

**Estadísticas e indicadores de inversión  
sobre residuos sólidos municipales  
en los principales centros urbanos  
de México**



**ESTADÍSTICAS E INDICADORES  
DE INVERSIÓN SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS  
MUNICIPALES EN LOS PRINCIPALES  
CENTROS URBANOS DE MÉXICO**

Julia Carabias Lillo  
*Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca*

Enrique Provencio Durazo  
*Presidente del Instituto Nacional de Ecología*

Jorge Sánchez Gómez  
*Director General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas*

Coordinación editorial:  
Raúl Marcó del Pont

Agradecemos el apoyo de Santaló,  
Estudios y Proyectos S. A. de C. V.  
para la publicación de este texto

© Primera edición: noviembre de 1997  
Instituto Nacional de Ecología  
Av. Revolución 1425, Col. Tlacopac. nivel 39,  
Deleg. Álvaro Obregón, C. P. 01040, México, D.F.  
Tel: (5) 624-35-51 y 52. Fax: (5) 624-35-69 y 96  
Correo electrónico: pmarco@ine.gob.mx

El cuidado de esta edición estuvo a cargo de la Coordinación  
de Participación Social y Publicaciones del Instituto Nacional de Ecología

Impreso y hecho en México/Printed in Mexico

# Índice

Introducción .....	5
I Regionalización de localidades a considerar .....	7
II Actualización al año 2010 de la estadística nacional de población para un periodo de 15 años .....	11
III Generación y composición de los residuos sólidos municipales .....	21
IV Cuantificación del potencial contaminante de los residuos sólidos municipales .....	37
V Vulnerabilidad geohidrológica del medio físico .....	45
VI Requerimientos de equipamiento e inversión .....	47
VII Indicadores de inversión .....	57



# Introducción

Dentro del *Programa de Medio Ambiente 1995-2000* formulado por el Gobierno Federal Mexicano, así como dentro del Programa Frontera XXI, se establecen como estrategias y prioridades, entre otras, el promover una concurrencia ordenada entre federación, estados y municipios en lo que se refiere a manejo de residuos sólidos, el buscar mejorar las prácticas de su manejo y disposición y el fortalecer la capacidad y experiencia institucional a este respecto.

Dentro de este contexto, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología, en un esfuerzo por promover el desarrollo de los sistemas para el manejo de los residuos sólidos municipales, decidió elaborar una publicación con información confiable y actualizada a nivel nacional, que sirva de base para la estructuración de programas, proyectos y planes estratégicos para el control de éstos en los principales centros urbanos del país.

Para ello, la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas del INE, contrató mediante licitación previa, a la empresa Santaló Estudios y Proyectos, S.A. de C.V., para realizar un estudio completo al respecto, y se dio a la tarea de estandarizar y actualizar la información existente en cuanto a proyecciones de población, generación *per capita* y total de residuos sólidos municipales, tomando en cuenta todos los estudios y proyectos realizados hasta la fecha sobre el tema; para que con esta información pudieran definirse los requerimientos de equipo y necesidades de inversión, tanto para el sistema de transporte y recolección, como para el de disposición final.

El estudio citado, del cual el presente documento constituye un resumen ejecutivo, comprendió las siguientes facetas: 1. regionalización de la República Mexicana y definición de las localidades a considerar; 2. actualización y proyección al año 2010 de la estadística nacional de población para las localidades consideradas; 3. cuantificación y tipificación de los residuos sólidos municipales generados en las localidades elegidas; 4. determinación de la carga potencial contaminante de los residuos sólidos municipales en las ciudades seleccionadas; 5. análisis de gran visión de la vulnerabilidad geohidrológica del medio físico; y 6. definición de requerimientos de equipos e instalaciones con el propósito de determinar las necesidades de inversión.



# I

---

## **Regionalización de localidades a considerar**

**P**ara el siguiente análisis se realizó una zonificación del país por medio de sus características geográficas, con el objeto de obtener indicadores generales que puedan utilizarse en localidades con carencia de información. Tales indicadores regionales se emplean para establecer índices de generación de residuos sólidos, composición porcentual de subproductos y, finalmente, necesidades de inversión.

La zonificación consistió en dividir la República Mexicana en cinco grandes regiones, a efecto de facilitar la integración y el tratamiento de la información. La regionalización establecida se muestra a continuación:



- *Región Fronteriza*. Definida dentro de la franja de 100 km hacia el interior de la República Mexicana, a lo largo de la frontera norte con los EUA. Abarca 11 de las ciudades analizadas.
- *Región Norte*. Conformada por los estados de Baja California, Coahuila, Sonora, Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas, Baja California Sur, Durango, San Luis Potosí, Sinaloa y Zacatecas. Contiene 33 ciudades de las comprendidas por el estudio.
- *Región Occidente*. Que comprende: Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán y Nayarit (22 ciudades).
- *Región Centro*. Cuyas entidades son: D. F., Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala (34 ciudades).
- *Región Sureste*. Que abarcará los estados de: Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz, Tabasco y Yucatán (18 ciudades).

Definida la regionalización del país, se procedió a identificar las ciudades que formarían parte del análisis. En principio, se incluyeron aquellas localidades que cuentan con más de 100,000 habitantes. Se agregaron, además, aquellas que, aunque con menor población en la actualidad, pueden llegar a dicha cifra en el corto o mediano plazos.

De manera adicional, se optó por incluir poblaciones que presentan cierta importancia regional; ya sea industrial, económica, turística, política, etc.

Es conveniente aclarar que se estableció dicho límite poblacional para efectos del análisis, debido a que poblaciones menores, salvo raras excepciones, demandan estrategias y soluciones distintas a las aplicadas en localidades medias; sobre todo aquellas que emplean técnicas y procedimientos de los llamados no convencionales.

Así pues, el estudio abarcó las 118 ciudades de mayor importancia en la República Mexicana; tanto desde el punto de vista meramente poblacional, como por las actividades en ellas desarrolladas.

Una vez contando con la regionalización y el universo de las ciudades a incluir en el análisis, se definieron las fuentes necesarias para la obtención de información. Los datos recopilados inicialmente se basaron en los tres últimos censos de población y vivienda por localidad, a fin de determinar sus tendencias de crecimiento. Posteriormente, se consultaron estudios de generación de residuos sólidos, realizados directamente en las localidades, así como estudios especiales que aportaron datos adicionales relativos a las características de los residuos generados. Alrededor de 30 ciudades de las consideradas, contaban con estudios previos con diferente grado de detalle.

Adicionalmente, se obtuvo información de otras fuentes, tales como: planes estatales y locales de desarrollo, tasas locales de crecimiento, climas predominantes, actividades económicas importantes de cada localidad y región. Asimismo, y como

punto de comparación, se consultaron datos publicados por organismos internacionales relativos a la República Mexicana y a Latinoamérica.





## II

---

# Actualización al año 2010 de la estadística nacional de población para un periodo de 15 años

**P**ara poder establecer la generación esperada de residuos sólidos municipales para un periodo de 15 años, en primer término se determinaron los niveles poblacionales de cada una de las ciudades, así como la tasa esperada de crecimiento.

Las estimaciones poblacionales se basaron en los resultados de los Censos de Población y Vivienda de 1970, 1980 y 1990. Asimismo, se utilizó información respecto a las tasas de crecimiento; empleándose como dato concreto el ofrecido por el Consejo Nacional de Población (CONAPO).

En los casos en que no se contó con dicho dato, la tasa de crecimiento esperada tomó en consideración tres factores. En primer lugar, las de crecimiento histórico de 1970 a la fecha; adicionalmente, las tasas de nacimientos, de defunciones y de inmigración-emigración y, por último, los flujos de población del campo a las ciudades.

Para efectos de análisis se creó un modelo que utiliza los valores actuales de tasas de crecimiento poblacional, y que ajusta hacia el futuro las tasas netas de crecimiento para cada localidad. En general, se utilizó un modelo de extrapolación hiperbólica.

Dicho modelo consiste en establecer una función que represente las tasas esperadas de crecimiento para los próximos años.

Como es sabido, según las proyecciones del CONAPO, en aproximadamente 20 años las tasas de crecimiento deberán de estabilizarse en cifras de alrededor del 1.4% anual. Por lo tanto, la función de extrapolación que represente dicho crecimiento, deberá permanecer constante o prácticamente constante, a partir del punto donde se cumplan los 20 años mencionados.

Se sabe que la hipérbola es una función cónica que permanece asíntota a un par de ejes dados. De lo anterior se desprende que si se utiliza la derivada de la hipérbola como la tasa de crecimiento para una población dada, en cierto punto de la función, dicha derivada se mantiene prácticamente constante e igual a la pendiente de la asíntota correspondiente.

Es por ello que se empleó la función mencionada como proyección de la tasa de crecimiento poblacional y, por lo tanto, de los niveles de población para cada localidad.

La ecuación general de la hipérbola es la siguiente:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

Si las tasas actuales y esperadas de crecimiento poblacional se consideran como las derivadas de una ecuación como la anterior, bastan para establecer los parámetros  $a$  y  $b$  de la misma. Con base en ello pueden establecerse cuáles son las tasas año con año, y después determinar los niveles poblacionales.

Despejando  $y$  de la ecuación anterior se tiene:

$$y = \frac{a}{b} \sqrt{x^2 - a^2}$$

Ahora, la ecuación de la recta asíntota es:

$$y = \frac{bx}{a}$$

y la ecuación de la derivada de la hipérbola es:

$$y' = \frac{bx}{a\sqrt{x^2 - a^2}}$$

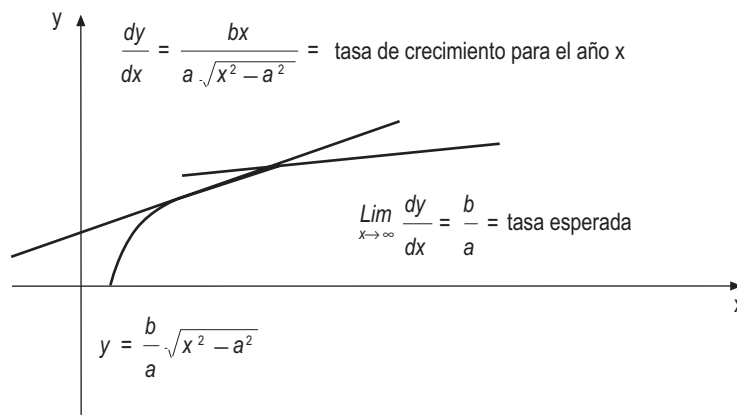
Así pues, si se conocen las derivadas de la ecuación en dos puntos distintos  $y_1$  y  $y_2$  (tasa actual y tasa esperada de crecimiento) para dos abscisas  $x_1$  y  $x_2$  (año de inicio y año del final de la estimación) los parámetros finalmente pueden calcularse de la siguiente forma:

$$a = x_1 x_2 \sqrt{\frac{y_1^2 - y_2^2}{x_2^2 y_1^2 - x_1^2 y_2^2}}$$

$$b = \frac{x_1 x_2 y_1 y_2 \sqrt{(x_2^2 - x_1^2)(y_1^2 - y_2^2)}}{(x_2 y_1 - x_1 y_2)(x_2 y_1 + x_1 y_2)}$$

La representación gráfica del modelo descrito se muestra en seguida:

**Gráfica 2.1**  
**Representación gráfica del modelo de proyección**



Llevando a cabo la aplicación del modelo comentado, se obtuvieron las proyecciones poblacionales para las 118 ciudades analizadas. Tales proyecciones se muestran, para cada región, en las tablas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, y 2.5

Valga antes comentar que la población de las 118 localidades consideradas representó en 1995 el 52.5% de la población total del país; mientras que la población de tipo rural (situada en localidades con menos de 2,500 habitantes) alcanzó el 26.5%

del total. Las cifras anteriores implican, por tanto, que el 21% restante de la población nacional se sitúa en localidades urbanas pequeñas que, como se mencionó anteriormente, demandan estrategias y soluciones distintas a las aplicadas en ciudades medias y grandes como las incluidas en el presente análisis.

**Tabla 2.1**  
**Proyecciones de población para las localidades**  
**consideradas en la región fronteriza**

Localidades	Población 1997	Población 2000	Población 2005	Población 2010
Ensenada	314,241	336,666	373,931	411,946
Cd. Juárez	943,320	1,005,581	1,112,116	1,222,866
Matamoros	365,673	391,570	434,734	478,845
Mexicali	720,945	770,932	854,928	941,208
Nogales	130,063	139,258	154,594	170,273
Nuevo Laredo	248,141	260,970	283,751	308,072
Reynosa	340,732	364,244	402,710	441,513
Río Bravo	105,413	110,386	118,955	127,865
San Luis Río Colorado	133,648	143,196	159,055	175,230
Tijuana	903,867	963,595	1'082,200	1'192,611
Piedras Negras	117,295	125,524	139,651	154,390
<b>Total</b>	<b>4'323,338</b>	<b>4'611,922</b>	<b>5'116,625</b>	<b>5'624,819</b>

**Tabla 2.2**  
**Proyecciones de población para las localidades**  
**consideradas en la región norte**

Localidad	Población 1997	Población 2000	Población 2005	Población 2010
Apodaca	151,120	164,909	187,408	210,266
Cajeme	365,703	389,260	429,914	472,431
Chihuahua	639,755	686,487	766,536	849,993
Cd. Cuauhtémoc	129,778	137,295	150,328	163,985
Cd. Madero	186,155	197,563	217,582	238,779
Cd. Mante	138,768	148,303	164,380	180,930
Cd. Valles	156,677	167,182	184,439	201,881
Cd. Victoria	251,682	269,719	299,643	330,138
Culiacán	758,600	821,806	926,075	1,032,406
Delicias	121,581	129,328	142,909	157,285
Durango	506,896	544,426	605,878	668,025
Fresnillo	196,980	212,437	238,542	265,535
General Escobedo	124,091	134,508	151,640	169,081
Gómez Palacio	284,860	305,909	340,403	375,302
Guadalupe	98,198	104,911	116,541	128,752
Guaymas	152,801	162,961	180,300	198,293
Hermosillo	551,523	592,657	659,808	727,603
Hidalgo del Parral	104,536	110,822	122,161	134,451
La Paz	195,778	209,991	233,451	257,285
Los Mochis	322,228	347,212	387,335	427,482
Mazatlán	383,767	411,960	458,271	505,191
Monclova	217,936	234,049	260,448	286,154
Monterrey	1'232,390	1'305,248	1'434,557	1'572,718
Navjoa	149,095	159,752	176,933	194,122
Saltillo	542,303	582,888	649,050	715,792
San Luis Potosí	594,936	640,095	717,310	797,782
San Nicolás de los Garza	531,921	573,635	646,593	723,972
San Pedro Garza García	127,131	133,238	143,697	154,520
Santa Catarina	208,502	227,143	258,211	290,175
Soledad de Graciano	166,921	180,454	202,574	224,979
Tampico	304,490	318,477	342,789	368,245
Torreón	550,882	589,116	653,339	719,290
Zacatecas	132,965	143,181	160,373	178,095
<b>Total</b>	<b>10'580,948</b>	<b>11'336,922</b>	<b>12'609,418</b>	<b>13'920,938</b>



**Tabla 2.3**  
**Proyecciones de población para las localidades**  
**consideradas en la región centro**

Localidades	Población 1997	Población 2000	Población 2005	Población 2010
Acapulco	745,782	809,343	916,484	1,027,380
Atizapán de Zaragoza	381,637	409,011	454,409	500,665
Atlixco	119,295	126,151	138,676	152,405
Chalco	351,874	378,876	422,432	466,117
Chilpancingo	163,329	174,709	193,797	213,380
Chimalhuacán	315,606	345,090	393,972	444,173
Coacalco	186,435	201,079	226,105	252,199
Cuatitlán Izcalli	391,324	418,451	464,037	510,865
Cuautla	218,334	237,848	271,156	305,976
Cuernavaca	416,320	450,935	511,556	575,998
D. F.	9'693,394	10'310,720	11'352,756	12'424,511
Ecatepec	1'476,100	1'581,944	1'757,503	1'936,389
Huixquilucan	160,339	172,488	193,275	214,947
Iguala	116,025	122,219	132,422	142,699
Ixtapaluca	169,696	182,527	203,353	224,313
Jiutepec	127,639	138,473	156,561	175,163
Los Reyes, La Paz	170,827	185,917	211,491	238,087
Metepec	172,236	185,694	208,461	232,025
Naucalpan	908,225	962,602	1'058,732	1'161,117
Netzahualcóyotl	1'433,172	1'506,557	1'629,375	1'754,406
Nicolás Romero	236,411	257,895	293,908	331,121
Pachuca	215,246	230,245	255,402	281,210
Puebla	1'308,470	1'420,882	1'620,570	1'835,335
Querétaro	592,407	648,800	744,182	843,480
San Juan del Río	162,413	177,513	203,282	230,252
Taxco	103,440	110,795	123,800	137,688
Tecámac	151,491	163,242	182,925	203,155
Tehuacán	188,253	202,435	226,751	252,138
Texcoco	169,528	181,805	202,506	223,844
Tlalnepantla	798,791	839,839	909,531	981,246
Tlaxcala	59,283	62,806	68,555	74,323
Toluca	614,428	667,411	756,966	849,865
Tulancingo	114,023	123,253	138,756	154,738
Tultitlán	290,794	309,893	342,629	376,702
<b>Total</b>	<b>22'722,568</b>	<b>24'297,448</b>	<b>26'966,316</b>	<b>29'727,912</b>

**Tabla 2.4**  
**Proyecciones de población para las localidades**  
**consideradas en la región occidente**

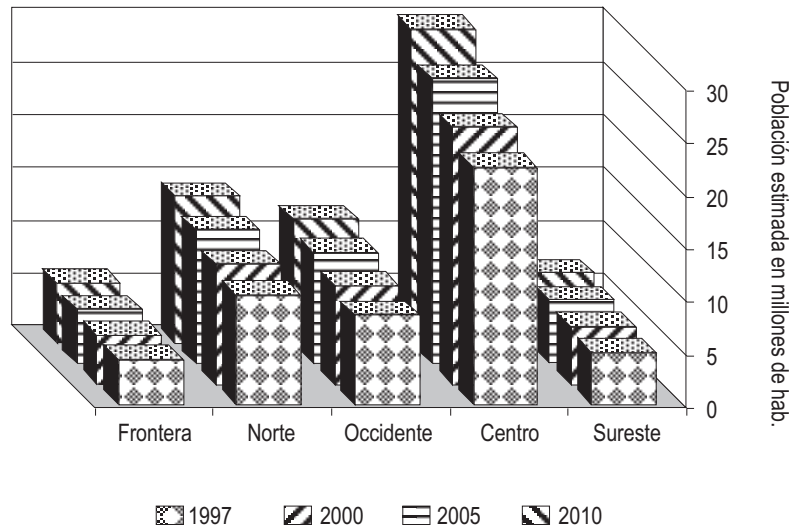
Localidades	Población 1997	Población 2000	Población 2005	Población 2010
Aguascalientes	637,679	692,595	786,553	884,835
Apatzingán	115,924	122,521	134,062	146,137
Celaya	389,781	419,641	468,554	518,082
Colima	136,680	145,561	160,841	176,787
Guadalajara	1'863,390	1'969,306	2'159,512	2'364,760
Guanajuato	141,631	150,862	166,085	181,497
Irapuato	386,264	417,492	469,632	523,171
Lagos de Moreno	124,427	132,382	146,146	160,567
Lázaro Cárdenas	175,508	191,453	217,517	244,023
León	1'077,882	1'167,437	1'320,924	1'481,513
Manzanillo	111,335	119,206	132,597	146,480
Morelia	616,411	667,150	751,704	838,463
Puerto Vallarta	144,551	158,092	180,655	203,903
Salamanca	251,689	270,846	302,309	334,216
Silao	134,077	142,410	156,966	172,324
Tepic	293,004	314,951	350,717	386,788
Tlaquepaque	421,435	455,809	513,149	572,010
Tonalá	222,243	243,958	280,184	317,596
Uruapan	264,435	284,939	320,430	357,768
Zamora	170,908	181,886	200,358	219,317
Zapopan	912,941	994,788	1'131,045	1'271,148
Zitácuaro	125,290	133,208	147,205	162,120
<b>Total</b>	<b>8'717,485</b>	<b>9'376,493</b>	<b>10'497,145</b>	<b>11'663,505</b>

**Tabla 2.5**  
**Proyecciones de población para las localidades**  
**consideradas en la región sureste**

Localidades	Población 1997	Población 2000	Población 2005	Población 2010
Boca del Río	346,046	369,270	407,115	445,165
Campeche	206,808	221,273	245,499	270,331
Cancún	219,556	240,617	275,801	312,145
Chetumal	115,158	123,651	137,580	151,679
Cd. del Carmen	219,311	235,557	262,153	289,046
Coatzacoalcos	296,835	322,115	363,444	405,382
Córdoba	178,155	189,777	209,246	229,172
Mérida	678,514	731,758	824,862	923,594
Minatitlán	239,780	256,517	282,896	308,915
Oaxaca	256,632	274,990	305,887	337,681
Orizaba	128,453	134,624	145,192	156,128
Poza Rica	171,578	180,079	194,479	209,263
Tapachula	270,440	290,106	322,544	355,486
Tuxpan	138,847	147,337	161,476	175,869
Tuxtla Gutiérrez	364,074	391,399	435,891	480,743
Veracruz	373,348	392,076	423,142	454,555
Villahermosa	479,722	515,582	574,068	633,083
Xalapa	347,941	371,684	410,157	448,718
<b>Total</b>	<b>5'031,198</b>	<b>5'388,412</b>	<b>5'981,432</b>	<b>6'586,955</b>
<b>Gran total</b>	<b>51'375,537</b>	<b>55'011,197</b>	<b>61'170,936</b>	<b>67'524,129</b>

De las tablas anteriores, se realizó un condensado de la información poblacional por región geográfica, el cual se muestra en la gráfica 2.2.

**Gráfica 2.2**  
**Proyecciones de la población**  
**para las principales entidades estudiadas**



Ya obtenidas las proyecciones poblacionales de todas y cada una de las localidades estudiadas, se obtuvieron las cifras de crecimiento promedio para las mismas, las cuales se muestran en la tabla 2.6.

**Tabla 2.6**  
**Crecimiento poblacional promedio esperado**  
**para las localidades en estudio**

1995-2000	2.361%
2000-2005	2.145%
2005-2010	1.996%

En la tabla 2.7 se muestran las localidades que presentan el mayor crecimiento en los próximos 15 años, como resultado del análisis de los resultados de la proyección poblacional realizada anteriormente.

**Tabla 2.7**  
**Localidades que presentan el mayor**  
**crecimiento poblacional en los próximos 15 años**

Localidad	1995-2000	2005-2010
Tonalá, Jal.	3.264%	2.538%
Querétaro, Qro.	3.179%	2.537%
San Juan del Río, Qro.	3.105%	2.523%
Puebla, Pue.	2.868%	2.520%
Cancún, Q. R.	3.204%	2.507%
Puerto Vallarta, Jal.	3.129%	2.451%
Cuautla, Mor.	2.985%	2.446%
Chimalhuacán, Edo. Mex.	3.120%	2.428%

De igual forma, en la tabla 2.8 se presentan las localidades que observarán el menor crecimiento durante los próximos 15 años, según los resultados obtenidos de las proyecciones poblacionales realizadas con anterioridad.

**Tabla 2.8**  
**Localidades que presentan el menor**  
**crecimiento poblacional para los próximos 15 años**

Localidad	1995-2000	2005-2010
Veracruz, Ver.	1.673%	1.443%
Tampico, Tamps.	1.532%	1.443%
Río Bravo, Tamps.	1.573%	1.455%
San Pedro Garza García, N. L.	1.602%	1.463%
Orizaba, Ver.	1.602%	1.463%
Poza Rica, Ver.	1.653%	1.476%
Nezahualcóyotl, Edo. Mex.	1.708%	1.490%
Iguala, Gro.	1.781%	1.506%

### III

---

## Generación y composición de los residuos sólidos municipales

Con base en la información disponible relativa a la generación *per capita* de residuos sólidos municipales, se calculó la generación total por ciudad. Para aquellas localidades que no contaban con un estudio o información confiable al respecto, los datos se estimaron mediante inferencia, tomando en consideración el clima, la actividad o actividades preponderantes y la zona y/o región donde se localizan.

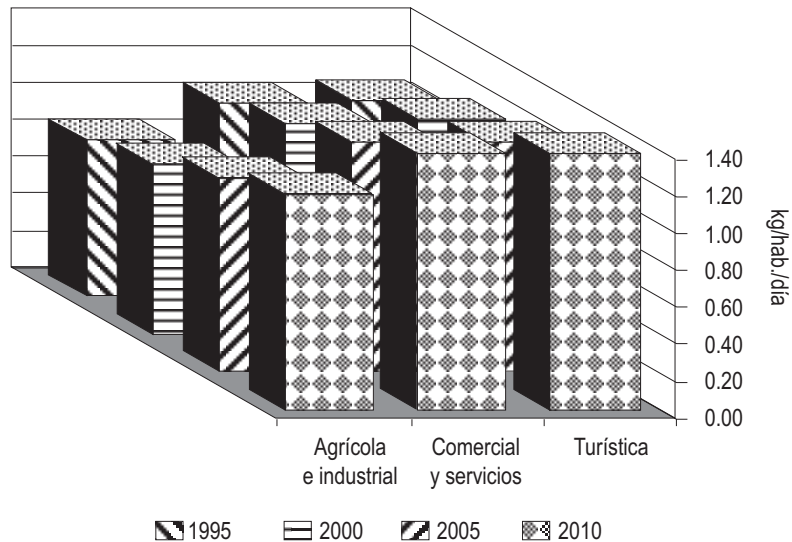
Dada la relación que se presenta entre las actividades económicas de cada localidad y la generación y composición de los residuos sólidos municipales generados, se identificaron las principales actividades económicas en las localidades estudiadas;

quedando éstas divididas en tres grandes grupos: 1) agrícola e industrial, 2) comercial y servicios, y 3) turístico.

Posteriormente se calculó la generación *per capita* promedio de todas y cada una de las localidades estudiadas, con el objeto de poder asociar la generación de residuos sólidos con las actividades económicas de cada región.

En la gráfica 3.1 se presenta el promedio de la generación *per capita* diaria de 1995 al año 2010 de las localidades involucradas en el estudio, agrupadas por actividad económica preponderante.

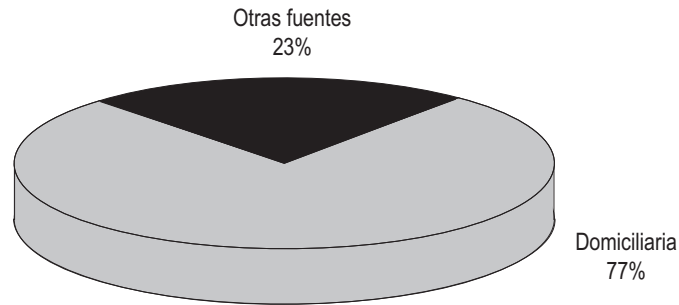
**Gráfica 3.1**  
**Generación diaria *per capita* de acuerdo a la actividad económica en los próximos 15 años**



La información que se observa en la gráfica anterior, considera tanto la generación domiciliar de residuos como la originada en otras fuentes tales como comercios, hospitales, industrias, barrido de vías públicas, etc.

En la gráfica 3.2 se muestra la composición porcentual de la generación de residuos sólidos municipales por tipo de fuente, obtenida a partir del cálculo de un gran total de la generación de este tipo de residuos. Se obtuvo la fracción de residuos provenientes de fuentes domiciliarias, para después complementarla con la generación de residuos de otras fuentes.

**Gráfica 3.2**  
**Composición promedio de la generación**  
**de residuos sólidos municipales por tipo de fuente**



Adicionalmente, se realizaron los ajustes necesarios para obtener la variación de las tasas de generación de residuos, ya que es sabido que también sufren modificaciones en función del tiempo.

Contando con los índices de generación para cada una de las localidades, y de acuerdo a la actividad económica y población actuales, se aplicó una tasa de incremento en la generación. Dicha tasa varió entre un mínimo de 1.4%, un valor medio de 1.7% a 1.75%, y un máximo anual del 2%. Para los próximos 15 años, los indicadores *per capita* promedio esperados se presentan en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1**  
**Indicadores de generación *per capita* promedio**  
**para las localidades en estudio**

1997	0.98 kg/hab/día
2000	1.03 kg/hab/día
2005	1.13 kg/hab/día
2010	1.25 kg/hab/día

Una vez determinados los factores a aplicar para cada ciudad, y establecida la generación esperada para los próximos 15 años en las 118 localidades estudiadas, se clasificaron los resultados, agrupándolos por región y/o zona; esto con el fin de obtener indicadores que pudieran ser utilizados para otras ciudades que se encuentren dentro de cada una de las regiones. En las tablas 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6 se muestra, por zona geográfica, la generación total calculada para las ciudades estudiadas, así como una proyección al respecto.



**Tabla 3.2**  
**Proyección de generación total y per cápita para las localidades consideradas en la región fronteriza**

Localidades	Generación total 1997 (ton/año)	Generación per cápita 1997 (kg/hab/día)	Generación total 2000 (ton/año)	Generación per cápita 2000 (ton/hab/día)	Generación total 2005 (ton/año)	Generación per cápita 2005 (kg/hab/día)	Generación total 2010 (ton/año)	Generación per cápita 2010 (kg/hab/día)
Ensenada	127,085	1.1080	142,950	1.1633	173,158	1.2687	208,054	1.3837
Cd. Juárez	301,686	0.8762	339,986	0.9263	415,137	1.0227	504,014	1.1292
Matamoros	146,017	1.0940	164,161	1.1486	198,776	1.2527	238,800	1.3663
Mexicali	178,202	0.6772	200,631	0.7130	243,866	0.7815	294,243	0.8565
Nogales	49,329	1.0391	55,826	1.0983	68,423	1.2126	83,206	1.3388
Nuevo Laredo	84,929	0.9377	93,844	0.9852	111,275	1.0744	131,765	1.1718
Reynosa	95,240	0.7658	106,904	0.8041	128,895	0.8769	154,126	0.9564
Río Bravo	37,414	0.9724	41,169	1.0218	48,386	1.1144	56,724	1.2154
San Luis Río Colorado	47,471	0.9731	53,401	1.0217	64,691	1.1143	77,729	1.2153
Tijuana	342,448	1.0380	385,989	1.0974	478,586	1.2116	582,305	1.3377
Piedras Negras	28,072	0.6557	31,544	0.6885	37,256	0.7309	46,147	0.8189
<b>TOTAL</b>	<b>1'437,894</b>		<b>1'616,387</b>		<b>1'968,447</b>		<b>2'377,111</b>	

**Tabla 3.3**  
**Proyección de generación total y per capita para las localidades consideradas en la región norte**

Localidades	Generación total 1997 (ton/año)	Generación per capita 1997 (kg/hab/día)	Generación total 2000 (ton/año)	Generación per capita 2000 (ton/hab/día)	Generación total 2005 (ton/año)	Generación per capita 2005 (kg/hab/día)	Generación total 2010 (ton/año)	Generación per capita 2010 (kg/hab/día)
Apodaca	50,359	0.9129	58,037	0.9642	72,823	1.0646	90,209	1.1754
Cajeme	108,505	0.8128	122,103	0.8594	148,884	0.9488	180,645	1.0476
Chihuahua	194,890	0.8346	221,026	0.8821	272,483	0.9739	333,578	1.0752
Cd. Cuauhtémoc	40,246	0.8496	45,026	0.8965	54,431	0.9920	65,559	1.0963
Cd. Madero	68,014	1.0009	75,291	1.0441	89,329	1.1248	105,605	1.2117
Cd. Mante	44,222	0.8730	49,622	0.9167	59,891	0.9997	72,003	1.0903
Cd. Valles	46,320	0.8099	51,899	0.8505	62,440	0.9275	74,541	1.0116
Cd. Victoria	83,745	0.9116	94,854	0.9635	116,347	1.0638	141,528	1.1745
Cullacán	204,072	0.7370	231,988	0.7734	285,118	0.8435	346,644	0.9199
Delicias	38,301	0.8630	42,786	0.9064	51,562	0.9885	61,893	1.0781
Durango	121,840	0.6585	136,438	0.6866	163,581	0.7397	194,283	0.7968
Fresnillo	48,472	0.6741	54,503	0.7029	65,928	0.7572	79,058	0.8157
General Escobedo	32,666	0.7212	37,406	0.7619	46,559	0.8412	57,314	0.9287
Gómez Palacio	88,731	0.8533	100,033	0.8959	121,402	0.9771	145,971	1.0656
Guadalupe	19,924	0.5558	22,198	0.5797	26,565	0.6245	31,618	0.6728
Guaymas	47,257	0.8473	52,920	0.8897	63,855	0.9703	76,597	1.0583
Hermosillo	163,096	0.8101	183,980	0.8505	223,370	0.9275	268,656	1.0116
Hidalgo del Parral	30,769	0.8064	34,306	0.8481	41,343	0.9272	49,747	1.0137
La Paz	59,384	0.8310	67,319	0.8763	82,628	0.9697	100,539	1.0706
Los Mochis	78,642	0.6686	88,345	0.6971	106,174	0.7510	126,245	0.8091
Mazatlán	151,059	1.0784	171,371	1.1397	210,474	1.2583	256,180	1.3893
Monclova	65,519	0.8236	73,365	0.8588	87,953	0.9252	104,102	0.9967

**Tabla 3.3 (continuación)**  
**Proyección de generación total y per capita para las localidades consideradas en la región norte**

Localidades	Generación total 1997 (ton/año)	Generación per capita 1997 (kg/hab/día)	Generación total 2000 (ton/año)	Generación per capita 2000 (ton/hab/día)	Generación total 2005 (ton/año)	Generación per capita 2005 (kg/hab/día)	Generación total 2010 (ton/año)	Generación per capita 2010 (kg/hab/día)
Monterrey	572,651	1.2730	641,351	1.3462	778,246	1.4863	942,003	1.6410
Navojoa	47,732	0.8771	54,053	0.9270	66,098	1.0235	80,073	1.1301
Saltillo	163,697	0.8270	184,692	0.8681	224,276	0.9467	269,755	1.0325
San Luis Potosí	200,268	0.9222	227,700	0.9746	281,716	1.0760	345,934	1.1880
San Nicolás de los Garza	177,126	0.9123	201,839	0.9640	251,205	1.0644	310,520	1.1751
San Pedro Garza García	42,282	0.9111	46,881	0.9640	55,827	1.0644	66,275	1.1751
Santa Catarina	69,460	0.9127	79,923	0.9640	100,317	1.0644	124,459	1.1751
Soledad de Graciano	54,561	0.8955	61,822	0.9386	75,500	1.0211	91,224	1.1109
Tampico	124,897	1.1237	138,214	1.1890	164,242	1.3127	194,813	1.4494
Torreón	165,835	0.8247	186,192	0.8659	225,210	0.9444	270,417	1.0300
Zacatecas	32,718	0.6741	36,734	0.7029	44,324	0.7572	53,024	0.8157
<b>TOTAL</b>	<b>3'437,260</b>		<b>3'874,217</b>		<b>4'720,190</b>		<b>5'711,011</b>	

**Tabla 3.4**  
**Proyección de generación total y per capita para las localidades consideradas en la región centro**

Localidades	Generación total 1997 (ton/año)	Generación per capita 1997 (kg/hab/día)	Generación total 2000 (ton/año)	Generación per capita 2000 (ton/hab/día)	Generación total 2005 (ton/año)	Generación per capita 2005 (kg/hab/día)	Generación total 2010 (ton/año)	Generación per capita 2010 (kg/hab/día)
Acapulco	309,094	1.1354	354,345	1.1995	443,000	1.3243	548,316	1.4622
Atzacapán de Zaragoza	124,746	0.8955	141,302	0.9465	173,323	1.0450	210,849	1.1538
Atlixco	46,545	1.0689	51,699	1.1228	61,985	1.2246	74,297	1.3356
Chalco	124,608	0.9702	141,775	1.0252	174,525	1.1319	212,632	1.2498
Chilpancingo	33,148	0.5560	337,082	0.5815	44,309	0.6264	52,556	0.6748
Chimalhuacán	107,699	0.9349	124,358	0.9873	156,742	1.0900	195,115	1.2035
Coacalco	69,206	1.0170	78,869	1.0746	97,912	1.1864	120,580	1.3099
Cuatitlán-Izcalli	141,103	0.9878	159,485	1.0442	195,271	1.1529	237,352	1.2729
Cuautla	70,964	0.8904	80,564	0.9280	98,952	0.9998	120,281	1.0770
Cuernavaca	157,414	1.0359	180,129	1.0944	225,611	1.2083	280,459	1.3340
D. F.	4,767,366	1.3474	5,363,358	1.4246	6,517,714	1.5729	7,879,923	1.7376
Ecatepec	340,402	0.6318	385,594	0.6678	408,821	0.6373	575,321	0.8140
Huixquilucan	64,760	1.1065	73,623	1.1694	91,081	1.2911	111,839	1.4255
Iguala	46,080	1.0880	50,641	1.1352	59,113	1.2230	68,622	1.3175
Ixtapaluca	61,204	0.9881	69,567	1.0442	85,573	1.1529	104,218	1.2729
Jiutepec	40,394	0.8670	45,680	0.9038	55,636	0.9736	67,061	1.0489
Los Reyes, La Paz	63,241	1.0142	72,698	1.0713	91,305	1.1828	113,485	1.3059
Metepec	66,856	1.0634	76,162	1.1237	94,403	1.2407	116,007	1.3698
Naucaipan	254,126	0.7665	284,804	0.8106	345,861	0.8950	418,807	0.9882
Nezahualcóyotl	426,198	0.8147	473,898	0.8618	565,878	0.9515	672,760	1.0506
Nicolás Romero	87,530	1.0143	100,843	1.0713	126,887	1.1828	157,830	1.3059

**Tabla 3.4 (continuación)**  
**Proyección de generación total y per capita para las localidades consideradas en la región centro**

Localidades	Generación total 1997 (ton/año)	Generación per capita 1997 (kg/hab/día)	Generación total 2000 (ton/año)	Generación per capita 2000 (ton/hab/día)	Generación total 2005 (ton/año)	Generación per capita 2005 (kg/hab/día)	Generación total 2010 (ton/año)	Generación per capita 2010 (kg/hab/día)
Pachuca	67,473	0.8222	76,291	0.9078	93,436	1.0023	113,583	1.1066
Puebla	473,969	0.9495	543,671	1.0483	684,611	1.1574	856,062	1.2779
Querétaro	221,266	0.9787	255,375	1.0805	324,050	1.1930	405,527	1.3172
San Juan del Río	44,479	0.7177	51,335	0.7923	64,908	0.8748	81,176	0.9659
Taxco	44,218	1.1751	47,149	1.1659	61,626	1.3638	73,831	1.4691
Tecámac	55,915	0.9732	63,242	1.0614	77,290	1.1576	93,609	1.2624
Tehuacán	58,274	0.8163	65,776	0.8902	80,356	0.9709	97,451	1.0589
Texcoco	62,560	0.9732	70,433	1.0614	85,564	1.1576	103,142	1.2624
Tlanepantla	282,586	0.9286	314,266	1.0252	375,767	1.1319	447,622	1.2498
Tlaxcala	18,747	0.8389	20,719	0.9038	24,362	0.9736	28,454	1.0489
Toluca	203,584	0.8685	233,593	0.9589	292,511	1.0587	362,563	1.1688
Tulancingo	34,824	0.8052	39,508	0.8782	48,504	0.9577	58,993	1.0445
Tultitlán	95,030	0.8573	107,060	0.9465	130,687	1.0450	158,643	1.1538
<b>Total</b>	<b>9'065,609</b>	<b>-</b>	<b>10'233,395</b>	<b>-</b>	<b>12'457,573</b>	<b>-</b>	<b>15'218,966</b>	<b>-</b>

**Tabla 3.5**  
**Proyección de generación total y per capita para las localidades consideradas en la región occidente**

Localidades	Generación total 1997 (ton/año)	Generación per capita 1997 (kg/hab/día)	Generación total 2000 (ton/año)	Generación per capita 2000 (kg/hab/día)	Generación total 2005 (ton/año)	Generación per capita 2005 (kg/hab/día)	Generación total 2010 (ton/año)	Generación per capita 2010 (kg/hab/día)
Aguascalientes	130,940	0.5626	150,237	0.5943	188,361	0.6561	233,956	0.7244
Apatzingán	35,747	0.8448	39,416	0.8814	46,462	0.9495	54,561	1.0229
Celaya	120,789	0.8490	136,504	0.8912	166,216	0.9719	200,446	1.0600
Colima	41,695	0.8357	46,249	0.8705	54,914	0.9354	64,863	1.0052
Guadalajara	707,941	1.0408	791,251	1.1008	957,926	1.2153	1,158,158	1.3418
Guanejuato	52,521	1.0159	58,776	1.0674	70,502	1.1630	84,027	1.2684
Irapuato	119,476	0.8474	136,445	0.8954	169,444	0.9885	208,411	1.0914
Lagos de Moreno	45,306	0.9975	50,276	1.0405	59,792	1.1209	70,756	1.2073
Lázaro Cárdenas	54,308	0.8477	62,571	0.8954	78,481	0.9885	97,209	1.0914
León	295,561	0.7512	338,207	0.7937	422,497	0.8763	523,178	0.9675
Manzanillo	50,915	1.2529	57,233	1.3154	69,432	1.4346	83,652	1.5646
Morelia	230,227	1.0232	283,835	1.1656	353,089	1.2869	434,820	1.4208
Puerto Vallarta	53,349	1.0111	61,206	1.0607	76,285	1.1569	93,902	1.2617
Salamanca	77,296	0.8413	87,312	0.8832	106,293	0.9633	128,149	1.0505
Silao	43,067	0.8800	48,040	0.9242	57,631	1.0069	69,144	1.0993
Tepic	76,948	0.7195	86,827	0.7553	105,443	0.8237	126,834	0.8984
Tlaquepaque	120,901	0.7859	138,154	0.8304	171,716	0.9168	211,331	1.0122
Tonalá	63,144	0.7784	72,705	0.8165	91,069	0.8905	112,584	0.9712
Uruapan	80,374	0.8327	90,909	0.8741	111,495	0.9533	135,756	1.0396
Zamora	54,433	0.8725	60,832	0.9163	73,087	0.9994	87,247	1.0899
Zapopan	254,178	0.7627	290,587	0.8003	360,319	0.8728	441,652	0.9519
Zitácuaro	35,282	0.7715	39,393	0.8102	47,481	0.8837	57,026	0.9637
<b>Total</b>	<b>2,744,398</b>	<b>-</b>	<b>3,126,966</b>	<b>-</b>	<b>3,837,936</b>	<b>-</b>	<b>4,677,662</b>	<b>-</b>

**Tabla 3.6**  
**Proyección de generación total y per capita para las localidades consideradas en la región sureste**

Localidades	Generación total 1997 (ton/año)	Generación per capita 1997 (kg/hab/día)	Generación total 2000 (ton/año)	Generación per capita 2000 (kg/hab/día)	Generación total 2005 (ton/año)	Generación per capita 2005 (kg/hab/día)	Generación total 2010 (ton/año)	Generación per capita 2010 (kg/hab/día)
Boca del Río	105,650	0.8364	118,380	0.8783	142,341	0.9579	169,748	1.0447
Campeche	51,475	0.6819	57,432	0.7111	68,648	0.7661	81,433	0.8253
Cancún	119,475	1.4908	137,165	1.5618	171,044	1.6991	210,605	1.8485
Chetumal	35,647	0.8480	40,182	0.8903	48,760	0.9710	58,629	1.0590
Cd. del Carmen	67,959	0.8489	76,108	0.8852	91,246	0.9536	108,382	1.0273
Coatzacoalcos	114,425	1.0561	131,163	1.1156	163,394	1.2317	201,217	1.3599
Córdoba	40,867	0.6284	45,787	0.6610	53,569	0.7014	63,204	0.7556
Mérida	315,477	1.2738	359,505	1.3460	447,397	1.4860	553,099	1.6407
Minatitlán	65,095	0.7437	73,115	0.7809	87,934	0.8516	104,726	0.9288
Oaxaca	93,924	1.0027	105,661	1.0527	128,173	1.1480	154,326	1.2521
Orizaba	37,2766	0.7950	41,330	0.8411	49,211	0.9286	58,428	1.0253
Poza Rica	52,259	0.8344	57,624	0.8767	67,876	0.9562	79,650	1.0428
Tapachula	98,906	1.0019	110,633	1.0448	132,503	1.1255	157,325	1.2125
Tuxpan	43,135	0.8511	47,744	0.8878	56,369	0.9564	66,137	1.0303
Tuxtla Gutiérrez	111,527	0.8392	125,003	0.8750	149,984	0.9427	178,191	1.0155
Veracruz	114,290	0.8386	126,107	0.8812	148,423	0.9610	173,893	1.0481
Villahermosa	130,456	0.7450	146,184	0.7768	175,360	0.8369	208,337	0.9016
Xalapa	106,454	0.8382	119,398	0.8801	143,704	0.9599	171,447	1.0468
<b>Total</b>	<b>1'704,297</b>		<b>1'918,521</b>		<b>2'325,936</b>		<b>2'798,779</b>	
<b>Gran total</b>	<b>18'389,491</b>		<b>20'769,487</b>		<b>25'310,083</b>		<b>30'783,527</b>	

De acuerdo con todo ello, y como puede apreciarse en las tablas y gráficas correspondientes, los resultados de mayor relevancia a este respecto son los siguientes:

**Tabla 3.7**  
**Generación *per capita* promedio (kg/hab/día)**

Región	1997	2000	2005	2010
Frontera	0.92	0.96	1.05	1.16
Norte	0.85	0.94	1.03	1.12
Centro	0.95	1.15	1.27	1.40
Occidente	0.86	0.91	1.00	1.10
Sureste	0.89	0.98	1.07	1.16

- Existen localidades donde se espera que se presente una tasa de generación *per capita* muy elevada, la cual rebasará en todos los casos la cifra de 1.5 kg/hab/día. La generación *per capita* de estas localidades se incrementará en más del 30% en un periodo de 15 años.

**Tabla 3.8**  
**Localidades que presentan la mayor generación *per capita* para los próximos 15 años (kg/hab/día)**

Localidad	1997	2010
Cancún, Q. R.	1.49	1.85
Distrito Federal	1.34	1.74
Monterrey, N. L.	1.27	1.64
Mérida, Yuc.	1.27	1.64
Manzanillo, Col.	1.25	1.56

- Ciertas localidades presentan una generación *per capita* de residuos sólidos muy baja, las cuales difícilmente alcanzarán, en un periodo de 15 años, cifras de 800 grs/hab/día.



**Tabla 3.9**  
**Localidades que presentan la menor generación *per capita***  
**para los próximos 15 años (kg/hab/día)**

Localidad	1997	2010
Guadalupe, Zac.	0.55	0.67
Chilpancingo, Gro.	0.55	0.67
Aguascalientes, Ags.	0.56	0.72
Córdoba, Ver.	0.62	0.76
Durango, Dgo.	0.66	0.80

- La generación *per capita* promedio estimada para las ciudades medias y grandes de la República Mexicana fue, para 1997, de 0.98 kg/hab/día. Se espera que la generación aumente en los próximos quince años a una cifra de 1.25 kg/hab/día.
- La generación *per capita* de residuos sólidos en México resulta ligeramente superior a la que presenta Brasil, el que, según información de la OPS, tiene una generación de 0.89 kg/hab/día.
- Por último y, dado que no puede perderse de vista que el país cuenta con una importante, aunque decreciente porción de población rural (alrededor del 25%), puede estimarse que la generación total actual de residuos sólidos urbanos a nivel nacional es de alrededor de 80,000 toneladas por día. Esto significa, que la República Mexicana genera aproximadamente 30 millones de toneladas por año de residuos sólidos urbanos.

En la tabla 3.10 se muestra la generación total, por regiones, de residuos sólidos municipales para el año de 1997; la región centro genera casi el 50% del total.

**Tabla 3.10**  
**Generación total (por región) de residuos sólidos municipales**  
**en las principales ciudades de la República Mexicana**

Región	Ton/año
Frontera (11 ciudades)	1'437,893
Norte (33 ciudades)	3'437,260
Centro (34 ciudades)	9'065,609
Occidente (22 ciudades)	2'744,398
Sureste (18 ciudades)	1'704,297
<b>Gran total de 118 ciudades</b>	<b>18'389,457</b>

Una vez definida la generación de residuos sólidos para cada una de las localidades en particular se buscó, a través del análisis de diferentes estudios y muestreos realizados a nivel nacional, obtener indicadores de la cantidad y tipo de subproductos que se encuentran con mayor frecuencia en los residuos sólidos de tipo domiciliario.

En la tabla 3.11 se muestran los indicadores de subproductos encontrados con mayor frecuencia en los residuos sólidos municipales a nivel nacional.

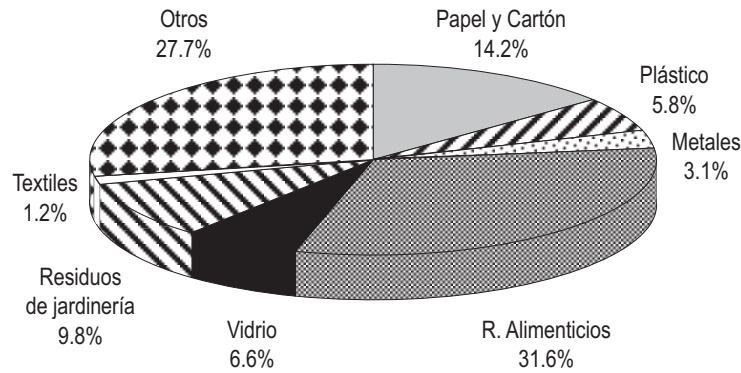
**Tabla 3.11**  
**Indicadores promedio de los subproductos presentes**  
**en los residuos sólidos municipales generados a nivel nacional**

> Papel y cartón	14.2%
> Plástico	5.8%
> Metales	3.1%
> Textiles	1.2%
> Vidrio	6.6%
> Residuos alimenticios	31.6%
> Residuos de jardinería	9.8%
> Otros	27.7%

Entre otros aspectos de relevancia, de la tabla anterior cabe destacar lo siguiente:

- La participación de cartón y papel a nivel nacional oscila en un valor cercano al 14%. De éste, entre el 8% y el 10% corresponde a papel y el resto (entre 4% y 6%) a cartón.
- El plástico participa con entre el 6% y el 8% de la generación total.
- Los materiales metálicos, incluyendo latas de aluminio, aportan alrededor del 3% de la generación total.
- Los residuos alimenticios aportan más del 30% de la generación total. Este valor estará directamente ligado a la participación de la industria y el comercio para cada ciudad. Así, se tiene que localidades con poco desarrollo industrial y comercial, mantienen valores más altos en este renglón.
- Los residuos de jardinería aportan entre el 3% y el 10%, de acuerdo también con el nivel de desarrollo industrial y comercial de la localidad.
- Los residuos textiles constituyen de un 1% a un 2% de la generación total.
- Por último, puede decirse que el vidrio, tanto de color como transparente, participa con alrededor del 6.50% de la generación total.

**Gráfica 3.3**  
**Caracterización de residuos de acuerdo con estudios previos**



FUENTE: INE/SEDESOL

Uno de los aspectos que resulta importante resaltar, se refiere al hecho de que la composición y presencia de determinados subproductos dentro de los residuos sólidos municipales (sobre todo domiciliarios), está más determinada por aspectos culturales y patrones de consumo, por la época del año y por los festejos y/o eventos particulares de cada localidad, que por la actividad económica de la región y/o zona donde se localizan.

Es por lo anterior, que los datos analizados únicamente consideran los residuos generados a nivel domiciliario y no los resultantes de otras fuentes; como son: establecimientos industriales, comercios, hospitales, restaurantes, etc.

Dada la poca información con la que se contaba a este respecto, fue necesario utilizar indicadores de muestreos realizados anteriormente por instituciones como el INE o el DDF, así como otros de reportes internacionales.

Con el objeto de que se cuente con una mejor idea acerca de la composición promedio de los residuos municipales de México con respecto a otras naciones y, con un punto de referencia para el análisis objetivo, se presenta la siguiente información:

**Tabla 3.12**  
**Indicadores promedio de la caracterización de residuos sólidos**  
**municipales a nivel internacional**

Subproducto	E.U.A	Francia	México	Colombia
Papel y cartón	40%	35%	14%	22%
Plásticos	8%	7%	6%	5%
Metales	9%	5%	3%	1%
Textiles	-	5%	1%	4%
Vidrio	7%	12%	7%	2%
R. alimenticios	18%	21%	32%	56%
R. jardinería	7%	-	10%	10%
Otros	11%	15%	27%	-



## IV

---

# Cuantificación del potencial contaminante de los residuos sólidos municipales

La descomposición de los residuos sólidos municipales se lleva a cabo en dos etapas: la aerobia y la anaerobia. Aun cuando la segunda es la de mayor importancia, con el fin de obtener una carga orgánica equivalente al potencial contaminante de estos residuos, solamente se tocará la etapa aerobia. Empleando la fórmula molecular de la celulosa, el proceso de degradación se puede ejemplificar mediante el siguiente balance estequiométrico.



De esta expresión, se desprende que los principales componentes de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos son carbón, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, mientras que los productos finales que se obtienen a partir de su descomposición vía proceso aerobio, son el bióxido de carbono, el agua y el amoniaco.

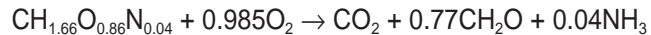
Se estima que los siguientes valores, son representativos del tipo de basura generada en México.

$$C= 43.02\% \quad H= 5.96\% \quad O= 49.08\% \quad N= 1.94\%$$

Transformando estos porcentajes en átomo-gramos y expresando los valores en función del carbono, se obtienen las siguientes cifras:

$$\begin{aligned} C &= 3.58/3.58 = 1 & H &= 5.96/3.58 = 1.66 \\ O &= 3.07/3.58 = 0.86 & N &= 0.14/3.58 = 0.04 \end{aligned}$$

Sustituyendo los coeficientes en el balance, se tiene:



Por lo tanto, la cantidad de oxígeno requerido para la estabilización de basura, es de:

$$(0.985) * (32) \text{ g} / 27.98 \text{ gr.} = 1.126 \text{ g de } O_2 \text{ por g de basura}$$

Se estima que un 40% del material contenido en un kg de basura, es materia orgánica seca, por lo que entonces se llega a la siguiente relación: *se requieren 2.82 g de oxígeno para degradar un gramo de materia orgánica seca.*

Con los valores antes obtenidos, es posible efectuar una comparación entre el potencial contaminante generado por una persona diariamente, debido a su producción domiciliar de aguas negras y de residuos sólidos.

La DBO<sub>teórica</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno teórica) generada diariamente por una persona, debido a su producción de aguas negras, se detalla a continuación:

Consideraciones:

- Dotación = 350 lt/hab./día
- Aportación = 80% de la dotación

$$\begin{aligned} \text{DBO de las aguas residuales} &= 400 \text{ mg/l} = 0.4 \text{ gr/l} \\ \text{DBO}_{\text{aguas negras}} &= 350 \text{ l/hab. día} \times 0.8 \times 0.4 \text{ gr/l} = 112 \text{ gr/l hab.día} \end{aligned}$$

La  $DBO_{teórica}$  generada diariamente por una persona en relación a su producción de residuos sólidos, es la siguiente:

Consideraciones:

- Generación *per capita* = .86 kg/hab. por día.
- Contenido de materia orgánica en los residuos = 40%.

$$DBO_{Res. Sol. Mpales.} = 860 \text{ gr/hab. día} \times 1.126 = 968 \text{ gr/hab.día}$$

De lo anterior se desprende que un habitante en la Ciudad de México, tiene un aporte potencial contaminante hasta 8.6 veces mayor por su basura que por sus aguas negras.

Ahora bien, tomando como base de cálculo las 118 ciudades del análisis, en las tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5 se detalla para cada región la carga potencial contaminante que aportan al medio ambiente, en toneladas por año.

**Tabla 4.1**  
**Carga potencial contaminante de los residuos generados.**  
**Región fronteriza**

Localidades	Población 1997	Generación Total 1997 (ton/año)	Generación <i>per cápita</i> 1997 (kg/hab/día)	Carga Org. $DBO_{teórica}$ (ton/año)
Ensenada	314,241	127,085	1.1080	143,097
Cd. Juárez	943,320	301,686	0.8762	339,698
Matamoros	365,673	146,017	1.0940	164,415
Mexicali	720,945	178,202	0.6772	200,655
Nogales	130,063	49,329	1.0391	55,544
Nuevo Laredo	248,141	84,929	0.9377	95,630
Reynosa	340,732	95,240	0.7568	107,240
Río Bravo	105,413	37,414	0.9724	42,128
San Luis Río Colorado	133,648	47,471	0.9731	53,452
Tijuana	903,867	342,448	1.0380	385,596
Piedras Negras	117,295	28,072	0.6557	31,609
<b>Total</b>	<b>4'323,338</b>	<b>1'437,894</b>	-	<b>1'619,064</b>



**Tabla 4.2**  
**Carga potencial contaminante de los residuos generados.**  
**Región sureste**

Localidades	Población 1997	Generación total 1997 (ton/año)	Generación per cápita 1997 (kg/hab/día)	Carga Org. DBO <sub>teórica</sub> (ton/año)
Boca del Río	346,046	105,650	0.8364	118,961
Campeche	206,808	51,475	0.6819	57,960
Cancún	219,556	119,475	1.4908	134,528
Chetumal	115,158	35,647	0.8480	40,138
Cd. del Carmen	219,311	67,959	0.8489	76,521
Coatzacoalcos	296,835	114,425	1.0561	128,842
Córdoba	178,155	40,867	0.6284	46,016
Mérida	678,514	315,477	1.2738	355,227
Minatitlán	239,780	65,095	0.7437	73,296
Oaxaca	256,632	93,924	1.0027	105,758
Orizaba	128,453	37,276	0.7950	41,972
Poza Rica	171,578	52,259	0.8344	58,843
Tapachula	270,440	98,906	1.0019	111,368
Tuxpan	138,847	43,135	0.8511	48,570
Tuxtla Gutiérrez	364,074	111,527	0.8392	125,579
Veracruz	373,348	114,290	0.8386	128,690
Villahermosa	479,722	130,456	0.7450	146,893
Xalapa	347,941	106,454	0.8382	119,867
<b>Total</b>	<b>5'031,198</b>	<b>1'704,297</b>		<b>1'919,029</b>

**Tabla 4.3**  
**Carga potencial contaminante de los residuos generados. Región norte**

Localidades	Población 1997	Generación total 1997 (ton/año)	Generación per cápita 1997 (kg/hab/día)	Carga Org. DBO <sub>teórica</sub> (ton/año)
Apodaca	151,120	50,359	0.9129	56,704
Cajeme	365,703	108,505	0.8128	122,176
Chihuahua	639,755	194,890	0.8346	219,446
Cd. Cuauhtémoc	129,778	40,246	0.8496	45,316
Cd. Madero	186,155	68,014	1.0009	76,583
Cd. Mante	138,768	44,222	0.8730	49,793
Cd. Valles	156,677	46,320	0.8099	52,156
Cd. Victoria	251,682	83,745	0.9116	94,296
Culiacán	758,600	204,072	0.7370	229,785
Delicias	121,581	38,301	0.8630	43,126
Durango	506,896	121,840	0.6585	137,191
Fresnillo	196,980	48,472	0.6741	54,579
General Escobedo	124,091	32,666	0.7212	36,781
Gómez Palacio	284,860	88,731	0.8533	99,911
Guadalupe	98,198	19,924	0.5558	22,434
Guaymas	152,801	47,257	0.8473	53,211
Hermosillo	551,523	163,096	0.8101	183,646
Hidalgo del Parral	104,536	30,769	0.8064	34,645
La Paz	195,778	59,384	0.8310	66,866
Los Mochis	322,228	78,642	0.6686	88,550
Mazatlán	383,767	151,059	1.0784	170,092
Monclova	217,936	65,519	0.8236	73,774
Monterrey	1'232,390	572,651	1.2730	644,805
Navojoa	149,095	47,732	0.8771	53,746
Saltillo	542,303	163,697	0.8270	184,322
San Luis Potosí	594,936	200,268	0.9222	225,501
San Nicolás de los Garza	531,921	177,126	0.9123	199,443
San Pedro Garza García	127,131	42,282	0.9111	47,609
Santa Catarina	208,502	69,460	0.9127	78,211
Soledad de Graciano	166,921	54,561	0.8955	61,435
Tampico	304,490	124,897	1.1237	140,634
Torreón	550,882	165,835	0.8247	186,730
Zacatecas	132,965	35,718	0.6741	36,840
<b>Total</b>	<b>10'580,948</b>	<b>3'437,260</b>		<b>3'870,337</b>

**Tabla 4.4**  
**Carga potencial contaminante de los residuos generados. Región centro**

Localidades	Población 1997	Generación total 1997 (ton/año)	Generación per capita 1997 (kg/hab/día)	Carga Org. DBO <sub>teórica</sub> (ton/año)
Acapulco	745,782	309,094	1.1354	348,039
Atizapán de Zaragoza	381,637	124,746	0.8955	140,463
Atlixco	119,295	46,545	1.0689	52,409
Chalco	351,874	124,608	0.9702	140,308
Chilpancingo	163,329	33,148	0.5560	37,324
Chimalhuacán	315,606	107,699	0.9349	121,269
Coacalco	186,435	69,206	1.0170	77,925
Cuautitlán Izcalli	391,324	141,103	0.9878	158,881
Cuautla	218,334	70,964	0.8904	79,905
Cuernavaca	416,320	157,414	1.0359	177,248
D. F.	9'693,394	4'767,366	1.3474	5'368,054
Ecatepec	1'476,100	340,402	0.6318	383,292
Huixquilucan	160,339	64,760	1.1065	72,919
Iguala	116,025	46,080	1.0880	51,886
Ixtapaluca	169,696	61,204	0.9881	68,915
Jiutepec	127,639	40,394	0.8670	45,483
Los Reyes, La Paz	170,827	63,241	1,0142	71,209
Metepc	172,236	66,856	1.0634	75,279
Naucalpan	908,225	254,126	0.7665	286,145
Netzahualcóyotl	1'433,172	426,198	0.8147	479,898
Nicolás Romero	236,411	87,530	1.0143	98,558
Pachuca	215,246	67,473	0.8588	75,974
Puebla	1'308,470	473,969	0.9924	533,689
Querétaro	592,407	221,266	1.0232	249,145
San Juan del Río	162,413	44,479	0.7503	50,083
Taxco	103,440	44,218	1.1711	49,789
Tecámac	151,491	55,915	1.0112	62,960
Tehuacán	188,253	58,274	0.8480	65,616
Texcoco	169,528	62,560	1.0110	70,442
Tlanepantla	798,791	282,586	0.9692	318,191
Tlaxcala	56,283	18,747	0.8663	21,109
Toluca	614,428	203,584	0.9077	229,235
Tulancingo	114,023	34,824	0.8367	39,211
Tultitlán	290,794	95,030	0.8953	107,003
<b>Total</b>	<b>22'722,568</b>	<b>9'065,609</b>		<b>10'207,856</b>

**Tabla 4.5**  
**Carga potencial contaminante de los residuos generados.**  
**Región occidente**

Localidades	Población 1997	Generación total 1997 (ton/año)	Generación per cápita 1997 (kg/hab/día)	Carga Org. DBO <sup>teórica</sup> (ton/año)
Aguascalientes	637,679	130,940	0.5625	147,438
Apatzingán	115,924	35,747	0.8448	40,251
Celaya	389,781	120,789	0.8490	136,008
Colima	136,680	41,695	0.8357	46,948
Guadalajara	1'863,390	707,941	1.0408	797,141
Guanajuato	141,631	52,521	1.0159	59,138
Irapuato	386,264	119,476	0.8474	134,529
Lagos de Moreno	124,427	45,306	0.9975	51,014
Lázaro Cárdenas	175,508	54,308	0.8477	61,150
León	1'077,882	295,561	0.7512	332,801
Manzanillo	111,335	50,915	1.2529	57,330
Morelia	616,411	230,227	1.0232	259,235
Puerto Vallarta	144,551	53,349	1.0111	60,070
Salamanca	251,689	77,296	0.8413	87,035
Silao	134,077	43,067	0.8800	48,493
Tepic	293,004	76,948	0.7195	86,643
Tlaquepaque	421,435	120,901	0.7859	136,134
Tonalá	222,243	63,144	0.7784	71,100
Uruapan	264,435	80,374	0.8327	90,501
Zamora	170,908	54,433	0.8725	61,291
Zapopan	912,941	254,178	0.7627	286,204
Zitácuaro	125,290	35,282	0.7715	39,727
<b>Total</b>	<b>8'717,485</b>	<b>2'744,398</b>		<b>3'090,181</b>
<b>Gran total</b>	<b>51'375,537</b>	<b>18'389,491</b>		<b>20'706,467</b>

Si se divide la Carga Orgánica Total ( $DBO_{teórica}$ ) que se obtuvo (20'706,467 ton/año), entre la demanda bioquímica de oxígeno que produce un habitante anualmente por las aguas negras que genera (0.041 ton/año), el resultado es 505'035,785 habitantes.

Lo anterior significa que la DBO que aportarían los residuos sólidos municipales que genera una población aproximada de 50 millones de habitantes, (17.5 millones de toneladas al año de residuos sólidos municipales) es equivalente a la DBO producida por las aguas negras de una población igual a 505'035,785 habitantes, que es aproximadamente cinco veces la población de la República Mexicana.

## V

---

# Vulnerabilidad geohidrológica del medio físico

**E**l análisis genérico de las condiciones geohidrológicas del medio físico, efectuado para las diferentes localidades consideradas en el análisis, arrojó en forma preliminar la identificación de 40 localidades que pueden tener en estos momentos problemas graves de afectación de los mantos acuíferos, por la falta de consistencia geohidrológica del subsuelo donde se ubican. La problemática identificada se señala a continuación:

*Celaya, Aguascalientes, Irapuato, León, Salamanca y Silao.* Son poblaciones que se encuentran asentadas en materiales aluviales, lacustres y volcánicos que pueden

llegar a conformar acuíferos. Adicionalmente, en algunos casos están afectadas por fallas producidas por la sobreexplotación de acuíferos, lo cual facilita la migración rápida de contaminantes.

*Colima y Lázaro Cárdenas.* Se ubican próximas a zonas costeras donde existen acuíferos en materiales de relleno con niveles piezométricos someros, por lo que la mala ubicación de sitios de disposición final de residuos sólidos municipales puede contaminarlos fácilmente.

*Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, Morelia y Zitácuaro.* Se localizan en regiones volcánicas donde afloran rocas permeables, lo cual puede contaminar los acuíferos cuando los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales se ubican sobre dichas formaciones.

*Cuernavaca, Toluca, Puebla, San Juan del Río, Querétaro y la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.* Se ubican en regiones en donde existen rocas volcánicas con alta permeabilidad.

*Mérida y Campeche.* Se sitúan sobre calizas con un alto grado de disolución, lo que les proporciona una muy elevada permeabilidad. En estas regiones puede darse fácilmente la contaminación de acuíferos.

*Tapachula, Villahermosa, Coatzacoalcos, Poza Rica y Veracruz.* Se localizan sobre materiales aluviales, que en la mayoría de los casos son muy permeables y descansan sobre otras rocas también de tipo sedimentario, con capacidad para formar acuíferos.

*Chihuahua, Monclova, Torreón, Ciudad Juárez, Gómez Palacio y Monterrey.* Son ciudades que se ubican próximas a afloramientos de calizas y de aluviales permeables, por lo que se debe poner especial cuidado en el lugar en donde se ubican sitios de disposición final de residuos sólidos municipales.

*Delicias y Hermosillo.* Se sitúan sobre aluviones permeables que conforman acuíferos, en ocasiones con niveles piezométricos profundos; sin embargo, sería importante evaluar la facilidad con que el agua subterránea puede verse contaminada.

*Mexicali, Piedras Negras, Nogales, San Luis Río Colorado y Nuevo Laredo.* Estas poblaciones se localizan en la franja fronteriza, en donde los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales pueden estar recibiendo residuos industriales peligrosos.

Las cargas orgánicas correspondientes a los residuos sólidos municipales que se generan en las localidades antes mencionadas, pueden observarse nuevamente en la tabla 4.1 que se comentó con anterioridad.

Considerando para todas las localidades una infiltración constante de 150 mm/año y una altura para el relleno también constante de 20 m, se obtiene que para cada uno de ellos se tendría una concentración potencial en el lixiviado (expresada como DBO) de 150 ton/m<sup>3</sup>, que equivale a una carga orgánica típica de aguas negras semejante a 500,000 habitantes.

## VI

---

# Requerimientos de equipamiento e inversión

**A**dicionalmente se estimó, por medio de indicadores estadísticos previamente analizados, el equipamiento necesario por localidad, tanto en infraestructura (rellenos sanitarios, estaciones de transferencia), como en equipo (vehículos recolectores, barredoras). Lo anterior se proyectó en función del crecimiento esperado de las poblaciones.

Dicha estimación se realizó con base en las consideraciones que se presentan en la tabla 6.1



**Tabla 6.1**  
**Consideraciones promedio para el cálculo de inversiones**

Un camión de carga trasera por cada 15.3m <sup>3</sup> o 6.9 ton/viaje
Los camiones de volteo atienden el 8% de los residuos generados por las localidades consideradas
Una eficiencia de 2 viajes por día en promedio por vehículo
Una barredora mecánica cada 1000,000 habitantes
Un contenedor de 6 m <sup>3</sup> por cada 12,500 habitantes
Una estación de transferencia con generadores entre 500 y 1,000 ton/día
1,200 m <sup>2</sup> de terreno y 900 m <sup>2</sup> de construcción para la estación de transferencia
0.12 hectáreas por tonelada generada/día para la construcción del relleno sanitario con una vida útil de 10 años
Un cargador frontal por cada 300 toneladas de manejo diario de residuos
Un compactador por cada 600 toneladas de manejo diario de residuos

Una vez identificadas las necesidades de equipamiento por localidad, se estimaron montos de inversión por habitante, por kilogramo de residuos generados, por región, y algunos otros parámetros de interés, de tal forma que, mediante el desarrollo de un modelo matemático, pudieron establecerse necesidades de inversión por ciudad de acuerdo a su zona, población o generación de residuos, como se muestra en las tablas 6.2 y 6.3

**Tabla 6.2**  
**Inversión anual promedio estimada por habitante y región (por rubro del sistema de limpia). Montos a precios de mayo de 1997**

Región	Recolección	Barrido	Transferencia	Relleno sanitario	Instalaciones auxiliares	Total
Frontera	\$ 14.51	\$ 2.55	\$ 11.75	\$ 16.11	\$ 0.68	\$ 45.60
Norte	\$ 14.35	\$ 2.56	\$ 23.48	\$ 16.16	\$ 0.70	\$ 57.25
Centro	\$ 14.91	\$ 2.48	\$ 15.57	\$ 16.37	\$ 0.77	\$ 50.10
Sureste	\$ 14.59	\$ 2.55	\$ 11.66	\$ 16.97	\$ 0.70	\$ 46.47
Occidente	\$ 13.97	\$ 2.57	\$ 18.73	\$ 15.43	\$ 0.68	\$ 51.38

**Tabla 6.3**  
**Inversión anual promedio estimada por tonelada por región**  
**(por rubro del sistema de limpia)**  
**Montos a precios de mayo de 1997**

Región	Recolección	Barrido	Transferencia	Relleno sanitario	Instalaciones auxiliares	Total
Frontera	\$ 45.47	\$ 7.99	\$ 36.37	\$ 50.48	\$ 2.15	\$ 142.46
Norte	\$ 45.36	\$ 8.19	\$ 65.51	\$ 51.74	\$ 2.26	\$ 173.06
Centro	\$ 47.14	\$ 7.84	\$ 49.97	\$ 51.71	\$ 2.44	\$ 159.10
Sureste	\$ 44.92	\$ 7.85	\$ 31.21	\$ 52.28	\$ 2.18	\$ 138.44
Occidente	\$ 45.91	\$ 8.46	\$ 61.58	\$ 50.71	\$ 2.25	\$ 168.91

Se estimó, de acuerdo con las necesidades de cada localidad, cuál es la infraestructura mínima necesaria para dar un servicio adecuado hasta el año 2010, y cuál será la infraestructura deseable con parámetros establecidos en el país o en comparación con otros países.

Una vez realizado el análisis de inversión y equipamiento para cada localidad, se determinó que la inversión anual en promedio requerida por habitante a nivel nacional, para el sistema de limpia<sup>1</sup> fue de \$50.16 y por tonelada de \$156.40 (a precios de mayo de 1997), tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 6.4**  
**Indicadores promedio de inversión anual**  
**para las localidades estudiadas. Montos a precios de mayo de 1997**

Inversión promedio por habitante	\$ 50.16
Inversión promedio por tonelada	\$ 156.40

Es importante hacer notar que se consideraron los requerimientos de inversión *independientemente de la infraestructura actual con la que cuenta cada una de las localidades*, tomando el año de 1997 como *año cero*.

Las cifras de inversión estimadas para cada una de las 118 localidades estudiadas, a valores de 1995, pueden apreciarse por región geográfica en las tablas 6.5, 6.6, 6.7, 6.8 y 6.9.

<sup>1</sup> El sistema de limpia se divide en los siguientes rubros: servicio de recolección, de barrido, estación de transferencia, dispositivo final e instalaciones auxiliares.

**Tabla 6.5**  
**Proyección de la inversión de las localidades consideradas (región fronteriza). En miles de pesos**

Localidades	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ensenada	2,805	3,189	2,805	2,815	25,390	4,042	3,811	3,915	3,369	3,820	39,705	4,449	5,944	4,368
Juárez	7,416	8,104	7,801	10,275	74,696	35,048	12,645	11,509	11,420	14,163	84,357	38,062	16,667	16,423
Matamoros	3,689	3,467	3,175	3,457	27,876	4,337	17,982	4,443	4,845	4,424	30,557	10,452	17,936	5,679
Mexicali	3,785	18,172	4,531	5,498	33,936	6,862	10,141	18,366	7,115	6,807	35,839	8,978	10,559	20,563
Nogales	900	910	1,425	900	12,199	1,674	1,425	1,666	1,897	910	12,663	2,169	1,664	2,125
Nvo. Laredo	1,560	2,841	1,570	2,085	17,820	2,051	2,085	3,238	4,146	2,324	18,255	2,586	2,557	4,095
Piedras Negras	1,005	490	480	480	9,273	743	962	489	1,005	480	9,231	1,268	2,010	489
Reynosa	2,115	2,275	3,031	2,265	21,367	2,513	2,612	2,756	3,427	3,122	21,634	3,019	3,385	3,227
Río Bravo	1,185	670	660	660	10,651	952	1,132	1,194	670	660	10,599	1,448	1,132	1,748
San Luis Río Colorado	1,795	1,260	1,785	1,270	15,740	1,795	2,498	1,795	2,257	1,269	16,568	2,266	2,433	2,266
Tijuana	11,005	9,850	34,148	9,860	83,960	12,520	20,242	15,521	36,615	13,941	88,895	17,958	63,447	22,382

**Tabla 6.6**  
**Proyección de la inversión de las localidades consideradas (región norte). En miles de pesos**

Localidades	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Apodaca	1,657	1,425	910	1,507	11,905	1,906	2,106	1,382	1,434	1,372	12,701	2,378	2,578	1,391
Cajeme	2,505	4,849	2,515	2,505	20,865	4,042	2,987	5,097	3,278	2,987	21,871	5,526	3,550	6,103
Cd. Mante	1,072	780	1,315	780	11,503	1,777	1,053	1,387	1,261	1,597	11,437	2,249	1,052	1,851
Cd. Cuauhtémoc	720	730	1,537	720	11,201	720	730	1,254	2,212	720	11,756	1,022	1,254	1,201
Cd. Victoria	2,781	2,035	1,500	2,035	17,497	2,307	3,178	4,548	2,327	2,506	17,942	3,153	3,660	4,816
Chihuahua	4,015	6,485	5,529	10,173	36,615	17,709	6,303	8,988	7,663	11,172	38,840	20,348	8,417	14,169
Culiacán	6,152	5,699	10,363	5,626	50,710	6,824	7,968	8,357	12,034	6,589	54,105	8,863	12,467	10,954
Delicias	720	720	1,537	720	10,678	1,254	720	1,245	1,455	730	11,284	2,250	1,245	1,202
Durango	2,755	2,755	3,129	2,755	20,197	3,528	3,236	3,226	3,573	3,602	27,855	4,273	18,055	4,232
Fresnillo	1,435	900	1,435	900	12,927	910	1,673	1,435	1,381	1,435	12,866	2,190	2,179	1,673
Gómez Palacio	2,155	2,145	2,529	1,620	18,697	2,155	4,960	2,627	2,963	2,229	20,299	2,636	5,199	3,108
Gral. Escobedo	1,125	600	600	1,135	9,604	609	1,607	892	1,357	1,606	9,614	1,134	1,553	1,480
Guadalupe	360	360	360	885	8,148	369	360	360	652	1,367	8,147	369	360	360
Guaymas	2,121	840	850	1,365	11,551	1,457	1,994	1,657	849	1,322	12,076	1,395	2,528	2,100
Hermosillo	4,231	3,767	4,082	17,348	31,263	5,628	5,162	5,723	10,893	17,376	32,509	7,583	7,304	6,961
La Paz	1,090	1,897	1,080	1,615	13,444	2,161	1,614	2,108	1,615	1,561	13,968	2,642	3,217	2,088
Los Mochis	2,267	1,965	1,450	1,975	18,074	1,834	2,719	2,437	1,984	3,973	18,763	2,331	3,201	2,909
Madero	1,785	1,260	1,785	1,270	15,713	1,269	2,267	1,785	1,732	1,804	16,006	1,794	2,748	1,732
Mazatlán	1,975	1,440	1,975	1,975	18,429	2,709	1,931	1,975	5,548	2,446	18,874	3,191	2,841	2,446
Mondlova	2,025	1,510	2,025	2,025	16,108	3,144	2,507	2,266	2,507	4,831	16,632	3,588	2,978	2,493

**Tabla 6.6 (continuación)**  
**Proyección de la inversión de las localidades consideradas (región norte). En miles de pesos**

Localidades	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Monterrey	16,985	18,629	17,568	17,882	175,477	59,342	25,911	74,320	30,269	30,172	186,094	71,406	42,786	146,934
Navojua	1,365	1,597	1,375	840	11,541	1,456	1,614	2,046	1,321	1,365	12,077	1,395	2,109	2,296
Parral	540	550	1,065	540	9,535	1,065	540	559	1,012	1,065	9,827	1,012	1,075	558
Saltillo	3,475	5,131	3,485	17,872	30,729	6,142	3,956	7,243	9,831	18,299	32,632	7,441	5,859	8,451
San Luis Potosí	5,858	4,135	5,931	10,897	37,586	18,181	8,579	6,330	6,847	13,198	39,624	21,311	13,291	8,444
San Nicolás	4,332	18,112	4,471	5,428	32,983	11,514	6,173	17,420	6,674	8,007	35,642	13,177	7,661	19,532
San Pedro	1,305	1,072	780	1,315	10,737	780	1,777	1,043	780	1,878	10,737	2,354	1,724	1,043
Santa Catarina	1,795	1,785	1,795	1,552	15,449	1,785	2,276	3,388	1,751	2,048	15,930	4,591	2,758	3,748
Soledad	960	1,577	960	1,777	12,844	1,957	960	2,050	960	2,522	13,367	1,904	1,495	2,521
Tampico	2,805	2,815	3,179	2,805	25,118	3,097	3,287	3,286	3,906	3,968	26,346	3,842	17,339	4,282
Torreón	5,108	3,617	3,535	17,932	31,270	5,730	5,432	5,886	10,639	18,126	32,649	7,029	7,335	8,002
Valles	850	1,365	840	1,365	11,298	1,785	1,456	1,312	1,667	1,312	11,821	1,795	1,920	1,312
Zacatecas	1,135	600	600	600	10,148	1,357	1,081	1,135	892	600	10,618	1,292	1,081	1,606

**Tabla 6.7**  
**Proyección de la inversión de las localidades consideradas (región centro). En miles de pesos**

Localidades	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Acapulco	8,303	9,132	10,345	8,303	99,033	12,858	13,592	12,541	20,469	12,320	102,858	17,673	19,012	56,319
Alizapán	2,755	3,037	3,362	2,755	25,595	3,318	3,760	3,782	4,529	3,834	39,921	4,316	5,368	4,841
Atlixco	850	1,365	840	1,365	11,250	1,103	1,466	1,312	1,657	1,312	11,784	1,103	1,929	2,069
Chalco	3,511	3,047	3,362	2,745	24,906	3,227	4,432	3,791	3,864	4,108	38,939	4,232	7,332	5,213
Chilpancingo	1,125	600	610	1,125	10,312	619	1,072	1,125	911	1,072	10,837	618	1,082	1,597
Chimalhuacán	2,455	4,789	2,455	2,455	22,414	2,927	2,936	5,329	3,460	3,218	23,339	3,408	17,816	6,307
Coacalco	3,325	3,325	2,810	3,617	16,961	3,344	3,272	3,807	3,708	4,060	17,443	5,857	4,099	5,034
Cuautitlán	3,569	3,347	3,055	3,045	27,856	3,956	4,523	18,419	4,060	4,716	28,862	11,474	5,849	17,694
Cuatitla	1,260	1,795	1,795	1,552	15,449	3,022	1,795	2,116	2,276	2,048	15,930	5,462	2,568	2,078
Cuernavaca	3,879	3,647	3,962	4,636	42,975	5,520	5,125	5,895	10,248	6,777	42,928	7,746	7,623	7,709
D.F.	989,707	741,940	778,044	812,707	7,728,589	1,466,780	2,208,096	1,646,189	1,730,117	2,230,876	8,801,481	3,039,357	3,402,866	3,386,946
Ecatepec	11,713	8,914	33,946	10,568	86,331	13,245	16,356	17,838	37,726	14,956	91,194	18,931	59,880	23,116
Huixquilucan	1,140	1,865	1,140	1,675	14,547	2,177	1,675	2,137	1,665	2,006	15,019	2,672	2,156	4,651
Iguala	840	1,365	850	840	11,784	1,103	840	1,919	859	1,132	12,256	1,103	1,365	1,858
Ixtapaluca	1,382	1,605	1,605	1,090	13,949	1,626	2,179	2,077	1,552	1,624	14,421	2,526	2,107	2,549
Jiutepec	720	1,255	1,012	720	10,729	1,202	720	2,482	993	1,327	10,677	2,018	730	2,879
Metepec	1,735	1,200	1,725	1,210	15,171	2,207	2,206	1,200	2,207	2,108	15,614	2,688	4,720	2,027
Naucalpan	4,992	5,564	11,147	5,948	52,562	8,284	5,946	7,730	13,605	7,321	54,714	11,007	9,838	11,135
Netzahual- coyotl	11,480	18,186	12,377	11,188	128,920	17,517	15,055	22,428	55,422	17,784	135,651	23,695	22,128	34,891
Nicolás Romero	2,095	2,085	3,226	2,095	16,901	5,122	2,858	2,567	3,595	3,015	17,436	5,337	4,128	3,038
Pachuca	1,725	1,210	1,725	1,725	15,157	1,734	2,207	1,966	2,197	2,582	15,651	1,691	2,678	4,750

**Tabla 6.7 (continuación)**  
**Proyección de la inversión de las localidades consideradas (región centro). En miles de pesos**

Localidades	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Puebla	14,097	14,472	14,412	14,914	178,539	27,595	21,757	24,123	29,561	25,120	233,535	42,572	35,134	38,202
Querétaro	11,490	5,866	6,673	6,241	52,375	7,639	13,676	8,543	9,352	11,585	54,895	35,629	17,393	13,296
San Juan del Río	1,072	780	1,315	780	11,971	1,261	1,650	1,607	1,261	1,315	11,917	1,796	2,406	2,049
Taxco	840	1,365	850	840	11,765	1,103	1,447	1,322	1,666	840	11,713	1,638	1,386	1,846
Tecamác	2,384	1,020	1,847	1,020	13,190	1,039	2,772	1,545	2,067	1,545	13,662	1,049	3,244	2,392
Tehuacán	1,687	1,372	1,615	1,080	13,969	1,614	1,626	1,878	1,853	1,615	14,440	1,561	2,161	3,480
Tlanepantla	6,219	7,491	7,933	7,116	70,454	12,089	8,080	10,203	34,339	10,680	73,695	16,124	11,643	19,102
Tlaxcala	360	360	360	360	8,119	885	360	360	360	370	8,412	832	967	360
Toluca	5,848	5,649	10,293	7,130	49,114	6,894	7,076	8,015	12,722	9,640	51,780	11,366	9,713	10,722
Tulancingo	600	600	1,135	600	9,604	1,597	902	600	1,606	600	10,138	1,627	2,153	600
Tultitlán	2,265	2,649	2,265	2,275	21,321	2,658	2,737	3,093	3,029	2,756	22,346	3,395	3,219	3,564

**Tabla 6.8**  
**Proyección de la inversión de las localidades consideradas (región occidente). En miles de pesos**

Localidades	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Aguascalientes	3,774	3,631	2,885	3,691	27,431	3,658	4,783	5,318	5,153	4,615	28,738	4,727	12,106	6,499
Apatzingán	660	660	1,195	660	10,136	1,185	952	670	1,141	1,185	10,136	1,132	1,448	762
Celaya	2,695	3,219	3,069	2,695	24,516	3,722	3,176	4,930	3,795	3,332	24,999	18,572	3,658	6,986
Colima	780	1,305	1,072	790	11,261	1,546	780	1,787	1,043	1,396	11,126	1,856	1,305	1,733
Guadalajara	22,217	68,545	23,861	26,660	251,604	37,217	40,076	138,040	39,659	44,069	267,776	54,998	132,769	158,004
Guanajuato	1,485	970	1,567	1,717	12,426	1,495	1,432	1,494	1,506	2,250	12,396	2,258	1,957	1,451
Irapuato	2,695	2,695	3,594	2,685	22,679	5,569	3,700	3,933	4,277	3,838	37,035	6,547	5,844	4,338
Lagos de Moreno	1,435	900	1,425	900	11,603	2,264	1,673	1,435	1,372	1,425	11,601	2,662	1,644	2,198
Lázaro Cárdenas	1,485	1,567	888	1,859	12,844	1,494	1,967	1,506	1,712	2,156	12,843	1,976	2,438	2,416
León	8,903	8,074	8,145	10,863	73,185	35,699	13,602	11,647	13,061	21,146	78,108	38,796	18,397	17,402
Manzanillo	900	1,425	900	1,435	11,564	2,272	900	1,897	910	1,906	11,564	3,007	900	2,379
Morelia	6,396	7,305	7,445	6,024	61,788	9,326	9,146	11,935	10,472	33,077	66,211	12,810	13,238	16,109
Pto. Vallarta	1,495	960	2,324	1,262	12,658	1,485	1,451	1,485	2,712	1,609	13,130	1,967	1,450	1,957
Salamanca	2,661	1,682	1,905	1,915	15,533	2,396	3,433	2,187	2,377	3,913	16,350	2,878	3,868	2,669
Silao	1,305	1,072	780	1,305	10,748	1,314	2,009	1,043	1,397	1,252	11,563	1,261	2,468	1,043
Tepec	1,905	1,682	1,915	1,905	16,253	2,386	2,762	2,177	2,629	2,387	19,111	2,868	3,195	2,659
Tlaquepaque	2,695	3,219	3,069	3,441	22,707	6,094	3,176	3,940	4,120	3,922	37,586	7,019	5,604	5,000
Tonalá	1,967	1,140	1,675	1,675	14,825	1,967	2,409	1,675	2,146	2,006	15,284	2,409	2,891	4,480
Uruapan	1,732	1,975	1,965	1,450	17,281	2,831	2,228	2,456	4,489	2,266	17,763	3,264	3,841	2,938
Zamora	970	960	1,567	1,262	13,357	1,432	1,494	970	2,031	1,306	14,133	1,957	1,441	1,504
Zapopan	6,528	6,526	8,101	6,912	65,964	9,174	11,473	9,203	10,619	34,669	70,878	12,777	14,729	19,409
Ziácuaro	660	660	1,185	670	10,145	1,185	952	670	1,657	1,426	10,145	1,657	933	1,276



**Tabla 6.9**  
**Proyección de la inversión de las localidades consideradas (región sureste). En miles de pesos**

Localidades	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Boca del Río	1,930	5,244	2,747	2,455	20,776	2,936	2,828	5,446	3,199	3,218	21,258	3,407	3,565	6,534
Campeche	970	1,485	960	1,577	12,861	1,777	979	1,432	1,495	2,198	13,385	1,705	1,795	1,967
Cancún	2,635	2,625	3,534	2,625	21,138	6,780	3,116	3,389	4,532	3,181	36,007	7,106	5,301	4,449
Cd. del Carmen	1,795	1,260	1,785	1,270	15,740	1,795	2,498	1,795	2,257	1,269	16,568	2,266	2,433	2,266
Chetumal	660	1,185	670	660	10,660	952	670	1,657	669	743	11,132	933	669	2,885
Coatzacoalcos	4,909	2,565	2,575	3,474	21,332	3,056	5,449	4,318	3,056	4,690	21,805	17,936	5,902	6,376
Córdoba	720	1,255	1,012	720	11,395	1,255	720	1,726	993	803	11,920	1,211	1,012	2,198
Mérida	8,413	10,548	8,413	8,423	99,235	14,501	11,989	15,239	17,855	13,337	103,051	19,287	17,783	58,149
Minatitlán	1,200	1,735	1,957	1,735	14,137	2,761	1,735	1,681	2,416	2,206	14,137	3,589	2,206	1,691
Oaxaca	2,215	2,579	2,215	1,680	20,562	3,189	2,686	3,024	2,686	2,589	20,830	3,640	3,450	3,505
Orizaba	1,185	660	670	660	10,669	952	1,132	1,185	679	660	11,141	1,680	1,132	1,739
Poza Rica	1,495	960	960	1,567	12,844	1,777	1,441	960	1,495	1,432	13,367	1,695	1,976	1,252
Tapachula	2,709	2,325	2,335	4,367	19,580	2,325	3,153	2,797	3,191	4,635	20,084	3,089	3,635	4,025
Tuxpan	1,305	1,072	790	1,305	11,503	780	1,777	1,053	789	1,859	11,427	1,607	1,724	1,052
Tuxtla Gutiérrez	4,617	2,867	2,050	2,565	21,690	3,811	4,884	3,319	3,400	3,047	22,888	4,576	5,448	3,790
Veracruz	2,927	2,625	2,635	2,625	22,994	3,938	3,379	3,097	3,408	3,097	23,439	4,463	4,153	4,408
Villahermosa	3,167	3,482	2,875	2,875	26,943	3,356	4,376	4,194	3,963	3,648	40,975	4,362	5,971	4,647
Xalapa	2,455	4,719	2,747	2,455	20,785	2,927	3,311	4,964	3,199	3,218	21,268	3,932	4,036	5,529

## VII

---

# Indicadores de inversión

**D**espués de analizar las cifras de inversión por región geográfica de las tablas anteriores, se calculó un promedio de inversión total, así como por habitante y por tonelada de residuos generados. La inversión promedio según el número de habitantes de las localidades que comprende el estudio se muestra a continuación:

- Inversión promedio para localidades pequeñas (menores a 150,000 habitantes)

Inversión promedio	\$ 4'683,556
Por habitante	\$ 38.96
Por tonelada	\$ 123,81
  
- Inversión promedio para localidades medianas (mayores de 150,000 y menores de 300,000 habitantes)

Inversión promedio	\$ 7'592,023
Por habitante	\$ 39.86
Por tonelada	\$ 122.41
  
- Inversión promedio para localidades grandes (mayores de 300,000 y menores de 600,000 habitantes)

Inversión promedio	\$ 15'991,397
Por habitante	\$ 39.21
Por tonelada	\$ 127.99
  
- Inversión promedio para localidades muy grandes (mayores de 600,000 habitantes)

Inversión promedio	\$ 50'762,469
Por habitante	\$ 53.19
Por tonelada	\$ 169.27

*Estadísticas e indicadores de inversión sobre residuos sólidos municipales en los principales centros urbanos de México*, se terminó de imprimir en el mes de noviembre de 1997, en los Talleres de Desarrollo Gráfico Editorial S.A. de C.V. Municipio Libre 175, Col. Portales, México D.F.

La composición tipográfica estuvo a cargo de Enkidu Editores S.A. de C.V. La edición y la producción estuvieron al cuidado de la Coordinación de Participación Social y Publicaciones del INE.

El tiraje fue de 1000 ejemplares.

