

IV CONGRESO NACIONAL DE RECURSOS HIDRAULICOS

DETERMINACION DE LOS INDICES DE GENERACION Y DE LA COMPOSICION DE DESECHOS SÓLIDOS

Eric Solano Mora
PROGRAMA EN DESARROLLO URBANO
SOSTENIBLE (PRODUS)
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

RESUMEN

El manejo de las basuras o desechos sólidos incluye: almacenamiento, recolección, transporte, y disposición final. Para el diseño y operación óptimos de estos elementos se requiere conocer las cantidades y composición de los desechos sólidos en la zona de estudio. Las metodologías empleadas para tal fin en los países desarrollados presentan algunos inconvenientes al aplicarlas en Costa Rica. El objetivo de este artículo es proponer algunas modificaciones a esas metodologías, para emplearlas en las zonas rurales y urbanas del país. Por otra parte, se espera que las distintas entidades encargadas del manejo de los desechos sólidos, reconozcan la necesidad de realizar mediciones de cantidad y calidad, y de revisar más a fondo estos métodos. Se presenta el estudio de un caso en la ciudad de Quepos, en donde se comprobó la bondad de los métodos propuestos; por ejemplo, el índice de generación per cápita fue de 0.39 kg/habitante-día y la proporción de materia orgánica fue mayor al 70%, resultados completamente razonables para esta zona rural.

DETERMINACION DE LOS INDICES DE GENERACION Y DE LA COMPOSICION DE DESECHOS SÓLIDOS.

1. Introducción.

El manejo de los desechos sólidos incluye las siguientes etapas: generación, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final. Estos componentes conforman un sistema, por lo que se encuentran estrechamente interrelacionados. Por ejemplo, las técnicas de recolección actuales en el Área Metropolitana pueden verse drásticamente alteradas, si la población cambia su costumbre de utilizar la bolsa plástica para almacenar los desechos sólidos. Otro ejemplo es el del transporte, el cual puede realizarse en los mismos camiones recolectores, o bien mediante vehículos más grandes previo traslado en una estación de transferencia. Esto último depende en gran medida de la distancia a que se encuentren las instalaciones de disposición final y la forma en que ésta se realiza.

Otra relación de mucha importancia es la que existe entre la generación y el resto de los componentes. Los aumentos en el volumen de desechos sólidos generados en una comunidad, tendrán un gran impacto en el sistema en su totalidad; se necesitarán más vehículos recolectores, más recorridos o mayor capacidad por camión, estaciones de transferencia más grandes y mayor espacio en el relleno sanitario, para citar sólo algunos aspectos. Por esto, si se pretende diseñar y operar un sistema óptimo de manejo de desechos sólidos, una de las primeras actividades es la cuantificación de los desechos generados en el asentamiento humano en estudio.

La medición de las cantidades debe realizarse para tres grupos generadores diferentes: los domicilios, los comercios y las industrias. Las unidades empleadas para tal fin, son usualmente las siguientes: para las áreas residenciales se cuantifica en kilogramos per-cápita por día (kg/(hab-día)), para las zonas comerciales en kilogramos por empleado y por día (kg/(emp-día)). Para las industrias se emplean unidades escogidas de acuerdo al tipo de producción que desarrollen.

Paralela a la cuantificación de la totalidad de los desechos generados, debe realizarse la actividad de determinar su composición, para conocer el porcentaje en peso de cada tipo de material que integra el flujo: plásticos, papel, cartón, tela, metales, residuos de comida, vidrio, etc. Estos datos pueden ser de suma utilidad, en el desarrollo de programas de recuperación y reciclaje como parte integrante de un manejo

adecuado de desechos sólidos. La composición del flujo de desechos se puede expresar en términos porcentuales, o bien se pueden utilizar índices de producción per-cápita para cada material. Tanto el volumen como la composición del flujo de desechos en una población determinada dependen de factores, demográficos, geográficos, climáticos, etc; por ejemplo el tamaño del lugar, el nivel de ingresos de la población, la estación del año, etc.

Las metodologías empleadas en los países desarrollados para determinar la calidad y cantidad de desechos sólidos, no son del todo aplicables en Costa Rica. Surgen muchas dificultades al tratar de utilizarlas, y es preferible buscar alternativas para la realización de dicha tarea en las áreas urbanas y en las áreas rurales de nuestro país.

2. Revisión de literatura.

Para realizar los estudios de cantidad y calidad de desechos sólidos debe seguirse un procedimiento de muestreo y análisis. El muestreo de los desechos es una técnica estadística basada en la probabilidad, y es el proceso de remover una porción de la totalidad del flujo de desechos, de tamaño conveniente para ser analizada, y de manera que la proporción y distribución de los componentes a ser examinados, sean iguales en la muestra y en la totalidad del flujo.

En algunos países desarrollados, ya se han establecido estándares para estos procedimientos de muestreo y análisis. Sin embargo, en muchas ocasiones es difícil comparar desechos de diferentes áreas puesto que no siempre se conocen los métodos que se emplearon para el muestreo. Las muestras se toman usualmente en los siguientes lugares:

- Sitio de disposición final,
- estaciones de transferencia,
- fuentes generadoras.

Para los **análisis de cantidades** (REFERENCIA # 3), se usa:

a) Tomar los registros de las balanzas a la entrada de los rellenos sanitarios. Se tienen además los datos demográficos necesarios para derivar los índices de generación per-cápita.

Para los **análisis de composición**, se puede optar por los siguientes métodos:

a) Tomar muestras de los camiones recolectores que entran al relleno sanitario.

b) Muestrear un camión entero. Se debe conocer la ruta

realizada por el camión y se deben tener los datos demográficos de la zona.

c) Muestreo de casas individuales. Se escoge uno o varios bloques de la ciudad, y se recogen los desechos. Se deben conocer los datos censales de este bloque.

d) Análisis de flujo de productos. Este método consiste en la realización de un balance de masas, en el que se toman en cuenta las siguientes variables: composición de los productos de consumo, ventas y vida útil del producto, para obtener la cantidad de materiales descartados. Este método es conveniente para una visión a nivel nacional.

Para la determinación de los índices per-cápita de generación para cada material, se emplea también el método de entrega voluntaria de los materiales desechados, a un centro.

En la aplicación de estos métodos se deben tener en cuenta las diferentes **fuentes de generación posibles**, a saber:

a) Desechos domésticos: casas individuales multi-familiares y edificios de apartamentos. Los estudios de composición en las zonas residenciales, deben hacerse preferiblemente, si los datos van a ser usados posteriormente para estructurar un programa de recuperación de materiales. Las distintas clasificaciones de materiales que se hagan en el estudio, dependen de la utilidad que se vaya a tener de los datos obtenidos; por ejemplo, si se piensa montar un sistema de recuperación de solamente papel, es conveniente clasificar todos los tipos de papel, y reunir por el contrario a todos los tipos de vidrio en un solo ítem.

b) Desechos comerciales: tiendas, restaurantes, mercados, oficinas, hoteles y moteles, instituciones. En este caso, los estudios de clasificación dependen de la naturaleza de la fuente. El tipo de desechos generados en cada sector, determinará si la separación en la fuente y la recolección de materiales por separado es viable, o si sería más económico recolectarlos junto con los desechos sólidos domésticos para disposición final. En el caso de las oficinas, lo que más se genera es papel, por lo que sería conveniente medir esta generación. En el caso de los restaurantes, lo que más se genera es material orgánico putrescible, que por lo general sirve de alimento para cerdos. En los hoteles y moteles, el tipo de desechos es muy similar a los desechos domésticos.

c) Desechos industriales: fábricas, refinerías, minería, etc. Este tipo de desechos se clasifica en tres (REFERENCIA #6): desechos sólidos industriales peligrosos, desechos sólidos industriales no peligrosos y desechos hospitalarios. En estos últimos a su vez, puede haber desechos de tipo doméstico y desechos peligrosos.

d) Desechos de construcciones y demoliciones.

La extracción de las muestras, se debe hacer de los desechos sólidos en bruto (Referencia #6). De una muestra inicial, se toman sub-muestras, para los análisis posteriores. Los tamaños de estas sub-muestras separadas para evaluaciones de balance de masa y material, dependen del tamaño nominal del material que las compone. Para la basura en bruto, el tamaño de la sub-muestra debe estar entre los 100 y los 200 kg. La manera de extraerlas es mediante el cuarteo. Los desechos se vierten para formar un cono, este se divide en cuatro cuartos iguales, y las esquinas opuestas se recombinan. El análisis físico consiste en la determinación de la densidad, del contenido de humedad, de la distribución de tamaños y de la composición.

3. Procedimientos para el análisis de los desechos sólidos en Costa Rica.

3.1 Inconvenientes.

Los inconvenientes presentados por los métodos citados en el apartado anterior, para el análisis de cantidad y composición de desechos sólidos en Costa Rica, se discutirán a continuación.

Los sitios de disposición final en casi todas las ciudades de nuestro país son en su mayoría botaderos a cielo abierto. No poseen ningún control sanitario, ni hay forma de medir la cantidad de desechos que ingresan. Únicamente en Río Azul, se dispone de una balanza a la entrada de las instalaciones. Se puede obtener la cantidad total de desechos que ingresan al año procedente de los cantones pertenecientes al Convenio Cooperativo Intermunicipal (COCIM), sin embargo no se puede probar que este volumen sea la totalidad de los desechos generados en esta área. Una cantidad desconocida es dispuesta inadecuadamente por los habitantes, ya sea en las márgenes de los ríos, en botaderos clandestinos, o en lotes baldíos. Por esta razón, si se divide la cantidad total de desechos ingresados a Río Azul entre la población total censada del COCIM, se obtendrá un índice de generación per-cápita apenas aproximado.

En la mayoría de las Municipalidades no hay un diseño de rutas para los camiones recolectores. Por esta razón, el muestreo directamente de los camiones entrando al sitio de disposición, representaría una serie de dificultades. No se conocería con exactitud el área recolectada. Por otro lado, este método presupone la existencia de una base de datos demográficos actualizados de la zona en estudio. Dividiendo la cantidad total recolectada entre la población censada en el área de estudio, se obtendría el índice de generación per-cápita.

En el muestreo de todas las casas de un bloque o región de la zona en estudio, los datos demográficos son también de vital importancia. Si no se tienen, difícilmente se podrá obtener un resultado valioso. En Costa Rica, el último censo se realizó en 1984, y la cartografía censal ha sido actualizada en muy pocas regiones.

En el método de establecimiento de un centro de entrega de desechos sólidos, se escoge cierta cantidad de residencias para que lleven voluntaria y periódicamente los desechos producidos. Se hace el análisis de cantidad y calidad y se toman los datos necesarios de cada familia. El problema radica en el sesgo que eventualmente se produciría, cuando las personas participantes dejen de desechar algunos materiales, por temor, duda o cualquier otra razón.

3.2. Alternativas.

Para un estudio de composición y cantidad de desechos sólidos en áreas rurales o ciudades pequeñas de nuestro país, es conveniente tomar las muestras directamente de las casas de habitación. Se hace un muestreo sistemático o aleatorio en la zona de estudio, escogiendo un porcentaje determinado de viviendas. La cooperación de las personas es de mucha importancia, puesto que la confiabilidad de los datos depende de si entregan la totalidad de los desechos en el momento indicado. Por esto, y para evitar que las personas cooperantes hagan una selección previa de los desechos, no se les debe explicar en la medida de lo posible, en qué consiste la prueba. El segundo paso importante, es la recolección de datos demográficos en cada una de las unidades habitacionales muestreadas. La recolección de los desechos puede hacerse con un vehículo de baja capacidad, sin que los costos de combustible sean altos.

Para las ciudades grandes, en donde las zonas residenciales y comerciales tienen un área considerable, la metodología explicada en el párrafo anterior no es del todo adecuada. En este caso, el sector comercial es generador de grandes volúmenes y debe estudiarse simultáneamente con el sector residencial. La dificultad mayor radicaría en la recolección, puesto que si las unidades habitacionales o comerciales escogidas se encuentran bien distribuidas en el área de estudio, los gastos en combustibles hacen elevar los costos totales de la investigación.

La alternativa para grandes ciudades es la escogencia de un sector determinado para realizar el estudio. La recolección de los desechos se realiza corrientemente en el camión municipal, sin previo aviso a los habitantes. De esta manera se conoce con exactitud la ruta realizada por el camión, y se obtiene el peso recolectado en la zona. Posterior a esta etapa, se procede a encuestar a todas las unidades habitacionales, para la obtención de datos de población reales. Si las zonas comerciales están

bien definidas y aisladas de los centros poblacionales, se procede de la misma manera. Con este método se puede obtener una buena aproximación de los índices de generación residencial y comercial.

4. Estudio de un caso.

El siguiente estudio fue realizado en la ciudad de Quepos, entre los meses de junio y julio de 1992, bajo contrato con la Asociación pro Conservación Acuática (APROCA). Uno de los objetivos del proyecto era determinar las características físicas de los desechos sólidos residenciales.

4.1. Datos básicos.

La ciudad de Quepos es la cabecera de Aguirre, cantón sexto de la Provincia de Puntarenas. Algunos datos importantes se presentan en la siguiente tabla:

TABLA #1
DATOS BASICOS DEL CANTON DE AGUIRRE.

DISTRITOS	VIVIENDA	AREA (km2)	POBLACION	DENSIDAD (Hab/km2)
1. Quepos	2180	229.16	9093	40
2. Savegre	502	216.24	2466	11
3. Naranjito	439	104.64	1760	17
TOTAL	3121	550.04	13319	24

La fuerza de trabajo según el sector de actividad es la siguiente:

Sector primario:	52.5%
Sector secundario:	10.0%
Sector terciario:	24.7%
Actividades no bien especificadas:	12.8%

Las actividades agropecuarias incluyen el cultivo de tabaco, frijol, sorgo, plátano, palma aceitera, frutas, arroz y maíz, y la ganadería. Hay una planta procesadora de aceite de

palma. Al sureste de la ciudad de Quepos, está el Parque Nacional Manuel Antonio, que representa un 2% de la superficie total del cantón.

4.2. Metodología y resultados.

El estudio de las características de los desechos sólidos en la ciudad de Quepos incluyó la determinación de:

- Índice de generación per-cápita.
- Densidad media.
- Composición.

4.2.1. Metodología empleada.

La metodología empleada fue la siguiente:

1- Se determinó en mapas, las distintas zonas residenciales y comerciales de la ciudad. Se escogió el 5% de todas las viviendas de la ciudad para ser muestreadas.

2- Se hizo una visita rápida para determinar, el nivel social de la población en estas zonas.

3- Se hizo una distribución preliminar del número de residencias entre las 3 o 4 zonas establecidas anteriormente. Se hizo gráficamente sobre los mapas. Este tipo de muestreo fue sistemático puesto que se procuró que las viviendas quedaran uniformemente distribuidas en las zonas de estudio, a saber: Centro, Boca Vieja, Barrio Los Ángeles e INVU.

4- Se hizo un recorrido por las zonas, para determinar definitivamente las casas a muestrear. Se tomó de cada una la información que se detalla a continuación:

de estudio se decidió cuál iba a ser la clasificación de los materiales a seleccionar. Se separaron en grupos:

- a) Materia orgánica putrescible.
- b) Plásticos.
- c) Metales.
- d) Papel y cartón.
- e) Telas y cuero.
- f) Vidrio.
- g) Desechos de productos de uso higiénico.

Se procedió a pesar cada una de estas categorías.

4.2.2. Resultados.

Los resultados obtenidos en la investigación se detallan a continuación.

**INDICE DE GENERACION PER-CAPITA:
0.39 kilogramos/habitante-día**

**DENSIDAD MEDIA DE LOS DESECHOS SÓLIDOS:
210 kg/m³**

El estudio de composición arrojó los siguientes resultados:

MATERIAL ORGANICO PUTRESCIBLE:	70.2%
VIDRIO:	2.9%
PAPEL Y CARTON:	7.7%
METALES:	2.4%
TELA Y CUERO:	2.8%
PLASTICO:	8.5%
DESECHOS DE PRODUCTOS DE USO HIGIENICO:	5.5%

En la figura #1, se pueden observar gráficamente estos datos.

En la figura #2, y a manera de comparación, se muestra la composición de los desechos sólidos municipales en los Estados Unidos para 1988.

5. Conclusiones.

La metodología para la determinación de los índices de generación de desechos en una zona rural, propuesta en este artículo, tuvo bastante éxito en la investigación llevada a cabo en la ciudad de Quepos. Al desconocer la finalidad del proyecto en su totalidad, los habitantes de las casas cooperantes no seleccionaron los desechos que generaron. Esto puede verse en los datos de composición, en donde un porcentaje considerable

(5.5%), correspondió a desechos de papel higiénico. En conversaciones posteriores con algunas de estas personas, manifestaron que ellos hubieran separado estos desechos de la totalidad, en caso de haber sabido de antemano que los análisis de composición se iban a realizar.

El índice de generación obtenido de 0.39 kg/habitante-día, no contradujo las expectativas que se tenían. De hecho, en el Plan de Manejo de Desechos Sólidos (REFERENCIA #1), se trabajó con un índice bastante similar (0.4 kg/hab-día) para las áreas rurales, tomado de experiencias de países de América Latina con estructura social, económica e industrial similar a la de Costa Rica. Por otra parte, se prueba que la generación de desechos depende en gran medida del tamaño de la ciudad. Para una zona rural como esta, la generación es la mitad de lo que se genera en San José, cuyo índice alcanza ya 0.8 kg/habitante-día, según datos de la Municipalidad de San José (REFERENCIA # 4).

La densidad media de 210 kg/m³ obtenida, es un poco baja tomando en cuenta el alto porcentaje de material orgánico presente en los desechos. Hubiera sido razonable obtener un valor mayor o igual a los 350 kg/m³. Una posible razón que justifique la obtención de este valor, es la presencia de una cantidad considerable de desechos de jardín en esta época del año.

En cuanto a la calidad de los desechos sólidos, el componente predominante en la ciudad de Quepos fue la materia orgánica putrescible que incluía restos de comida y desechos de jardín, con un 70.2 % de la totalidad. Por el contrario, si se observa la figura #2, se nota que en los Estados Unidos los desechos de comida y los de jardín representan apenas el 25% de la totalidad. En Quepos la proporción de papel es menor que el 10%, mientras que en EEUU llega a ser 40 %. Las proporciones de vidrio, plástico y metales son también pequeñas en esta ciudad, al igual que en los EEUU, con la diferencia que en este país desarrollado esos porcentajes representan cantidades totales de millones de toneladas anuales. En ciudades pequeñas de Costa Rica estas cantidades serían difícilmente unas decenas de toneladas diarias.

La gran diferencia en la composición de los desechos entre los países sub-desarrollados y los desarrollados, obedece a que en estos últimos se han alcanzado estándares de vida muy altos que han conducido a un uso cada vez mayor de materiales descartables. Las proporciones de materiales potencialmente recuperables en las ciudades pequeñas de Costa Rica como Quepos, conducen a pensar que puede que no sea del todo viable económicamente desarrollar ahí, un programa de recuperación y reciclaje.

Figura 1: Composición de los Desechos Municipales de Quepos, Costa Rica

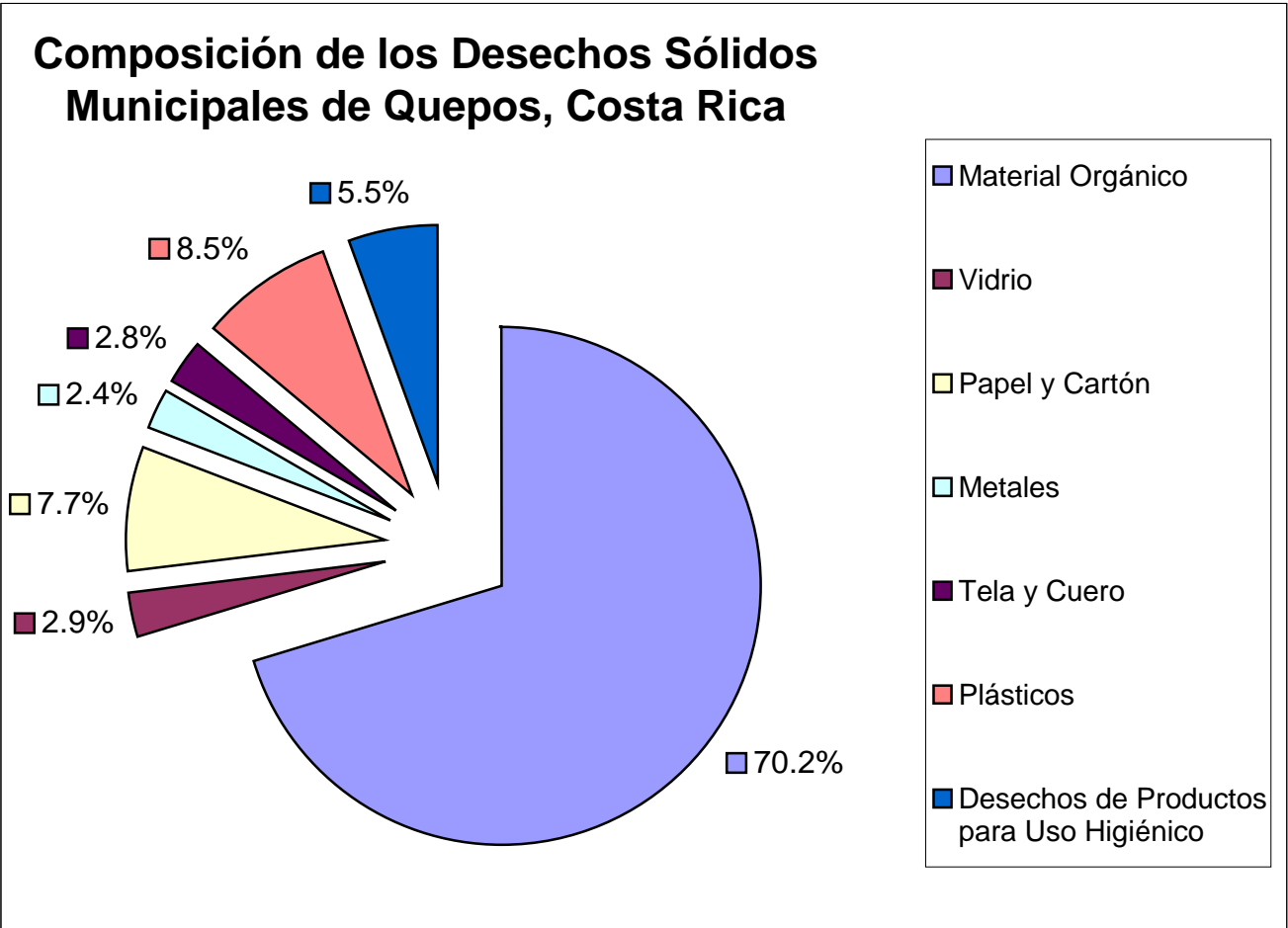
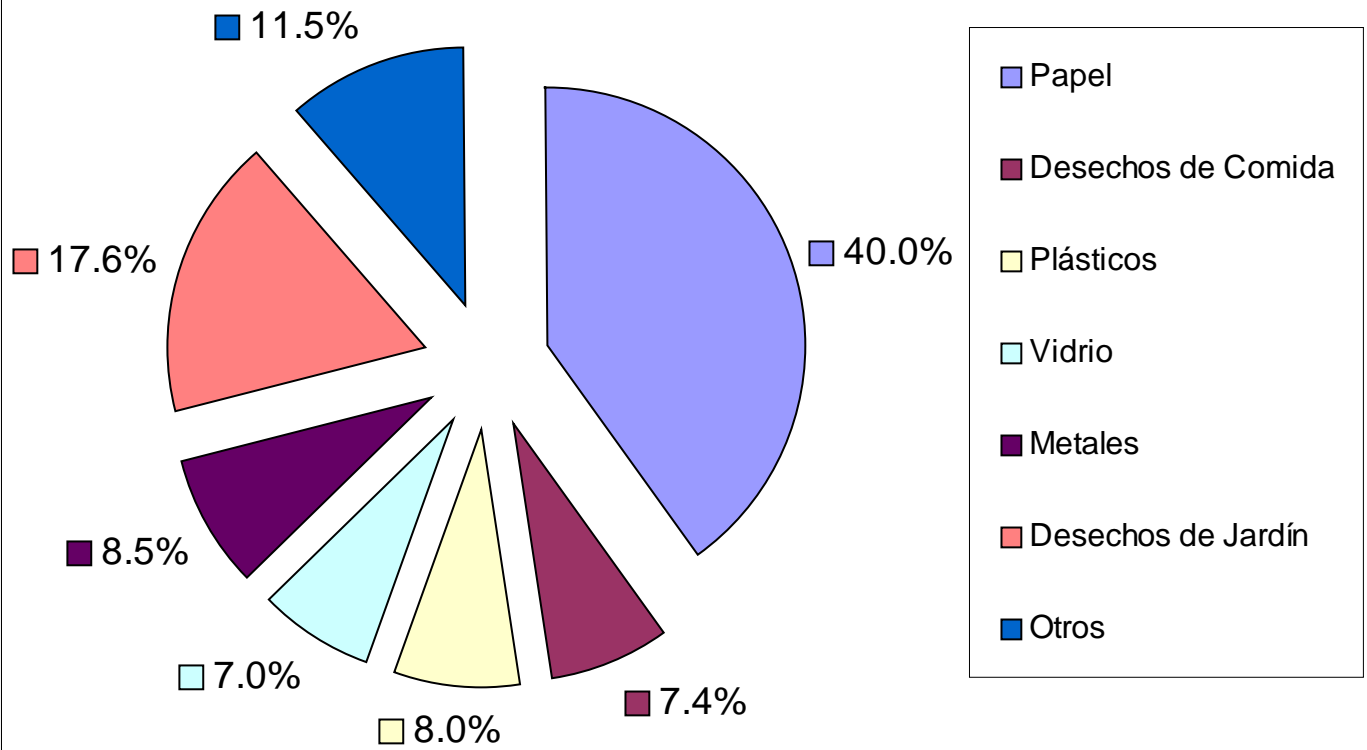


Figura 2: Composición de los Desechos Sólidos Municipales de Estados Unidos (1990)

Composición de los Desechos Sólidos Municipales de EEUU



Fuente: USEPA, 1990

6. Referencias bibliográficas.

- 1). Gobierno de Costa Rica. Plan Nacional de Manejo de Desechos. San José, Costa Rica, 1992. (Sin Publicar).
- 2). Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM). Atlas Cantonal de Costa Rica. San José, C.R.:IFAM, 1987.
- 3). Mc Camic, Frederick. Waste Composition Studies: Literature Review and Protocol. Under Contract to: MASSACHUSETTS DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT BUREAU OF SOLID WASTE DISPOSAL, 1985. Hojas impresas en computadora.
- 4). Municipalidad de San José. Informe Anual de la Dirección de Saneamiento Ambiental: 1990. San José, 1991. Hojas mimeografiadas.
- 5). United States Environmental Protection Agency/ Office of Solid Waste. Characterization of Municipal Solid Waste in the United States: 1990 Update. USEPA, 1990.
- 6). World Health Organization. Urban Solid Waste Management. Edited by M. B. Pescod. Published by IRIS: Istituto per i Rapporti Internazionali di Sanità, 1991-1993.