanajuato, Morelos, estado de México, Colima, Nuevo León, Chihuahua, Coahuila de Zaragoza, Tlaxcala, Baja California Sur, Sinaloa, Tabasco, Campeche, Durango, Hidalgo, Puebla, Michoacán de Ocampo, Nayarit, Sonora, Zacatecas, Veracruz de Ignacio de la Llave, San Luis Potosí, Tamaulipas, Chiapas, Yucatán, Guerrero y Oaxaca. Así, en la dimensión de la *planeación en contraste con la operación en la gestión de los RSU*, las cinco entidades federativas que parecen tener mayor desarrollo son las cinco primeras y

las menos favorecidas en tal dimensión son las últimas cinco.

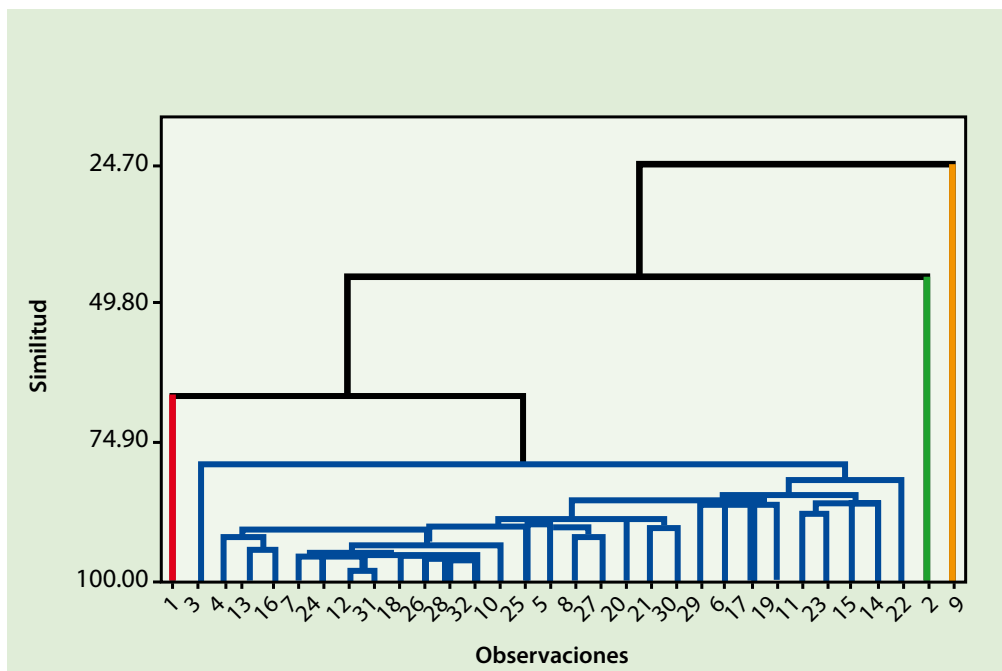
### 3.3 Empleo del AC

En la gráfica 4 se observa el *dendograma* de asociación mediante enlace simple y distancia euclidiana de las entidades federativas, en el cual se distinguieron cuatro conglomerados o colecciones de observaciones. En el primer grupo, de manera aislada, se encuentra el DF; en el segundo, Baja California; en el tercero, Aguascalientes; y en el cuarto, el resto de entidades federativas. Esto respalda, hasta cierto punto, las afirmaciones comentadas en la sección previa del ACP.

En la gráfica 5 se muestran los cuatro grupos de variables, en las cuales se observan tres conglomerados con una sola variable cada uno de ellos: la 20, que corresponde a la *proporción de sitios de disposición final tipo tiradero a cielo abierto reportados como destino de los residuos sólidos*

Gráfica 4

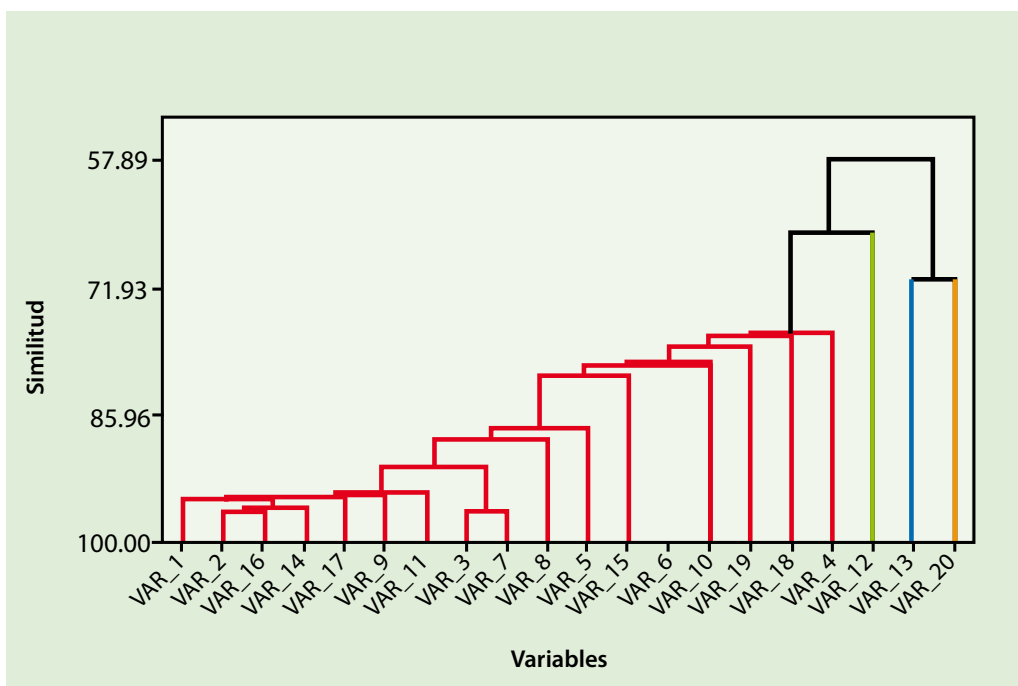
### Dendrograma Enlace simple, distancia euclidiana



Fuente: elaboración propia con resultados generados en Minitab®.

Gráfica 5

### Dendrograma Enlace simple, distancia de coeficiente de correlación



Fuente: elaboración propia con resultados generados en Minitab®.

urbanos respecto al total en la entidad federativa; la 13, que es la *proporción de municipios y delegaciones con disponibilidad de servicios de sólo recolección y disposición final de residuos sólidos urbanos respecto al total en la entidad federativa*; y la 12, asociada a la *proporción del total de municipios y delegaciones con disponibilidad de servicios relacionados con los residuos sólidos urbanos respecto al total en la entidad federativa*. El cuarto grupo aglutina a todas las demás; esto es, hasta cierto punto, coincidente con el resultado del ACP, en el cual se contrasta la *infraestructura de gestión de los RSU, salvo disposición final*, que parece marcar una de las diferencias más importantes en este conjunto de datos.

#### 4. Conclusiones, reflexiones y comentarios

Del resultado de la aplicación del ACP y del AC se observa que hay dos dimensiones fundamentales en la gestión de la basura, esto es, la *infraestructura de gestión de los RSU, salvo disposición final*, por un lado, y la *planeación en contraste con la operación en la gestión de los RSU*, por el otro. Por supuesto, la designación de estos nombres de dimensiones fue una decisión por parte de los autores y podría estar sujeta a otro tipo de reflexiones de otros investigadores; sin embargo, lo destacable aquí es que de un fenómeno de 20 dimensiones se generan dos más que son combinaciones lineales de las primeras y que resultan ser las que marcan de manera preponderante el fenómeno de los RSU, con lo cual se simplifica de manera conceptual su comprensión.

A su vez, el hecho de que las entidades federativas se hubiesen contrastado bajo conglomerados en el conjunto formado por el DF, Baja California y Aguascalientes por un lado y las demás entidades

federativas por el otro, nos dice que, a pesar de que se han dado avances en la gestión de los RSU (básicamente en estas tres entidades referidas), existen áreas de oportunidad muy importantes, sobre todo en las del sur del país.

El análisis por supuesto podría no parar aquí y sería posible aplicar otro tipo de herramientas estadísticas que podrían complementar el mostrado en este documento.

#### Fuentes

- Bivand, R., E. Pebesma y V. Gómez-Rubio. *Applied Spatial Data Analysis with R*. Second ed. New York, Springer, 2013.
- INEGI. "Acuerdo por el que se aprueba la inclusión al Catálogo Nacional de Indicadores de un conjunto de indicadores clave en materia de emisiones y residuos", en: *Diario Oficial de la Federación*. México, DF, 2014a. Consultado en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5367561&fecha=07/11/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5367561&fecha=07/11/2014)
- \_\_\_\_\_. *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2013. Módulo 6. Residuos sólidos urbanos*. México, INEGI, 2014b. Consultado en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=21385>
- Johnson, D. *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. México, DF, International Thomson, 2000.
- Johnson, R. y D. Wichern. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Fifth ed. New Jersey, United States of America, 2002.
- Manly, B. *Multivariate Statistical Methods. A Primer*. London, UK, Chapman & Hall, 1984.
- Secretaría de Gobernación. "Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos", en: *Diario Oficial de la Federación*. México, DF, 4 de junio de 2014. Consultado en [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263\\_040614.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_040614.pdf)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). *Guía metodológica para el levantamiento y evaluación de información para efectuar el diagnóstico de la gestión integral de los RSU*. México, SEMARNAT, 2007.
- \_\_\_\_\_. *Informe de la situación del medio ambiente, 2012. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental*. México, SEMARNAT, 2012. Consultado en [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap7\\_residuos.pdf](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap7_residuos.pdf)

### Datos de variables de proporción utilizadas en el análisis

EF	TM	VAR_1	VAR_2	VAR_3	VAR_4	VAR_5	VAR_6	VAR_7	VAR_8	VAR_9	VAR_10	VAR_11	VAR_12	VAR_13	VAR_14	VAR_15	VAR_16	VAR_17	VAR_18	VAR_19	VAR_20
Ags.	11	0.091	0.015	0.182	0.182	0.818	0.182	0.273	0.035	0.009	0.003	0.025	1.000	0.909	0.091	0.013	0.003	0.000	0.636	0.091	0.000
BC	5	0.000	0.000	1.200	0.000	0.000	0.000	0.600	0.053	0.030	0.004	0.038	1.000	1.000	0.000	0.039	0.000	0.189	0.600	1.000	0.000
BCS	5	0.200	0.001	0.000	0.000	0.400	0.200	0.000	0.000	0.009	0.002	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.400	0.400	1.200
Camp.	11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.182	0.000	0.000	0.000	0.005	0.003	0.000	1.000	1.000	0.000	0.005	0.010	0.000	0.364	0.091	0.909
Coah.	38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000	0.024	0.010	0.041	1.000	1.000	0.000	0.035	0.009	0.000	0.553	0.132	0.737
Col.	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.100	0.000	0.000	0.005	0.005	0.000	1.000	1.000	0.000	0.009	0.005	0.000	0.300	0.200	0.400
Chis.	118	0.025	0.011	0.025	0.000	0.008	0.025	0.025	0.027	0.021	0.028	0.027	0.975	0.949	0.025	0.012	0.035	0.016	0.102	0.051	0.856
Chih.	67	0.015	0.001	0.045	0.000	0.015	0.090	0.045	0.027	0.039	0.016	0.026	1.000	0.955	0.045	0.064	0.017	0.002	0.313	0.269	0.701
DF	16	0.875	0.480	0.813	0.000	1.000	0.188	0.750	0.115	0.184	0.102	0.329	1.000	0.000	1.000	0.038	0.298	0.537	0.375	0.000	0.000
Dgo.	39	0.000	0.000	0.051	0.000	0.077	0.026	0.026	0.018	0.009	0.015	0.008	1.000	1.000	0.000	0.013	0.006	0.000	0.103	0.179	0.744
Gto.	46	0.109	0.007	0.000	0.000	0.174	0.065	0.000	0.000	0.027	0.064	0.123	1.000	0.913	0.087	0.061	0.019	0.024	0.543	0.391	0.522
Gro.	81	0.025	0.007	0.012	0.000	0.012	0.062	0.012	0.009	0.015	0.031	0.017	1.000	0.988	0.012	0.017	0.034	0.000	0.062	0.025	0.963
Hgo.	84	0.095	0.021	0.000	0.000	0.143	0.143	0.024	0.018	0.021	0.041	0.011	1.000	0.976	0.024	0.010	0.021	0.050	0.333	0.083	0.845
Jal.	125	0.256	0.046	0.104	0.008	0.232	0.160	0.112	0.124	0.077	0.069	0.036	1.000	0.888	0.112	0.070	0.074	0.028	0.656	0.256	0.608
Méx.	125	0.048	0.023	0.080	0.000	0.016	0.040	0.104	0.133	0.121	0.105	0.049	0.984	0.952	0.032	0.155	0.083	0.037	0.544	0.224	0.488
Mich.	113	0.115	0.038	0.009	0.018	0.088	0.150	0.053	0.027	0.022	0.092	0.044	1.000	0.929	0.071	0.036	0.042	0.008	0.292	0.062	0.912
Mor.	33	0.121	0.005	0.303	0.000	0.030	0.030	0.303	0.088	0.012	0.025	0.009	1.000	0.848	0.152	0.013	0.014	0.000	0.091	0.121	0.424
Nay.	20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	0.150	0.000	0.000	0.011	0.004	0.000	1.000	1.000	0.000	0.006	0.021	0.000	0.150	0.050	0.850

**Datos de variables de proporción utilizadas en el análisis**

EF	TM	VAR_1	VAR_2	VAR_3	VAR_4	VAR_5	VAR_6	VAR_7	VAR_8	VAR_9	VAR_10	VAR_11	VAR_12	VAR_13	VAR_14	VAR_15	VAR_16	VAR_17	VAR_18	VAR_19	VAR_20
NL	51	0.039	0.002	0.118	0.000	0.000	0.020	0.118	0.053	0.037	0.012	0.002	1.000	0.784	0.216	0.068	0.008	0.000	0.275	0.157	0.471
Oax.	570	0.116	0.078	0.007	0.000	0.023	0.086	0.005	0.035	0.027	0.135	0.025	0.847	0.802	0.046	0.013	0.030	0.008	0.070	0.012	0.704
Pue.	217	0.028	0.045	0.028	0.000	0.018	0.051	0.037	0.071	0.042	0.027	0.038	0.986	0.963	0.023	0.085	0.017	0.000	0.051	0.037	0.387
Qro.	18	0.278	0.075	0.167	0.000	0.167	0.056	0.167	0.027	0.020	0.013	0.009	1.000	0.778	0.222	0.024	0.004	0.011	0.333	0.500	0.389
Q. Roo	10	0.200	0.007	0.100	0.000	0.200	0.200	0.100	0.009	0.013	0.006	0.000	1.000	1.000	0.000	0.030	0.003	0.007	0.600	0.400	0.400
SLP	58	0.086	0.020	0.017	0.000	0.017	0.052	0.017	0.009	0.016	0.019	0.027	0.983	0.983	0.000	0.022	0.019	0.000	0.086	0.086	0.793
Sin.	18	0.056	0.004	0.000	0.000	0.222	0.056	0.000	0.000	0.024	0.012	0.007	1.000	1.000	0.000	0.043	0.010	0.003	0.222	0.278	0.778
Son.	72	0.028	0.002	0.028	0.014	0.014	0.083	0.028	0.027	0.027	0.020	0.031	1.000	0.986	0.014	0.034	0.008	0.002	0.125	0.111	0.931
Tab.	17	0.000	0.000	0.059	0.000	0.000	0.000	0.059	0.009	0.019	0.013	0.008	1.000	0.941	0.059	0.001	0.033	0.009	0.353	0.118	0.765
Tamps.	43	0.000	0.000	0.023	0.000	0.093	0.047	0.023	0.009	0.033	0.004	0.000	0.953	0.930	0.023	0.036	0.029	0.001	0.116	0.116	0.860
Tlax.	60	0.033	0.002	0.000	0.000	0.017	0.100	0.000	0.000	0.012	0.009	0.005	1.000	1.000	0.000	0.004	0.016	0.000	0.083	0.017	0.050
Ver.	212	0.061	0.106	0.028	0.000	0.028	0.094	0.028	0.062	0.057	0.052	0.033	0.962	0.934	0.028	0.022	0.087	0.065	0.142	0.085	0.566
Yuc.	106	0.000	0.000	0.019	0.000	0.019	0.085	0.009	0.018	0.012	0.044	0.021	1.000	0.981	0.019	0.016	0.006	0.000	0.066	0.047	0.981
Zac.	58	0.017	0.001	0.000	0.000	0.052	0.103	0.000	0.000	0.017	0.014	0.011	0.983	0.966	0.017	0.006	0.019	0.001	0.138	0.121	0.862
Sum.	2 457	0.079	1.000	0.039	0.002	0.059	0.082	0.042	1.000	1.000	1.000	1.000	0.956	0.908	0.048	1.000	1.000	1.000	0.198	0.097	0.669

**Nota:** se presentan los valores de las proporciones de las variables consideradas en el presente estudio a tres dígitos, aunque el análisis fue llevado a cabo con 12 dígitos de precisión, por lo cual al reproducir el ejercicio es posible que surjan pequeñas discrepancias.

**Fuente:** elaboración propia con datos provenientes de INEGI (2014).



Tabla de correlaciones de las variables de proporción bajo análisis

	VAR_1	VAR_2	VAR_3	VAR_4	VAR_5	VAR_6	VAR_7	VAR_8	VAR_9	VAR_10	VAR_11	VAR_12	VAR_13	VAR_14	VAR_15	VAR_16	VAR_17	VAR_18	VAR_19	VAR_20
VAR_1	1.00	<u>0.40</u>	<u>0.45</u>	0.01	<u>0.75</u>	<u>0.51</u>	<u>0.66</u>	0.09	0.14	0.07	0.26	0.04	<u>-0.90</u>	<u>0.91</u>	0.00	0.24	<u>0.40</u>	0.25	-0.02	-0.37
VAR_2	<u>0.40</u>	1.00	0.17	-0.04	0.24	0.15	0.25	<u>0.92</u>	<u>0.95</u>	<u>0.92</u>	<u>0.98</u>	-0.22	<u>-0.43</u>	<u>0.40</u>	<u>0.88</u>	<u>0.98</u>	<u>0.98</u>	-0.04	-0.15	-0.15
VAR_3	<u>0.45</u>	0.17	1.00	0.04	0.34	-0.04	<u>0.93</u>	0.05	0.04	-0.03	0.12	0.14	<u>-0.49</u>	<u>0.51</u>	-0.03	0.07	0.33	<u>0.34</u>	<u>0.57</u>	-0.62
VAR_4	0.01	-0.04	0.04	1.00	<u>0.54</u>	0.33	0.19	-0.02	-0.05	-0.05	-0.03	0.08	0.00	0.02	-0.04	-0.05	-0.05	0.33	-0.09	-0.34
VAR_5	<u>0.75</u>	0.24	0.34	<u>0.54</u>	1.00	<u>0.61</u>	<u>0.57</u>	-0.01	0.03	-0.04	0.15	0.18	<u>-0.66</u>	<u>0.69</u>	-0.08	0.12	0.26	<u>0.41</u>	-0.04	-0.40
VAR_6	<u>0.51</u>	0.15	0.04	0.33	<u>0.61</u>	1.00	0.12	0.01	0.03	0.03	0.08	0.07	-0.26	0.27	-0.03	0.09	0.11	0.26	-0.11	-0.07
VAR_7	<u>0.66</u>	0.25	0.05	0.19	<u>0.57</u>	0.12	1.00	0.07	0.07	-0.01	0.17	0.16	<u>-0.71</u>	<u>0.74</u>	-0.03	0.13	<u>0.37</u>	<u>0.36</u>	<u>0.36</u>	-0.68
VAR_8	0.09	<u>0.92</u>	0.05	0.07	0.07	0.07	1.00	1.00	<u>0.99</u>	<u>0.98</u>	<u>0.95</u>	-0.21	-0.12	0.08	<u>0.99</u>	<u>0.97</u>	<u>0.90</u>	-0.02	-0.07	-0.07
VAR_9	0.14	<u>0.95</u>	0.04	0.07	0.03	0.03	0.07	0.99	1.00	<u>0.98</u>	<u>0.98</u>	-0.21	-0.17	0.13	<u>0.98</u>	<u>0.99</u>	<u>0.93</u>	-0.02	-0.09	-0.05
VAR_10	0.07	<u>0.92</u>	-0.03	-0.05	-0.04	0.03	-0.01	<u>0.98</u>	<u>0.98</u>	1.00	0.96	-0.30	-0.10	0.05	<u>0.98</u>	<u>0.97</u>	<u>0.89</u>	-0.07	-0.12	0.01
VAR_11	0.26	<u>0.98</u>	0.12	-0.03	0.15	0.08	0.17	<u>0.95</u>	<u>0.98</u>	0.96	1.00	-0.18	-0.29	0.26	<u>0.94</u>	<u>0.99</u>	<u>0.96</u>	-0.01	-0.10	-0.11
VAR_12	0.04	-0.22	0.14	0.08	0.18	0.07	0.16	-0.21	-0.21	-0.30	-0.18	1.00	0.08	0.08	-0.19	-0.21	-0.14	0.33	0.23	-0.10
VAR_13	<u>-0.90</u>	<u>-0.43</u>	<u>-0.49</u>	0.00	<u>-0.66</u>	-0.26	<u>-0.71</u>	-0.12	-0.17	-0.17	-0.29	0.08	1.00	<u>-0.99</u>	-0.03	-0.27	<u>-0.44</u>	-0.08	0.16	0.42
VAR_14	<u>0.91</u>	<u>0.40</u>	<u>0.51</u>	0.02	<u>0.69</u>	0.27	<u>0.74</u>	0.08	0.13	0.05	0.26	0.08	<u>-0.99</u>	1.00	0.00	0.23	<u>0.41</u>	0.13	-0.12	-0.44
VAR_15	0.00	<u>0.88</u>	-0.03	-0.04	-0.08	-0.03	-0.03	0.00	0.03	0.05	0.26	0.08	-0.03	0.00	1.00	<u>0.95</u>	<u>0.86</u>	-0.02	-0.04	-0.02

Anexo 2

Tabla de correlaciones de las variables de proporción bajo análisis

	VAR_1	VAR_2	VAR_3	VAR_4	VAR_5	VAR_6	VAR_7	VAR_8	VAR_9	VAR_10	VAR_11	VAR_12	VAR_13	VAR_14	VAR_15	VAR_16	VAR_17	VAR_18	VAR_19	VAR_20	Concluye
VAR_16	0.24	<u>0.98</u>	0.07	-0.05	0.12	0.09	0.13	<u>0.97</u>	<u>0.99</u>	<u>0.97</u>	<u>0.99</u>	-0.21	-0.27	0.23	<u>0.95</u>	1.00	<u>0.96</u>	-0.04	-0.14	-0.06	
VAR_17	<u>0.40</u>	<u>0.98</u>	0.33	-0.05	0.26	0.11	<u>0.37</u>	<u>0.90</u>	<u>0.93</u>	<u>0.89</u>	<u>0.96</u>	-0.14	-0.44	<u>0.41</u>	<u>0.86</u>	<u>0.96</u>	1.00	0.04	-0.02	-0.22	
VAR_18	0.25	-0.04	0.34	0.33	<u>0.41</u>	0.26	<u>0.36</u>	-0.02	-0.02	-0.07	-0.01	0.33	-0.08	0.13	-0.02	-0.04	0.04	1.00	<u>0.55</u>	-0.36	
VAR_19	-0.02	-0.15	<u>0.57</u>	-0.09	-0.04	-0.11	<u>0.36</u>	-0.07	-0.09	-0.12	-0.10	0.23	0.16	-0.12	-0.04	-0.14	-0.02	<u>0.55</u>	1.00	-0.28	
VAR_20	<u>-0.37</u>	-0.15	<u>-0.62</u>	-0.34	<u>-0.40</u>	-0.07	<u>-0.68</u>	-0.07	-0.05	0.01	-0.11	-0.10	<u>0.42</u>	<u>-0.44</u>	-0.02	-0.06	-0.22	<u>-0.36</u>	-0.28	1.00	

**Nota:** presenta las correlaciones entre las variables de proporción; aquellos valores que han sido subrayados presentan un valor  $p$  menor a 0.05.

**Fuente:** elaboración propia con resultados generados en Minitab® y R.