

## ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE MEXICALI, MÉXICO

Aurora FIERRO OCHOA<sup>1</sup>, Carolina ARMIJO DE VEGA<sup>2</sup>, Otoniel BUENROSTRO DELGADO<sup>3</sup> y Benjamín VALDEZ SALAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Benito Juárez y calle de la Normal s/n, 21280, Mexicali, Baja California, México; aurora@uabc.edu.mx

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Ensenada, Universidad Autónoma de Baja California, Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada, 22860, Ensenada, Baja California, México

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Avenida San Juanito Itzicuaró s/n, 58330, Morelia, Michoacán, México

(Recibido marzo 2009, aceptado agosto 2010)

Palabras clave: caracterización de residuos, minimización de residuos, residuo orgánico, disposición de residuos sólidos, mercado

### RESUMEN

El artículo 28 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos establece que los grandes generadores de residuos sólidos están obligados a formular y ejecutar planes de manejo. Sin embargo, se encontró que los supermercados de diversas cadenas –locales, regionales y nacionales–, localizados en la ciudad de Mexicali, Baja California, México carecen de este plan. Se adecuó la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-019-1985 (SECOFI 1985a) para realizar la caracterización *in situ* en tres supermercados; se observó que los residuos que se generan en mayor cantidad en los tres supermercados son el cartón con 10 239 kg/semana y los residuos orgánicos con 6728 kg/semana. Se encontró una diferencia en la composición de residuos orgánicos, en tanto en uno de los supermercados se genera en mayor cantidad el cebo de carne, mientras que en los otros dos son verduras y frutas. Los residuos orgánicos entre los tres supermercados representan aproximadamente 23 % del total de la basura generada. Una vez concluida la caracterización, se comparó con el diagnóstico previo realizado a través de la aplicación de una encuesta a los encargados de cada supermercado, evidenciándose un profundo desconocimiento en cuanto al tipo y la cantidad de residuos que generan diariamente.

Keywords: waste characterization, waste minimization, organic waste, solid waste disposal, market

### ABSTRACT

The Article 28 of the “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos” establishes that the companies that produce large amounts of solid wastes are forced to follow handling plans. Nevertheless, it was found that such plans do not exist in several local, regional and national supermarket chains in Mexicali, Baja California. The Official Mexican Norm for *in situ* characterization of residues, NOM-AA-019-1985 (SECOFI 1985a), was modified and used in three supermarkets. In the three supermarkets it was observed that the largest amounts of wastes are cardboard boxes with 10 239

kg/week, and organic wastes with 6728 kg/week. A difference in the composition of the organic wastes was observed: in one supermarket, the largest amount is conformed by meat bait, while in the other two it is vegetables and fruits. Organic wastes represent approximately 23 % of the total generated wastes in all three supermarkets. The data from the characterization were compared with those obtained from a survey answered by the managers of the same supermarkets. A deep lack of knowledge regarding the type as well as the amount of daily generated wastes was found.

## INTRODUCCIÓN

El manejo de los residuos sólidos (RS) en México representa un problema debido a diversos factores, como la falta de información básica, recursos económicos limitados para explorar sistemas y tecnologías adecuadas de tratamiento de residuos e insuficiencia en su recolección, entre otras (Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental 2003).

En el plano normativo se están realizando esfuerzos para que todos los generadores de residuos enfrenten la parte de responsabilidad que les corresponde para manejar sus propios residuos (SEMARNAT 2001). Sin embargo, para hacer frente a este principio de responsabilidad compartida, es necesario contar con información básica sobre tasas de generación así como las características de los residuos. Con esta información será posible la planeación y gestión adecuada de los RS (SEMARNAT 2006).

En la ciudad de Mexicali se han realizado diversos estudios de generación de residuos en el sector domiciliario (Ojeda *et al.* 2008) y un análisis de RS en una institución universitaria (Armijo 2008). Sin embargo, en el sector comercial (Fernández 2007), más específicamente supermercados, se desconocen las cantidades de RS generados. En esta investigación se propone desarrollar una metodología de evaluación para conocer la composición de los RS y planear una mejor gestión; esto también servirá para que el municipio de Mexicali cumpla con lo dispuesto en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos, con el diseño del plan de manejo municipal de RS (SEMARNAT 2003).

El artículo 12 de la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos para el Estado de Baja California, señala que los grandes generadores de residuos están obligados, entre otras cosas, a registrarse ante la autoridad estatal competente, establecer planes de manejo para los residuos que manejen, llevar una bitácora anual del volumen y tipo de residuos generados anualmente, las formas de manejo a las que fueron sometidos los residuos y conservar durante dos años la bitácora (Secretaría de Protección al Ambiente de Baja California 2007).

El supermercado es un establecimiento minorista de venta de productos de gran consumo (alimentación seca, perecederos, aseo personal, limpieza del hogar) que utiliza la técnica de venta en autoservicio (Campayo 2002) y cuya superficie oscila entre 501 a 4500 m<sup>2</sup> (ANTAD 2008). En la ciudad de Mexicali se encuentran grandes cadenas nacionales como Soriana y Mega Comercial; también se encuentran cadenas regionales como Casa Ley, Calimax y cadenas locales como Ferbys, entre otras (Fierro 2008).

Los residuos generados en estos establecimientos se componen, en su mayor parte, por restos alimenticios de origen vegetal y animal, y en general por productos o materias orgánicas que se descomponen en un tiempo muy corto generando malos olores y fauna nociva, por lo que requieren de una rápida recolección (INAP 1986). Sin embargo, los residuos inorgánicos que se generan, como plástico, aluminio, papel y la mayoría de los empaques, en la actualidad es posible aprovecharlos nuevamente por medio del reciclaje (SEDESOL 2001), que es la mejor opción para el cuidado del ambiente y evitar efectos dañinos a la salud de la población.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación constó de cuatro partes: 1) delimitación del universo generador de residuos del sector de los supermercados, 2) herramientas utilizadas para gerentes de supermercados y recolectores de residuos, 3) cuantificación de los RS y 4) análisis de resultados.

### Delimitación del universo generador

Se elaboró un padrón de supermercados de la ciudad de Mexicali, Baja California. Se determinó que el tamaño de la población es de 42 supermercados, logrando encuestar a 39 encargados, con un error estándar de 0.013 (Hernández 2003).

Un supermercado es un sistema de ventas al consumidor que exhibe productos y artículos en forma abierta, clasificándolos por categorías y tipos, principalmente abarrotes, perecederos, ropa y mer-

cancias generales. Ofrecen la mayor atención con la menor intervención del personal y un área para el pago de los clientes, con sistemas punto de venta a la salida y cuya superficie oscila de 501 a 4500 m<sup>2</sup> (ANTAD 2008).

### Herramientas utilizadas para gerentes de supermercados y recolectores de residuos

Se aplicó una encuesta de 26 preguntas con el objeto de identificar si los encargados tienen conocimiento acerca de las características y cantidades de RS que se generan en la sucursal a su cargo. La encuesta se aplicó a los encargados de las 39 sucursales de supermercados que cumplieron con los requisitos.

Se aplicó una segunda encuesta dirigida a recolectores de residuos en supermercados a fin de conocer la cantidad de residuos que recolectan, así como su destino final. Este instrumento se aplicó a 26 operadores de camión empleados por alguna compañía, a 25 recolectores particulares, a 22 pepenadores (recolectan residuos dentro del contenedor, sin autorización del supermercado) y a cuatro recolectores que pertenecen al centro de rehabilitación Nuevo Amigo A. C. (recolectan dentro del supermercado con autorización de la empresa).

### Cuantificación de los RS

Se entrevistó (Ávila 2006) a cada gerente de operaciones regional de cada una de las cadenas de supermercados localizadas en Mexicali, con la finalidad de solicitar su autorización para llevar a cabo la cuantificación de los RS generados. Esto se realizó en tres sucursales de supermercados, pertenecientes cada uno a una cadena local, una regional y una nacional.

La caracterización se realizó con una balanza en el sitio de disposición temporal de residuos dentro de cada supermercado, donde cada jefe de Departamento dejaba los residuos generados antes de ser depositados en el contenedor. Los residuos se separaron por subproducto y se colocaron en la báscula, restando la tara; los resultados se anotaron en una hoja de registro, siguiendo el formato de registro de subproductos de la Norma NMX-AA-022-1985 (SECOFI 1985b). La adecuación del formato se realizó de acuerdo a la predominancia del tipo de residuos que se encontraron, ya que algunos rubros contemplados en el formato de registro de la Norma estuvieron ausentes o las cantidades encontradas fueron mínimas (Buenrostro 1999). De esta manera, se analizaron todos los residuos generados en una jornada de actividades dentro de cada supermercado.

Se utilizó una báscula de piso con capacidad de 50 kilogramos, guantes de carnaza, mascarillas, lentes

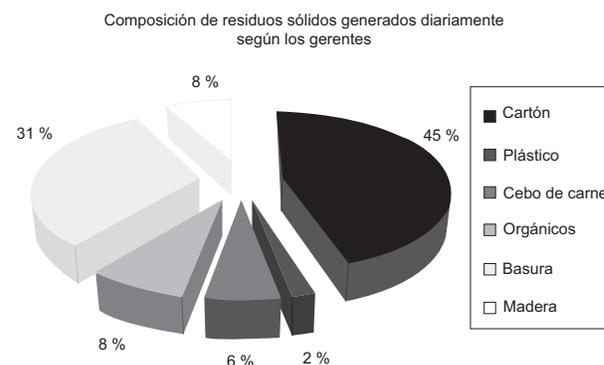
plásticos, mandil de vinil, escoba, recogedor, desinfectante para manos y papelería (SECOFI 1985b).

### Análisis de resultados

Para obtener los datos se aplicaron diversas encuestas, se utilizaron herramientas estadísticas descriptivas (Schmelkes 1998, Díez 2008). Todos los datos generados se tabularon utilizando Microsoft Office Excel 2007, para posteriormente analizarlos. El porcentaje en peso de cada uno de los subproductos se determinó con base a la fórmula  $PS = (GL/G) \times 100$ , donde PS = porcentaje del subproducto considerado, GL = cantidad de subproducto en kg, G = cantidad total de la muestra en kg.

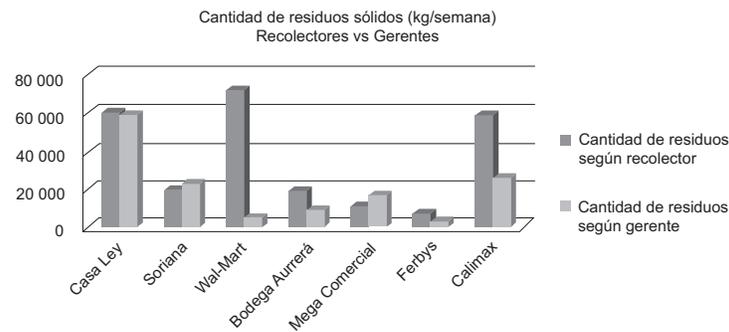
## RESULTADOS

Los gerentes de las 39 sucursales a quienes se aplicaron las encuestas respondieron que el residuo que genera en mayor proporción es el cartón con 45 % y proporcionaron el peso aproximado de RS, representando 31 % (Fig. 1). Sin embargo, desconocen cuáles son los residuos que se consideran basura, así como el porcentaje correspondiente a basura orgánica e inorgánica, ya que ellos no separan ni pesan los desechos.



**Fig. 1.** Porcentaje en peso por tipo de residuo sólido generado en supermercados, según gerentes de diversas sucursales, localizadas en la ciudad de Mexicali. (Fuente: resultados obtenidos de aplicación de encuestas a gerentes de supermercados)

Al comparar las cantidades de residuos que se generaron entre las diferentes cadenas de supermercados, según los datos proporcionados por los gerentes y los recolectores, se encontró que de las siete cadenas localizadas en la ciudad de Mexicali (Fig. 2), Casa Ley es muy similar en cuanto a la cantidad de residuos producida y las estimaciones. Por



**Fig. 2.** Comparación de la cantidad total de residuos generados por cadena de supermercados localizados en Mexicali; estimaciones según recolectores y gerentes

el contrario, en las cadenas Calimax, Ferbys, Bodega Aurrerá y Wal-Mart se encontró que la estimación de residuos proporcionada por los recolectores es mayor.

Durante la evaluación en tres sucursales de supermercados –correspondientes a una cadena local, una regional y una nacional–, se encontró que existe una diversidad de residuos sólidos que se generan en cada una de las sucursales y su manejo difiere de una a otra.

En el supermercado de cadena regional, la mayor parte de los residuos que se generan –salvo el cartón, cajas de cartón enceradas, algunas cajas de plástico y cajas de madera–, el 55 % restante se mezcla con otros residuos y lo tiran en el contenedor. Incluso productos que ellos consideren de merma, son desechados antes de caducar.

Los residuos de frutas, verduras, carnes, pescados y embutidos son despedazados con una pala y dispuestos en un contenedor junto con insecticidas y productos de cuidado personal. El contenedor en esta sucursal se encuentra afuera del área de recibo, donde se observó en repetidas ocasiones a “pepenadores” que trataban de obtener del mismo

algunos residuos comestibles. El contenedor es un compactador, el cual posee un desagüe de lixiviados que se van directamente al drenaje; el desagüe es bombeado por lo menos dos veces a la semana ya que se tapa.

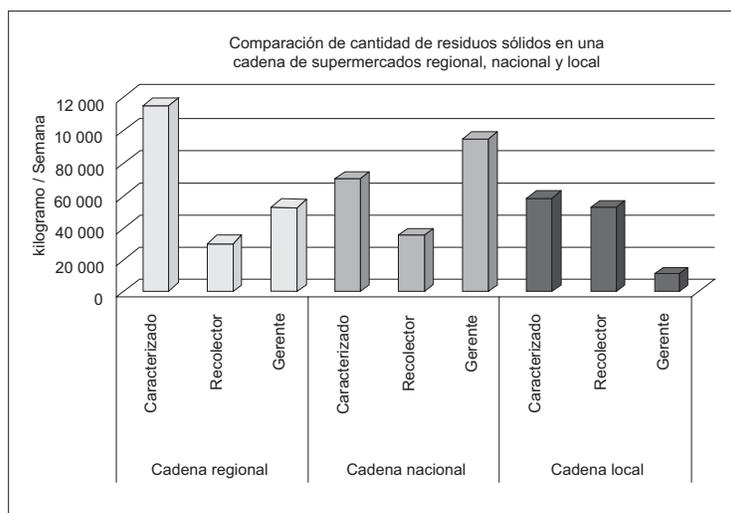
En el supermercado de cadena local, el residuo que más se genera es el cebo de carne, el cual es recolectado por una empresa para ser reutilizado como aceites y venderlo a otras compañías para fabricar comida para perros y producir jabón. En cuanto a los residuos de frutas y verduras todavía en buen estado, son donados a centros de rehabilitación, al igual que en el supermercado de cadena nacional.

Después de conocer los tipos de residuos sólidos que generan en cada una de las sucursales en las que se realizó la cuantificación, se procedió a comparar las cantidades de RS que los gerentes mencionaron que se generaban en la sucursal a su cargo y lo que se encontró después de la revisión de los residuos. En el **cuadro I** se muestra un comparativo entre la información proporcionada por el gerente del supermercado y la caracterización *in situ* (kg/semana).

**CUADRO I.** RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO (COMPARATIVO ENTRE LA INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL GERENTE DEL SUPERMERCADO Y LA CARACTERIZACIÓN *in situ*, KILOGRAMOS/ SEMANA)

Tipo de residuo	Supermercado cadena regional		Supermercado cadena local		Supermercado cadena nacional	
	Información del gerente	Cantidad caracterizada	Información del gerente	Cantidad caracterizada	Información del gerente	Cantidad caracterizada
Cartón	5250	5375	400	1342.5	2800	3521.65
Madera	Desconoce	6.93	Desconoce	76.73	Desconoce	3447.89
Plásticos	Desconoce	338.65	Desconoce	27.67	150	225.89
Orgánico	Desconoce	4181.99	250	711.31	2100	1834.81
Cebo de carne	Desconoce	95.63	150	3624.9	200	215.08
Basura	1000	1925.04	300	1032.52	2100	1139.58

Fuente: encuestas aplicadas a gerentes de tres sucursales y caracterización *in situ*



**Fig. 3.** Comparación de cantidad de residuos sólidos generada según recolectores, gerentes de supermercados y la caracterizada *in situ* en tres supermercados

En la **figura 3** se muestran las diferencias en cantidad de residuos según tres fuentes: recolectores, gerentes o encargados de sucursales y la caracterización realizada en tres sucursales de cadenas diferentes. Se observa que en las cadenas de supermercados regional y local existe una gran diferencia entre las cantidades de residuos señaladas por los gerentes y recolectores con respecto a la medición realizada, lo cual indica el desconocimiento de la generación y composición de los residuos. En la cadena de supermercado nacional, la cantidad caracterizada de residuos es menor que lo indicado por el gerente de la sucursal; esto se debe a que los empleados anotan cantidades mayores de residuos de las que realmente tiran al contenedor.

Los residuos, generalmente frutas y verduras, que representan aproximadamente el 8 %, así como algunas mermas, son colocados debajo de las cajas y en la parte superior colocan orgánicos en mal estado. El guardia a su vez sólo se encarga de revisar el cuerpo del empleado y observa de manera superficial lo que se desecha en el contenedor.

## CONCLUSIONES

El análisis de generación determinó una subestimación, por parte de los gerentes de sucursales, de las cantidades de residuos sólidos producidas en los sitios de estudio.

El análisis de generación determinó una diferencia en la cantidad y composición de los residuos sólidos entre las diferentes tiendas objeto de estudio, lo cual confirma la influencia del tipo de bienes comercia-

lizados y el monto de ventas en la generación de los residuos sólidos.

Alrededor del 70% de los residuos sólidos que se producen en el área de estudio son materiales susceptibles de reciclar.

Las Normas Oficiales Mexicanas NMX-AA-015-1985 (SECOFI 1985c) y la NMX-AA-019-1985 (SECOFI 1985a) no son aplicables para muestrear y cuantificar los residuos sólidos que se producen en estos sitios.

## DISCUSIÓN

Los gerentes de los supermercados desconocen las cantidades y tipos de residuos que generan, ya que una vez comparada con la caracterización *in situ*, existe gran diferencia en la información proporcionada por éstos con la medición que se realizó. En ninguno de los tres supermercados pesan la basura, y consideran algunos residuos que pueden ser reciclados, como los diferentes tipos de plásticos (PET, film, envoltura), aluminio y diversos tipos de papel, como basura que depositan sin ningún control al contenedor.

El 4 % de todos los residuos generados en las tres sucursales de supermercados son los que deberían de llegar al relleno sanitario, siempre y cuando los demás materiales se separen correctamente para su reutilización y reciclaje.

Los gerentes de cada uno de los supermercados deben contar con un directorio actualizado de las empresas dedicadas a la recolección por tipo de

residuo, ya que se encontró que desconocían que podían vender algunos de los residuos que generan. Así mismo deben estar informados de las características que deben poseer los residuos al momento de la separación para que sean aceptados por las recicladoras.

No fue posible muestrear los residuos de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-015-1985 debido a que se dificulta homogenizar los residuos y tomar una muestra uniforme (SECOFI 1985c). Por esta razón, se decidió realizar un muestreo *in situ*, adecuando la Norma NMX-AA-019-1985 para obtener el peso de los residuos en kilogramos en lugar del peso volumétrico ( $\text{kg/m}^3$ ) (SECOFI 1985a). La decisión obedece a que los gerentes de los supermercados no accedieron a que se compactaran los residuos y a esperar que se llenara un recipiente de volumen conocido, en tanto deben colocar la basura en el contenedor conforme se genera.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada. Asimismo, se agradece al oceanólogo Enrique Villegas Ibarra, Director de Ecología del municipio de Mexicali, el apoyo brindado para la ejecución de este estudio, así como la información proporcionada. De igual manera, se agradece a las empresas que autorizaron que se realizara la caracterización en sus instalaciones. Se agradece a la Dra. Ana Luz Quintanilla Montoya, al Dr. Michael Schorr Wiener, al Dr. Nicola Radnev Nedev, a la Arq. Claudia Jacobo Alatríste y a estudiantes colaboradores el apoyo brindado.

### REFERENCIAS

- Armijo C., Ojeda S. y Ramírez E. (2008). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. *Waste Manage.* 28, S21-S26.
- ANTAD (2008). Directorio de asociados de ANTAD. Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales de México.
- Ávila H. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación*. Edición electrónica. [www.eumed.net/libros/2006c/203/](http://www.eumed.net/libros/2006c/203/). Fecha de consulta: 27 de marzo, 2008.
- Buenrostro O., Bernache G., Cram S. y Bocco G. (1999). Análisis de la generación de residuos sólidos en los mercados municipales de Morelia, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 15, 27-32.
- Campayo C. (2002). Los supermercados y su entorno en las distintas zonas urbanas. *Distribución y consumo.* 66, 61-75.
- Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental (2003). *La basura en el limbo: Desempeño de gobiernos locales y participación privada en el manejo de residuos urbanos*, 98 pp.
- Díez R., Coll V. y Blasco O. M. (2008). *Guía didáctica de estadística descriptiva para las ciencias sociales*. Universidad de Málaga, 298 pp.
- Fernández A. y Sánchez M. (2007). Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). [www.unido.org/fileadmin/import/72852\\_Gua\\_Gestin\\_Integral\\_de\\_RSU.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/72852_Gua_Gestin_Integral_de_RSU.pdf). Fecha de consulta: 8 de febrero, 2008.
- Fierro A., Armijo C., Taboada P., Aguilar Q. y Bravo M. (2008). Problemática de la generación de residuos sólidos en supermercados de la ciudad de Mexicali, Baja California. XVI Congreso de ingeniería sanitaria y ciencias ambientales. DF, México, 21-26.
- Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (2003). *Metodología de la investigación*. 3a ed. Mc Graw Hill. Ciudad de México, 501 pp.
- INAP (1986). Guía Técnica 19. Administración de los residuos sólidos en el municipio. Instituto Nacional de Administración Pública. Ciudad de México, 43 pp.
- Ojeda S., Lozano G., Morelos R. y Armijo C. (2008). Mathematical modeling to predict residential solid waste generation. *Waste Manage.* 28, S7-S13.
- Schmelkes C. (1998). *Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación*. 2a ed. Oxford. Ciudad de México, 206 pp.
- SECOFI (1985a). Norma Mexicana NMX-AA-019-1985. Protección al ambiente; contaminación del suelo; residuos sólidos municipales; Peso volumétrico “*in situ*”. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas.
- SECOFI (1985b). Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente; contaminación del suelo; residuos sólidos municipales; Selección y cuantificación de subproductos. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas.
- SECOFI (1985c). Norma Mexicana NMX-AA-015-1985. Protección al ambiente; contaminación del suelo; residuos sólidos municipales; muestreo; método de cuarteo. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas.
- SEDESOL (2001). Manual para el establecimiento de un programa regional de reciclaje. Secretaría de Desarrollo Social. México D. F., 52 pp.
- SEMARNAT (2001). Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F., 228 pp.

SEMARNAT (2003). Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos y su reglamento. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 8 de Octubre, 2003. México D. F., 214 pp.

SEMARNAT (2006). Guía para la elaboración de programas municipales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D. F., 50 pp.

Secretaría de Protección al Ambiente de Baja California. (2007). Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos para el Estado de Baja California. Periódico Oficial No. 40, Tomo CXIV. 28 de Septiembre, 2007. Mexicali.