

# CARACTERIZACIÓN Y GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

Esquinca Cano Froilán, Escobar Villagrán José Luis, Hernández López Agustín, Villalobos Maldonado  
Juan José

Secretaría de Ecología, Recursos Naturales y Pesca/SMISA Sección Chiapas.  
Río Usumacinta 851 Fracc. Los Laguitos C.P. 29020. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

## RESUMEN

La generación y caracterización de los residuos sólidos municipales, son parámetros muy importantes para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de manejo y disposición final de los desechos sólidos, por ello se debe poner especial atención a este parámetro desde la selección de la muestra hasta su análisis estadístico.

Dentro del contexto de este trabajo quedan contemplados los residuos sólidos municipales domésticos, que son generados en casas-habitación, mediante normas mexicanas que especifican el método para determinar la generación y caracterización de los residuos sólidos municipales a partir de un muestreo aleatorio, y la estimación con la información del H. Ayuntamiento sobre los residuos sólidos municipales no domésticos.

La finalidad de este estudio es generar información cualitativa y cuantitativa, sobre la cantidad y características de los residuos sólidos municipales producidos, mediante el manejo de los métodos de muestreo estadístico y análisis señalados en las normas mexicanas, para la determinación de la generación per cápita, peso volumétrico, porcentaje de recuperables y materia orgánica, con la finalidad de fundamentar conclusiones y adecuaciones necesarias para el establecimiento de alternativas de solución sobre el manejo y eliminación de desechos.

**Palabras clave:** residuos sólidos, generación, caracterización, Tuxtla Gutiérrez

## INTRODUCCIÓN

El Estado de Chiapas, considerado como uno de los más ricos en cuanto a flora y fauna a nivel nacional y mundial, está constituido por 111 Municipios con una población de 4'026,982 habitantes, y con una superficie territorial de 75,634.4 Km<sup>2</sup>. En la actualidad es un Estado gravemente dañado por los residuos sólidos municipales.

Las 30 localidades del Estado con mayor población (desde 8,800 hasta 388,000 habitantes) tienen una cobertura de recolección de aproximadamente 70% y no cuentan con sitios de disposición final adecuados, efectuándose esta actividad en tiraderos a cielo abierto los cuales no cuentan con infraestructura y métodos que permitan prevenir la contaminación del aire, suelo y agua.

Teniendo en cuenta la problemática que en materia de recolección, manejo y disposición final de residuos sólidos enfrenta especialmente la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, así como también la necesidad

de contar con estudios actuales que permitan abordar esta problemática; la Secretaría de Ecología, Recursos Naturales y Pesca conjuntamente con la División de Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y la Sección Chiapas de SMISA, desarrollaron el presente proyecto, el cual se llevó a cabo en la semana comprendida del 17 al 23 de octubre de 1995.

Este proyecto contempla un estudio de caracterización y generación de residuos sólidos aplicándose por primera vez las Normas Mexicanas correspondientes a esta actividad.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

### Ubicación Geográfica

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez se localiza en el extremo sureste de la República Mexicana, en las coordenadas 16°43'38" y 16°46'43" de latitud norte y 93°03'58" y 93°11'47" de longitud oeste. La superficie representa el 0.51% del Estado de Chiapas (412.4 Km<sup>2</sup>) y tiene una altitud de 560 msnm.

### Clima

En el municipio de Tuxtla Gutiérrez se registra un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, observándose en el centro del municipio menor humedad, según la estación meteorológica 07-095, localizada en la ciudad.

La temperatura media mensual máxima es de 27°C observada en el mes de mayo y la mínima es de 22.3°C, en el mes de diciembre; teniendo una temperatura promedio anual de 24.5°C.

La precipitación promedio mensual máxima es de 213.5 mm observada en el mes de junio y la mínima es de 0.3 mm en el mes de enero, teniendo una precipitación anual promedio de 897.6 mm.

Los vientos dominantes provienen del noroeste, teniendo una dirección sureste, con velocidades de 5 a 10 m/s.

### Breve descripción de las características del relieve.

El Municipio de Tuxtla Gutiérrez, está integrado geográficamente por un valle longitudinal de aproximadamente 25 kilómetros de largo por donde transcurre el Río Sabinal, su extremo Oeste principia en el municipio de Berriozábal y avanza en declive gradual hasta terminar al Este, justo en las riberas del Río Grijalva, que es el límite natural con el municipio de Chiapa de Corzo. En este valle se asienta la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez a una altitud de 560 metros sobre el nivel del mar. Las formas geográficas más importantes se describen a continuación:

Al Norte hay una elevación conocida como el Cerro de las Ánimas, esta sierra se manifiesta desde el municipio de Berriozábal y transcurre de Noroeste a Sureste, formando parte de la Subprovincia, Altos de Chiapas. En su extremo Este alcanza una altura de aproximadamente 1,400 metros sobre el nivel del mar y se interrumpe contra el Cañón del Sumidero.

Al Este, como ya se indicó, el relieve declina hacia el Río Grijalva, como una extensión del Valle Central.

Al Sur se levanta la Meseta de Copoya, con menor elevación en el Este y una mayor altura en el Oeste, finaliza en la cumbre del Cerro Mactumactzá cuya altura máxima es de 1,600 metros sobre el nivel del mar, mientras que la parte central de la meseta presenta elevaciones que van de los 800 a 900 metros de altura.

Al Noroeste, el Valle de Tuxtla Gutiérrez se prolonga ligeramente hasta perderse en lomeríos, en algunas elevaciones del municipio de Ocozocoautla y en las primeras elevaciones del municipio de Berriozabal.

### Geología

En el área afloran sedimentos carbonatados y terrígenos Campaniano-Maestrichtiano al Terciario Reoceno Medio-Superior, y sedimentos aluviales y de pie de monte correspondientes a las formaciones angostura y soyaló-lacandón. Estructuralmente los elementos que la conforman son originales por la fase orogénica cascádica de edad miocénica responsable de la actual arquitectura de la Sierra de Chiapas.

### Hidrología

La Ciudad de Tuxtla Gutiérrez se encuentra ubicada en la Región Hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH-30) especialmente en la cuenca Río Grijalva-Tuxtla Gutiérrez, Subcuenca de Tuxtla Gutiérrez, cuyo principal afluente es el Río Sabinal (RH-30Ei), el cual nace en el Municipio de Berriozabal y atraviesa el Valle Central de Tuxtla por la zona urbana hasta desembocar en el Río Grijalva (RH-30Eb). Los principales tributarios del Río Sabinal son: al norte el Arroyo de la Chacona y el Río Poti (RH-30Ej), y al sur el de San Roque.

Esta subcuenca anteriormente contaba con siete arroyos de carácter permanente tributarios del Río Sabinal, los cuales han ido desapareciendo conforme ha crecido la mancha urbana desecándose e interrumpiéndose en su drenaje natural, siendo embovedados en algunas de sus partes.

El Río Sabinal y sus tributarios se encuentran contaminados por descargas de aguas negras y grises residuales de las áreas urbanas y por una gran cantidad de residuos sólidos que son arrojados a ellos, que hacen las veces de basureros irregulares.

## Drenaje subterráneo

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1978) clasificó cuatro importantes zonas geohidrológicas subexplotadas con los valles formados en la Sierra Grande de Chiapas y en la Depresión Central, las cuales son: Ocozocoautla-Cintalapa, Arriaga-Tonalá, Trinitaria y Comitán-Montebello. El presente estudio se encuentra ubicado en la zona Ocozocoautla-Cintalapa, la que se caracteriza por tener pozos que tienen un nivel estático que varía de 0.5 a 15 m de profundidad. En valles pequeños y angostos de esta misma unidad, circula agua subálvea, la cual se extrae por medio de norias de poca profundidad y gastos reducidos.

## Aspectos Socioeconómicos

La generación y calidad de los residuos producidos están muy ligados al crecimiento demográfico, a la calidad de vida de la sociedad, por lo que es importante considerar estos aspectos.

## Población

Para estimar la población generadora de residuos sólidos de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez se consideró la población de 1990 que fue de 289,626 habitantes, esta población proyectada de acuerdo a la tasa media anual de crecimiento de 1980-1990, el cual corresponde al 6.05%, más la población flotante de las localidades de Berriozabal, Copoya, El Jobo, Chiapa de Corzo, Ocozocoautla, San Fernando y Suchiapa, nos da un total de 435,000 habitantes aproximadamente, cifra que representa la población total generadora de residuos sólidos de Tuxtla Gutiérrez.

Cabe mencionar que el Municipio de Tuxtla Gutiérrez se encuentra localizado en la región económica Centro, además ocupa el primer lugar poblacional debido a que es la capital del Estado y es el principal concentrador de las actividades comerciales, administrativas y políticas de la entidad, así como el segundo lugar respecto al índice de crecimiento poblacional de la región.

El total de la población económicamente activa (PEA) en el municipio es de 96,112 de la cual personas se encuentran ocupados 93,239 y desocupados 2,873, lo que representa el 97.01% y el 2.99% respectivamente; las actividades económicas por sector se encuentran de la siguiente manera: el sector primario ocupa el 4.19%, el sector secundario el 18.5% y el terciario el 70.3% de la PEA.

Cabe señalar que es el municipio con menor población ocupada en el sector primario y en contraste con mayor ocupación en el sector secundario y terciario; como resultado de la concentración de los servicios públicos, de los poderes de gobierno y de la elevada afluencia turística, lo que ha provocado mayor auge del sector servicios.

Aunque este desarrollo relativo y más equilibrado, poco se ha reflejado en los niveles de ingresos de la población ocupada, cabe destacar que, a nivel estatal, el 19.0% de la población ocupada no recibe ingresos comparado con el 1.8% del Municipio de Tuxtla Gutiérrez que relativamente es uno de los más favorecidos del Estado, como se ilustra en la Tabla 1.

Tabla 1.- Población Económicamente Activa

CONCEPTO	TUXTLA GUTIÉRREZ	ESTADO
Población Ocupada	93,239	854,159
No recibe ingresos	1.8%	19.9%
Menos de un S.M.	21.1%	39.9%
De 1 a 2 S.M.	37.3%	21.2%
Más de 2 y menos de 3 S.M.	17.6%	8.0%
De 3 a 5 S.M.	11.1%	4.1%
Más de 5 S.M.	8.2%	3.6%
No especificado	2.9%	4.2%

FUENTE: "CHIAPAS, XI CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA, 1990" INEGI.

S.M = Salarios mínimos

### Vivienda

En materia de vivienda esta Ciudad reporta los incrementos más altos respecto de las demás. El acelerado crecimiento demográfico que en los últimos años presenta el Municipio de Tuxtla Gutiérrez genera una creciente demanda de vivienda. El 58.26% de las viviendas son de buena calidad. Se estima en 81,918 el número de viviendas en la Ciudad.

En relación a servicios para la vivienda, en la mayoría de las mismas se cuenta con la infraestructura básica (agua entubada, drenaje y energía eléctrica), así como calles pavimentadas y alumbrado público.

### Infraestructura y Servicios Públicos

El Municipio de Tuxtla Gutiérrez en comparación con el resto de los municipios, presenta un desarrollo importante del sector terciario, esto es debido a la ventaja que tiene el concentrar una población que ha favorecido la evolución de los mismos. En lo que respecta a servicios públicos se cuenta con todos los servicios de tipo urbano, como centros de salud, servicios de asistencia social, centros deportivos, educación, seguridad pública, red de agua potable, líneas eléctricas, drenaje y servicio de limpieza con basurero municipal.

El servicio de transporte foráneo a la ciudad, es prestado por 621 camiones para pasajeros, para el servicio de carga se dispone en el municipio de 14,768 camiones que incluyen oficiales, de alquiler y particulares.

En cuanto a servicios privados, cuenta con centros comerciales, hoteles, restaurantes, bares, cafeterías, centros nocturnos, agencias de viajes, sistemas bancarios, agencias para renta de automóviles y líneas de aviación, entre otros.

A continuación se presentan aquellos establecimientos o empresas generadoras de residuos sólidos de mayor importancia para la ciudad (Tabla 2).

Tabla 2.- Fuentes Generadoras de Residuos Sólidos no domiciliarios.

FUENTE GENERADORA	CANTIDAD
Comercios	7,595 Establecimientos <sup>2</sup>
Restaurantes, Bares y Centros Nocturnos.	1306 Establecimientos <sup>2</sup>
Hoteles	65 Establecimientos (2,718 Habitaciones) <sup>1</sup>
Sector Manufacturero	1228 Unidades económicas <sup>2</sup>
Instituciones y Oficinas	597 Instituciones y oficinas públicas y privadas
Servicios Médicos, Odontológicos y Veterinarios del Sector Privado.	533 Establecimientos <sup>2</sup>
Parques	54 <sup>3</sup>
Mercados	10 Establecimientos (2,400 Locales) <sup>3</sup>

FUENTE: <sup>1</sup>Agenda Estadística Chiapas, 1995.

<sup>2</sup>Censos Económicos 1994. INEGI.

<sup>3</sup>H. Ayuntamiento Municipal de Tuxtla Gutiérrez.

En la zona existen áreas públicas de esparcimiento que permiten a la población del lugar realizar actividades recreativas y deportivas, principalmente en lugares como el Zoológico Miguel Álvarez del Toro, la plaza cívica, parques urbanos como el Parque de la Marimba y el Parque Morelos. Entre los parques recreativos destacan el Centro de Convivencia Infantil y Cañahueca, en centros deportivos destacan las instalaciones de la Ciudad Deportiva, las instalaciones de los estadios Zoque “Víctor Manuel Reyna” y Flor del Sospó, el Campo Revolución y el Auditorio Municipal.

Además de las áreas antes mencionadas, cuya característica principal es la de estar constituidas por espacios abiertos, existen 6 cines, un teatro, un centro de convenciones, 2 lienzos charros, varios clubes con instalaciones de esparcimiento, incluyendo canchas deportivas y arena de box y lucha, además de discoteques y clubes nocturnos.

## ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN Y GENERACIÓN PERCÁPITA

### Estratificación de la población

El ingreso monetario real en una economía de mercado, constituye uno de los medios más importantes para acceder al consumo de bienes y servicios necesarios para vivir; la cantidad de bienes se determina con un modelo normativo de necesidades sociales básicas congruentes con los hábitos de consumo y el grado de desarrollo alcanzado por el Estado.

Para fines del presente estudio se estratificó a la población económicamente activa ocupada de Tuxtla Gutiérrez en tres niveles socioeconómicos, de acuerdo al cálculo del valor monetario de la canasta básica; hasta 2 salarios mínimos se consideró del estrato bajo, correspondiéndole el 60% del total de la población económicamente activa, para el estrato medio se consideró un ingreso de más de 2 y hasta 10 salarios mínimos siendo un 37% y por último, para el estrato alto de más de 10 salarios mínimos abarcando apenas un 3%. Los porcentajes obtenidos anteriormente fueron calculados de acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda, 1990.

Cabe aclarar que las limitaciones que este criterio presenta para estimar el porcentaje que, de la población total, vive en cierto estrato socioeconómico por la vía de ingresos, puede compensarse al considerar que por cada persona económicamente activa que trabaja hay 3.35 personas que dependen de ella, es decir, que no trabajan ya sea porque son menores de 12 años, porque es población económicamente inactiva o porque es población económicamente activa desocupada. Por lo tanto al considerar este criterio se puede obtener el estrato socioeconómico respectivo de toda la población.

### Estratificación de las zonas de estudio

Para llevar a cabo el presente estudio fue necesario seleccionar tres colonias de los niveles socioeconómicos alto, medio y bajo, basándose en la infraestructura y servicios con que cuenta cada una, además de los criterios antes mencionados; con la finalidad de obtener datos más representativos de la ciudad. Para el nivel alto se seleccionó la colonia “El Retiro”, para el nivel medio la colonia “ISSSTE” y para el nivel bajo la colonia “San José Terán”; cabe mencionar que estas tres colonias se ubican a lo largo de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, de poniente a oriente. Posteriormente se delimitaron las colonias seleccionadas. Para enumerar el total de las casas de cada colonia se realizó un recorrido empleando planos sectoriales y para determinar las casas a muestrear se utilizó un programa estadístico.

### Secuencia de actividades para realizar el muestreo

1. Mediante un programa generador de números, se seleccionaron aleatoriamente 50 casas de cada colonia, las cuales se invitarían a participar en el estudio otorgándoles un número de identificación para cada estrato.
2. Posteriormente se visitaron todas las casas seleccionadas invitando a sus habitantes a participar en el estudio, colocándole una cédula como identificación. Al mismo tiempo se hizo entrega de una encuesta con el fin de sondear opiniones e información sobre actitudes, cultura y grado de participación que podría esperarse de la población, para la aplicación de programas en el manejo de residuos sólidos municipales, la cual entregarían en el transcurso de la semana siguiente.

El día lunes 16 de octubre se hizo entrega de las bolsas de polietileno en cada estrato, las cuales estaban identificadas con el número correspondiente a las muestras. Se utilizaron bolsas de tres colores diferentes para no confundir las muestras de cada estrato.

### Metodología de Recolección

Para la recolección de los residuos sólidos en los tres niveles sociales se llevó a cabo mediante la siguiente secuencia de actividades:

1. A partir del día martes 17 de octubre se inició la recolección diaria en cada estrato, a la cual se denominó *Actividad de Barrido*. Esto sirve únicamente como una operación de limpieza para asegurar que los residuos generados correspondan a un día. Simultáneamente, con la operación de limpieza, se entregó una nueva bolsa para el almacenamiento de los residuos que se generaban en las siguientes 24 horas.

2. A partir del segundo día y hasta el lunes 23 de octubre, se efectuó la recolección diaria de los residuos generados en cada casa-habitación por estrato, así como la entrega de una nueva bolsa de polietileno. Al término de la recolección, se trasladaban los residuos sólidos al Centro de Recepción. Posteriormente se llevaba una muestra de residuos sólidos al laboratorio.

### Procedimientos de Caracterización

Para la caracterización de los residuos sólidos municipales se utilizaron las Normas Mexicanas de Protección al Ambiente en materia de Residuos Sólidos. A continuación se presentan en forma sintetizada los puntos más relevantes del procedimiento utilizado.

### Procedimiento de Recepción y Cuarteo

Teniendo las muestras identificadas de cada estrato, se procedía a pesar cada una de ellas en una báscula de 10 Kg, llevando el control del peso en la cédula de identificación por estrato. Posteriormente se procedió a efectuar el método de cuarteo para cada estrato, llenando la cédula de identificación respectiva.

### Operación de cuarteo

Se depositaron en el centro del área de cuarteo las muestras correspondientes a un estrato; se mezcló perfectamente tratando de homogenizar las muestras, dispersándose en toda el área. El total de material de las muestras se dividió en cuatro partes iguales, denominadas sectores A, B, C y D.

Se seleccionaron los sectores A y C o B y D, desechándose lo restante; con lo que queda se efectúa la homogenización y se repite el cuarteo dos veces más.

### Peso volumétrico "in situ"

En esta determinación se empleó un tambo metálico para cada estrato, con capacidad de 200 lts; a continuación se pesó el recipiente vacío, tomando este peso como tara del recipiente.

Cada recipiente se llenó con los desechos sólidos homogenizados de los sectores A y C del cuarteo, acomodándolos perfectamente dentro de los recipientes, teniendo cuidado de no presionar los desechos al colocarlos en el recipiente, con la finalidad de no alterar los datos de densidad que se obtendrían.

Finalmente se obtuvo el peso de la basura por diferencia, entre la tara y el peso del recipiente conteniendo a los desechos sólidos; calculándose después el peso volumétrico "in situ" de los residuos.



### Cuantificación de Subproductos

Con 50 Kg de residuos sólidos como mínimo de las porciones B y D del cuarteo, se realizó la separación de treinta subproductos, depositándose en bolsas de polietileno para pesarlo posteriormente. Los sobrantes de la separación anterior se tamizaron con malla No. 10, obteniéndose así el residuo fino.

Los pesos de cada subproducto fueron registrados en la hoja de campo correspondiente.

### Análisis de Laboratorio

Con la muestra respectiva de cada estrato, obtenida del último cuarteo se procedió a prepararla para las determinaciones fisicoquímicas correspondientes, de acuerdo a la norma que se correspondiente.

En un área limpia y seca se desmenuzaron y homogenizaron, obteniendo una muestra que posteriormente se molió para obtener mayor homogeneidad y además reducir aún más el tamaño, para después realizar los análisis respectivos.

De acuerdo a las Normas Mexicanas, se determinaron los siguientes parámetros de laboratorio (Tabla 3):

Tabla 3.- Parámetros físicos y químicos analizados en laboratorio.

<b>Determinaciones</b>
Porciento de Humedad
Porciento de Carbono
Cenizas
Potencial de Hidrógeno
Materia Orgánica
Nitrógeno Total
Poder Calorífico
Porciento de Hidrógeno
Porciento de Oxígeno

### Obtención de la Generación Percápita

La generación percápita es la cantidad de residuos sólidos promedio generados en kilogramos por una persona en un día. Este parámetro se encuentra en función de otros factores tales como: costumbres de la población, nivel de ingresos y actividades económicas, entre otras.

Para la determinación de la generación percápita domiciliaria, se hizo seguimiento de la metodología que menciona la Norma Mexicana NMX-AA-61-1985. De los datos obtenidos de las casas-habitación que se muestrearon, se obtuvo la generación domiciliaria percápita promedio, generándose una serie de valores, a los cuales se les dio un tratamiento para realizar un análisis de rechazo, utilizando el criterio de Dixon, el cual se encuentra en la Norma Mexicana antes mencionada.

Del conjunto de muestras seleccionadas, se realizó un análisis estadístico determinándose la media con la finalidad de obtener la generación domiciliaria per cápita promedio por estrato. También se determinó la desviación estándar de cada estrato para posteriormente realizar un análisis de varianza, con el propósito de determinar si cualquiera de los tres valores promedio de generación obtenido, se podría tomar como la media poblacional de generación per cápita.

## RESULTADOS DEL ESTUDIO

### Caracterización de los Residuos Sólidos

Con las porciones B y D determinadas en el Método de Cuarteo se realizó diariamente la selección y cuantificación de los subproductos para cada estrato, con los datos obtenidos se llevó a cabo el análisis estadístico; así mismo, para la obtención del promedio ponderado de subproductos se consideraron los criterios de estratificación de la población indicados en el punto III.1 (estrato bajo 60%, estrato medio 37%, estrato alto 3%), los resultados obtenidos son los siguientes.

Tabla 4.- Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de Tuxtla Gutiérrez según estrato.

CLASIFICACIÓN	SUBPRODUCTOS	ESTRATO (%)			PROMEDIO PONDERADO
		ALTO	MEDIO	BAJO	
<b>MATERIA ORGÁNICA</b>	Fibra dura vegetal, hueso, madera, residuos Alimenticios, residuos de jardinería y cuero.	66.09	55.99	50.54	<b>53.32</b>
<b>PAPEL Y CARTÓN</b>	Cartón, envase de cartón (Tetra-pack) y papel.	8.98	8.50	5.90	<b>7.00</b>
<b>VIDRIO</b>	Vidrio de color y vidrio transparentes.	5.69	9.13	4.48	<b>6.43</b>
<b>METAL</b>	Fierro, aluminio, cobre, etc.	2.31	2.42	3.43	<b>2.99</b>
<b>PLÁSTICOS</b>	Plástico rígido y de película.	4.54	6.52	6.03	<b>6.19</b>
<b>RESIDUOS TÓXICOS</b>	Pañal desechable, toallas sanitarias, mat. de curación, baterías, envases de aerosoles, etc.	7.94	11.14	17.07	<b>14.35</b>
<b>OTROS</b>	Algodón, fibras sintéticas, hule, loza, cerámica, materiales de construcción, trapo, etc.	4.45	6.30	12.55	<b>9.73</b>
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100.00</b>

De los resultado obtenidos de la caracterización promedio, se observó que el principal subproducto de los residuos domésticos, fue la materia orgánica, compuesta principalmente por residuos alimenticios, constituyendo el 53.32 % del total generado, el 46.68 % restante esta compuesto por materiales como: papel y cartón, vidrio, metal, plásticos y residuos tóxicos, entre otros (Fig.1).

La cuantificación de la materia orgánica es importante, ya que esta permite conocer los requerimientos para la elaboración de composta, la cual hasta la fecha es la solución más viable para la disposición final de la materia orgánica.

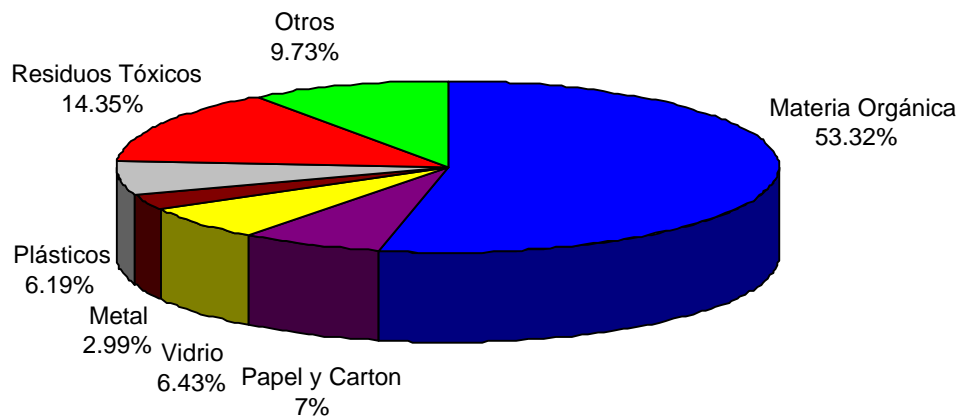


Figura 1.- Composición de los residuos sólidos domiciliarios de Tuxtla Gutiérrez.

### Resultados de Laboratorio

Los resultados de los análisis de laboratorio (Tabla 5) son una parte importante en la toma de decisiones, para llevar a cabo estrategias en la disposición final de los residuos sólidos; por lo que se analizaron muestras siguiendo los procedimientos requeridos por las Normas Mexicanas como se indicó anteriormente.

Tabla 5.- Resultados de los parámetros físicos y químicos analizados.

ESTRATOS	Humedad %	pH	Nitrógeno %	Carbono %	Hidrógeno %	Oxígeno %	Azufre %
Alto	52.783	6.375	0.579	32.78	3.80	17.83	0.0039
Medio	56.240	5.700	0.674	35.85	4.15	19.48	0.0518
Bajo	59.850	6.767	0.422	26.16	3.04	6.71	0.042
<b>Promedio</b>	58.300	6.360	0.520	29.94	3.47	11.77	0.0977

Por lo que respecta a los resultados de humedad, el rango de humedad de un residuo sólido municipal va de 15 a 40%, un valor típico es de 20%; sin embargo, en la mayoría de las muestras de los tres estratos, se obtuvo una humedad superior, debido a que los componentes de los residuos alimenticios y residuos de jardinería son los que aportaron mayor cantidad de agua.

Para el valor de pH se obtuvieron los resultados oscilando en un rango de 5.25 a 7.5, para los tres estratos, comportándose ligeramente ácido en algunas ocasiones o ligeramente alcalino en otras.

Por otra parte una vez conociendo los valores de materia orgánica, nitrógeno y azufre, se estimó el porcentaje de carbono, hidrógeno y oxígeno (Tabla 5), según datos experimentales.

### Resultados del Poder Calorífico

El poder calorífico se debe principalmente a las cantidades presentes de carbono total, hidrógeno útil y azufre, por lo que con los resultados de los mismos, se calculó el poder calorífico utilizando la fórmula modificada de Dulong.

El valor del poder calorífico de un residuo sólido municipal en base seca está en un rango de 2,222 a 3,333 Kcal/Kg, encontrándose el valor típico de 2,778 Kcal/Kg. El promedio del poder calorífico de la basura de Tuxtla Gutiérrez en la misma base es de 2,178 Kcal/Kg, esto se debe principalmente a la alta cantidad de cenizas que se generan después de una combustión completa (Tabla 6).

Tabla 6.- Poder calorífico de los residuos sólidos domiciliarios de Tuxtla Gutiérrez.

BASE	PODER CALORÍFICO (Kcal/Kg.)		
	Corriente	Seca	Seca y libre de cenizas
<b>PROMEDIO PONDERADO</b>	<b>1,327.01</b>	<b>2,178.20</b>	<b>3,093.06</b>

### Peso Volumétrico "In situ"

El peso volumétrico de los residuos sólidos es de gran importancia, ya que con este dato se determina el número de unidades para el transporte en función de la capacidad de estas, además sirve de base para proyectar las necesidades de espacio para el diseño de rellenos sanitarios (Tabla 7).

Tabla 7.- Peso volumétrico de los residuos sólidos domiciliarios de Tuxtla Gutiérrez.

ESTRATO SOCIOECONÓMICO	PESO VOLUMÉTRICO (Kg/m <sup>3</sup> )
ALTO	191.75
MEDIO	195.33
BAJO	188.39
<b>Promedio</b>	<b>191.06</b>

## Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios

De acuerdo a los volúmenes recolectados de basura en cada estrato y, de los datos recopilados durante los siete días de muestreo obtenidos de cada casa-habitación, se calculó el promedio de generación de residuos por persona. Posteriormente se realizaron una serie de análisis estadísticos con los siguientes datos (Tabla 8):

Tabla 8.- Parámetros utilizados para el análisis estadístico

PARAMETRO	ESTRATO		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Confiabilidad inicial del Muestreo	80%	80%	80%
Riesgo de Muestreo ( $\alpha$ )	0.20	0.20	0.20
Confiabilidad para el Análisis de Rechazo de valores sospechosos	80%	80%	80%
Tamaño inicial de la muestra ( $n_1$ )	50 Elementos	50 Elementos	51 Elementos

De acuerdo a lo anterior se obtuvieron una serie de valores promedio, uno por cada casa-habitación, ordenándose los datos de menor a mayor según la norma correspondiente. Una vez ordenados los datos, se realizó el análisis de rechazo utilizando el criterio de Dixon, quedando en 49 el número de elementos para cada estrato.

El siguiente paso, con los 49 elementos que quedaron después del análisis de rechazo, se realiza un análisis estadístico para datos no agrupados, con el fin de determinar los principales estadísticos de la muestra inicial, como son la media y la desviación estándar muestral.

Posteriormente se verificó el tamaño de la muestra para un 80% de confiabilidad inicial, empleando la desviación estándar muestral, un factor de variación muestral y la distribución "t" de Student. Encontrándose en los tres estratos, que para un 80% de confiabilidad no era necesario tomar los 49 elementos, sino con menos elementos de la muestra inicial se alcanzaba dicho porcentaje de confiabilidad.

La etapa final del tratamiento, fue elaborar un análisis de confiabilidad, con el fin de aceptar o rechazar los elementos sobrantes de la muestra inicial. Para los tres estratos se aceptaron los 49 elementos obteniéndose que la media muestral es confiablemente igual en más del 80% a la muestra poblacional en cada estrato muestreado; por lo que se concluye que el valor de la generación percapita de basura para cada estrato socioeconómico son los que se aprecian en la Tabla 9.

Tabla 9.- Parámetros estadísticos obtenidos

PARÁMETROS	ESTRATO		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Tamaño final de la muestra (n)	49 Elementos	49 Elementos	49 Elementos
Confiabilidad final del Muestreo	95%	90%	95%
Generación Domiciliaria (Kg/hab-día)	0.6278	0.6177	0.3918
<b>Promedio ponderado</b>	<b>0.4820 Kg/hab-día</b>		

De acuerdo al análisis estadístico que se realizó después del período de muestreo, se observó que la generación promedio diaria por casa del estrato alto es mayor, en contraste con el estrato bajo, ya que a pesar de tener un índice de hacinamiento más alto, su generación de basura es menor como puede verse en la Tabla 10.

Tabla 10.- Generación promedio diaria por casa-habitación

<b>NIVEL SOCIOECONÓMICO</b>	<b>ÍNDICE DE HACINAMIENTO (Habitantes)</b>	<b>GENERACIÓN PROMEDIO DIARIA POR CASA-HABITACIÓN ( Kg )</b>
<b>ALTO</b>	4.79	3.01
<b>MEDIO</b>	4.70	2.90
<b>BAJO</b>	5.61	2.20
<b>PROMEDIO</b>	--	<b>2.95</b>

Estimación de la Generación Total de los Residuos Sólidos Municipales.

Con base en los resultados obtenidos de la generación per cápita domiciliaria por estrato se procedió a estimar la generación de residuos sólidos domiciliarios de la ciudad, como se observa en la Tabla 11.

Tabla 11.-Generación de residuos sólidos domiciliarios.

<b>Nivel Socioeconómico</b>	<b>Porcentaje de la Población</b>	<b>Población 1995</b>	<b>Generación Percápita Domiciliaria Kg/Hab/día</b>	<b>Generación Ton/día</b>
<b>Bajo</b>	60	261,759	0.3918	102.56
<b>Medio</b>	37	162,180	0.6177	100.18
<b>Alto</b>	3	11,061	0.6278	6.94
<b>Total:</b>	<b>100</b>	<b>435,000</b>	<b>--</b>	<b>209.68</b>

Cabe aclarar que el presente estudio únicamente considera la generación de residuos sólidos domiciliarios, el cual da un total de 209.68 toneladas por día. Sin embargo, existen otras fuentes generadoras que se deben tomar en cuenta para estimar la generación total de basura de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, como son: mercados, comercios, instituciones y, calles y jardines.

Generación de residuos sólidos no domiciliarios

Para calcular la generación no domiciliaria se consideraron índices de generación de poblaciones similares para comercios e instituciones y calles y jardines (Tabla 12). La generación de basura procedente de mercados fue proporcionado por el H. Ayuntamiento Municipal de Tuxtla Gutiérrez.

Tabla 12.- Generación de residuos sólidos no domiciliarios de Tuxtla Gutiérrez.

<b>Fuentes No Domiciliarias</b>	<b>Índices de Generación Kg/Hab</b>	<b>Generación Ton/día</b>
<b>Comercios</b>	0.15	65.25
<b>Instituciones</b>	0.125	54.37
<b>Calles y Jardines</b>	0.125	54.37
<b>Mercados</b>	--	45.00
<b>Total:</b>		<b>219.00</b>

Finalmente se obtuvo una generación total de basura de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez de 483.05 toneladas diarias, de las cuales el 51% son no domiciliarias y el 49% son domiciliarias, lo que indica que los comercios, instituciones, calles y jardines y mercados generan un 2% más que la generada por casas-habitaciones (Tabla 13).

Tabla 13.- Generación de residuos sólidos municipales de Tuxtla Gutiérrez en 1995

<b>Fuente de Residuos Sólidos</b>	<b>Generación de residuos sólidos Ton/día</b>
Domiciliarias	209.68
No Domiciliarias	219.00
<b>Total:</b>	<b>428.68</b>

Por lo tanto el índice de generación per cápita de Residuos Sólidos para la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, es de **0.9855 Kg/Hab-Día**.

## CONCLUSIONES

La generación per cápita de los residuos sólidos, es un parámetro muy importante para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de manejo y disposición final de los desechos sólidos, es por ello que se le dio un gran énfasis a este parámetro desde la selección de la muestra hasta su análisis estadístico.

El conocimiento de la generación per cápita de los residuos sólidos domésticos para los tres niveles, permitió calcular la cantidad de basura generada en estos estratos y sirvió como base para estimar la generación de basura del total de las viviendas de la ciudad.

Los resultados de los análisis de laboratorio que se llevaron a cabo en las muestras de residuos sólidos proporcionan las bases necesarias para poder estimar la factibilidad de cualquier tipo de tratamiento de dichos residuos, tales como:

- La incineración. Poder calorífico de los materiales que se aprovechará en algún proceso,
- Planta productora de composta. Materia orgánica disponible para emplearse como fertilizante,
- Reciclaje de los subproductos inorgánicos. Materiales que pueden ser reutilizados para otros fines, y
- Relleno Sanitario.

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio de **“Caracterización y Generación de los Residuos Sólidos de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas”** se concluye que el procedimiento de muestreo y el análisis estadístico aplicado según Normas Mexicanas para estimar la generación per cápita domiciliaria, el peso volumétrico “in situ” y la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de cada uno de los estratos fue confiable en más de un 90%, ya que el número de elementos de la muestra fue el adecuado, las muestras resultaron representativas y los valores sospechosos rechazados fueron mínimos.

Al realizar el análisis de varianza para estimar el promedio de generación de residuos sólidos domiciliarios de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez resultó impropio tomar la media aritmética de generación de los estratos, por lo que se optó por la media ponderada de acuerdo al porcentaje de la población que pertenece a cada estrato.

En la estimación de la generación total de residuos sólidos municipales, influyeron ciertos factores que se tomaron en cuenta, como son: la población, la tasa media anual de crecimiento, los índices de generación de comercios, instituciones, hospitales y parques tomados de la bibliografía y los datos proporcionados por el H. Ayuntamiento; ya que son antecedentes de cálculo importantes que sirvieron como base para estimar la generación total promedio de residuos sólidos municipales de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez.



## REFERENCIAS

TCHOBANOGLIOUS, GEORGE (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Volumen I y II. 1a. Edición en español. Editorial McGraw Hill; Madrid, España.

COINTREAU, SANDRA J. (1982). *Environmental Management of Urban Solid Wastes in Developing Countries*; Washigton, D.C., U.S.A.

DEFFIS, ARMANDO C. (1989). *La basura es la solución*. Segunda reimpresión. Editorial Concepto; México, D.F.

PROFEPA Delegación Chiapas (1994). *Manual de disposición final de residuos sólidos municipales*; Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

PROFEPA Delegación Chiapas (1994). *Manual de manejo y recolección de residuos sólidos municipales*; Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SEDUE (1984). *Curso sobre manejo y disposición final de residuos sólidos municipales*; Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental; México, D.F.

SECRETARIA DE HACIENDA (1994). *Agenda Estadística Chiapas*; Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIAPAS (1991). *Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Chiapas*. Periódico Oficial; Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (1994). *Legislación Ambiental Mexicana. Legislación General*; 1a. Edición; México, D.F.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-61-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Determinación de la Generación*.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-15-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Método de Cuarteo*.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-19-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Peso Volumétrico "In Situ"*.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-22-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Selección y Cuantificación de Subproductos*.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-52-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Preparación de Muestras en el Laboratorio para su Análisis*.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-16-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Determinación de Humedad*.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-18-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Determinación de Cenizas*.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-25-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Determinación del PH-Método Potenciométrico*.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-21-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Determinación de Materia Orgánica.*

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-33-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Determinación del Poder Calorífico Superior.*

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-67-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Determinación de la Relación Carbono/Nitrógeno.*

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-68-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Determinación de Hidrogeno a partir de Materia Orgánica.*

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). *Norma Mexicana NMX-AA-80-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Determinación del Porcentaje de Oxígeno en Materia Orgánica.*