



# KUXULKAB'

ISSN 1665-0514

REVISTA DE  
**DIVULGACIÓN**  
División Académica de Ciencias Biológicas

• Volumen XIV • Número 26 • Enero - Junio 2008 •

**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**



# KUXULKAB'

ISSN 1665-0514

## REVISTA DE DIVULGACIÓN

División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*Kuxulkab' Voz chontal - tierra viva, naturaleza*

### CONSEJO EDITORIAL

Dra. Lilia Gama  
**Editor en jefe**

Dr. Randy Howard Adams Schroeder  
Dr. José Luis Martínez Sánchez  
**Editores Adjuntos**

Biol. Ma. Leandra Salvadores Baledón  
**Editor Asistente**

### COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

**Dra. Silvia del Amo**  
Universidad Veracruzana  
**Dra. Carmen Infante**

Servicios Tecnológicos de Gestión Avanzada  
Venezuela

**Dr. Bernardo Urbani**  
Universidad de Illinois

**Dr. Guillermo R. Giannico**  
Fisheries and Wildlife Department,  
Oregon State University

**Dr. Joel Zavala Cruz**  
Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco

**Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez**  
División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

**Israel López Gama**  
Apoyo editorial

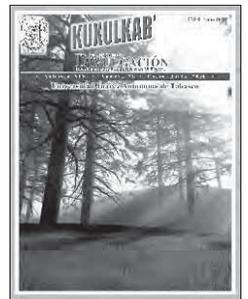
Publicación citada en:

- El índice bibliográfico PERIÓDICA., índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias. Disponible en <http://www.dgbiblio.unam.mx>
- E-mail: [publicaciones@cicea.ujat.mx](mailto:publicaciones@cicea.ujat.mx)
- <http://www.ujat.mx/publicacion>

KUXULKAB' Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas, publicación semestral de junio 2001. Número de Certificado de Reserva otorgado por Derechos: 04-2003-031911280100-102. Número de Certificado de Licitud de Título: (11843). Número de Certificado de Licitud de Contenido: (8443). Domicilio de la publicación: Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco. Tel. y fax (93) 54 43 08. Imprenta: Imagen Gráfica, Morelos y Pavón No. 211. Col Miguel Hidalgo C. P. 86150 Villahermosa, Tabasco. Distribuidor: División Académica de Ciencias Biológicas Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco.

**Nuestra Portada:**

Diseñada por:  
Liliana López Gama  
Estudiante de diseño y  
comunicación visual  
FES Cuautitlán



## **Estimados lectores de Kuxulkab´.**

**E**ste primer semestre del 2008 ha puesto a nuestro estado en un proceso de reconstrucción con un alto compromiso y mayor conciencia de los impactos que ocasionamos al ambiente y que seguramente se magnifican dada la vulnerabilidad geográfica de nuestro estado. Los esfuerzos hoy están dirigidos a generar tanto estrategias de mitigación como de adaptación a fenómenos extremos que se presenten en nuestro estado.

El número que ahora se presenta agrupa una interesante variación que incluye varios artículos relacionados con los servicios ambientales. En ellos se presentan resultados de investigaciones de tesis vinculadas a proyectos de investigación que se llevan a cabo en nuestra escuela por académicos y estudiantes. Los doce artículos incluidos en este número destacan la importancia tanto de estudios básicos como aplicados en una amplia gama de temas como son alternativas sustentables, y captura de carbono, incluyendo datos del conocimiento tradicional de las plantas y aspectos relacionados con los parásitos de peces. Se presenta a su vez información resultante de investigaciones relacionadas con la gestión en el área ambiental.

Como siempre, los invitamos a enviarnos sus manuscritos y esperamos que esta invitación cada vez más sea aprovechada en especial por nuestros estudiantes, no sólo aquellos que han terminado o se encuentran realizando sus proyectos de tesis cuyos resultados de sus investigaciones quieran compartir, sino también a aquellos estudiantes que mediante notas informativas que desarrollen durante sus cursos quieran compartir con nuestros lectores los temas que consideren serán de interés general o de utilidad a sus compañeros. Agradecemos el interés de los colaboradores de otras instituciones interesadas en la divulgación de la ciencia que comparten con nosotros temas de interés general así como los resultados de sus proyectos y los exhortamos a continuar haciéndolo. Reiteramos nuestro sincero continuo agradecimiento a los colegas que desinteresadamente colaboran en el arbitraje que nos permite mantener la calidad de los trabajos.

**Lilia Gama**  
Editor en Jefe

**Wilfrido Miguel Contreras Sánchez**  
Director

***División Académica de Ciencias Biológicas***  
***Universidad Juárez Autónoma de Tabasco***



---

## La Generación de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio del Centro, Tabasco

\*Gaspar López Ocaña

\*José Roberto Hernández Barajas

\*\*José Guadalupe Chacón Nava

\*Raúl Germán Bautista Margulis

\*División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT.

Km 8.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas CP. 86150.

Villahermosa, Tabasco, México. Tel-Fax 993-3544308

[ocanagl77@hotmail.com](mailto:ocanagl77@hotmail.com), y [052g14002@dacbiol.ujat.mx](mailto:052g14002@dacbiol.ujat.mx)

\*\*Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV)

Miguel de Cervantes 120. Complejo industrial Chihuahua.

Chihuahua, Chihuahua, México. CP. 31109. Tel. 614-4391100

### Resumen

La generación y características de los residuos sólidos urbanos (RSU), son necesarias para implementar planes de manejo en la gestión integral de estos. En este contexto, se realizó el estudio de RSU en el Tiradero “Loma de Caballo” del Municipio del Centro, Tabasco. Para esto se tomó en cuenta la normatividad ambiental vigente. Los sectores que componen el Municipio presentaron una generación promedio de 1,058 ton/día, con una generación per cápita de 1.68 kg/hab/día. El sector 1 (Zona Centro) fue el que presentó la mayor generación con 260 ton/día con un peso volumétrico de 245 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el sector 4 (Zona Nor-noreste) presentó la mínima generación con 110 ton/día y un peso volumétrico de 255 kg/m<sup>3</sup>. El contenido energético de los RSU se encuentra alrededor de 4,000 kcal/kg. La generación de RSU en el Municipio de Centro se estima que será de 2,200 ton/día para el año 2020.

### Introducción

México enfrenta un serio problema por el inadecuado manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU). En los últimos años, se ha presentado un cambio apreciable en las costumbres de consumo hacia los artículos desechables. Actualmente, el incremento poblacional y el desarrollo tecnológico que se ha creado para satisfacer las demandas de las comunidades, provocan mayor cantidad de residuos que son dispuestos directamente sobre el ambiente. En el estado de Tabasco, existe una gran preocupación por el manejo inadecuado de los RSU debido a que el daño ecológico es significativo, principalmente debido a su

toxicidad y actividad biológica, las cuales afectan severamente a los seres vivos y causan graves daños a los ecosistemas por contaminación del agua, suelo y aire (Tchobanoglous *et al.*, 1994; Glynn y Heinke, 1999; Kiely, 1999; Arias, 2006).

En la mayoría de los tiraderos a cielo abierto del estado no sólo se depositan residuos sólidos convencionales, sino también se depositan residuos clasificados como peligrosos y de manejo especial. Esto causa serios impactos ambientales (contaminación), sociales (salud) y económicos (afectación de los sectores productivos) para la región, pues las estrategias de control de los municipios en algunos casos no contemplan este tipo de generación de residuos (Jiménez 1995; SEMARNAT, 2002; López, 2004; Arias, 2006).

En ese sentido, conocemos como Residuos de Manejo Especial (RME) a aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o bien que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos. Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son aquellos generados en las casas-habitación, los cuales son el resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas, de los productos que se consumen y de sus envases, embalajes o empaques. Así como también, los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos (LGPGIR, 2007).

Uno de los inventarios de generación de los residuos a nivel nacional, el cual es base para la gestión de los residuos sólidos en México fue hecho en 1998. En este se estimó que la distribución de los RSU en el país fue de acuerdo a al siguiente porcentaje. En la zona centro 48 %, el DF 14 %, la zona norte 20 %, la zona sur 10 % y la frontera norte 8 %. La generación en el país variaba de 0.68 a 1.33 kg/hab/día. La composición de los RSU fue heterogénea en el territorio nacional, ya que respondía a hábitos de consumo y de poder adquisitivo de la población. La zona sur del país presentó una generación per cápita de 0.679 kg/hab/día, y una producción de 8,328 ton/día. Se hace hincapié en que los estados de Chiapas y Tabasco generan residuos con mayores contenidos de jardinería mientras que en los otros estados no se presenta tal porcentaje de residuos (SEDESOL, 1999).

El Estado de Tabasco inicia los registros oficiales de generación de RSU desde 1995. Para ese entonces el Municipio del Centro tenía una producción de 230.3 ton/día de RSU, estimándose una tasa de generación de 0.805 kg/hab/día. Los componentes básicos sólo eran clasificados como residuos orgánicos e inorgánicos pues no estaba presente la era del plástico (Cuadro 1); el manejo de reducción de peso y volumen de los residuos dentro del tiradero era en base a quemas a cielo abierto (Jiménez, 1995).

**Cuadro 1. Datos de Generación de los RSU en el Municipio del Centro, Tabasco.**

Estrato Socioeconómico	Residuos Orgánicos (%)	Residuos Inorgánicos (%)
Bajo	40	60
Medio	30	70
Alto	30	70

Fuente: Jiménez Flores, 1995.

La generación de RSU en el Municipio del Centro presentó una estabilidad de 1997 a 1999, al mantenerse en un rango de 518 a 560 ton/día. Sin embargo para el año 2002, mostró un ligero decremento a 520 ton/día, de las cuales se encontraba compuesta por 350 ton/día de residuos domésticos (RSU) y por 170 ton/día de residuos comercial-industrial (RME) (Cuadro 2); del total de residuos generados el 53.5 % fueron residuos orgánicos y el 46.5 % inorgánicos (Coordinación de Limpia, Ayuntamiento del Centro, 2002).

**Cuadro 2. Componentes de los RSU del Municipio del Centro, Tabasco.**

Subproductos	Porcentaje (%)
Papel	1.50
Cartón	2.00
Vidrio	0.90
Trapos	0.80
Plásticos	1.00
Materia orgánica	50.00
Residuo no reutilizable	43.10
Aluminio	0.20
Latón	0.50

Fuente: Coordinación de Limpia del Municipio del Centro, Tabasco, Mayo 2002.

Para el año 2003, se realizó la caracterización y cuantificación de RSU en el “Tiradero Loma de Caballo” del Municipio del Centro, Tabasco (Cuadro 3). Para este periodo de muestreo se observó una generación de residuos promedio de 747 ton/día, con un peso volumétrico promedio de 208 kg/m<sup>3</sup>, donde la generación de materia orgánica, fue mayor al 40 % en los sectores 1, 2 y 6 (López, 2004).

**Cuadro 3. Generación de RSU por Sectores del Municipio de Centro, Tabasco.**

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6
Peso volumétrico kg/m <sup>3</sup>	230.0	203.7	216.3	215.8	180.2	200.2
Generación ton/día	210.0	160.0	100.0	70.0	92.0	115.0
<b>Subproductos</b>	<b>Porcentaje (%)</b>					
Plástico rígido	10.0	2.7	26.7	26.3	12.6	13.0
Papel	17.3	5.9	15.8	7.02	29.0	11.2
Polietileno	15.4	9.3	12.7	11.9	9.9	8.9
Cartón plastificado	7.7					6.3
Materia orgánica	43.6	47.9	29.0	29.0	30.3	47.7
Vidrio	3.2	10.3			4.6	0.9
Residuos finos	2.7	11.9			1.7	3.8
Telas o trapos		2.9			1.0	2.3
Aluminio		2.2			9.9	
Unicel		6.8			0.9	
Cartón			8.3	11.3		
Latas			7.5	14.4		5.8

Fuente: López Ocaña, 2004.

En Tabasco el manejo de los RSU se encuentra a cargo de los municipios; estos se encargan de la recolección, transporte y disposición final en tiraderos a cielo abierto o rellenos sanitarios. Por lo tanto, les corresponde a las autoridades municipales realizar un seguimiento ordenado de la generación de RSU, para escrutar estrategias de prevención de la generación excesiva de estos y prolongar la vida útil de los rellenos o sitios de disposición final. Asimismo, es necesario conocer los materiales susceptibles a reciclaje, procesamiento y poder calorífico, los cuales pueden tener un aprovechamiento óptimo, evitando los incendios y un mejor control de los residuos en su disposición final.

El objetivo principal en este estudio fue evaluar la generación de RSU en los sectores en que se divide el Municipio de Centro y que son dispuestos en el Tiradero “Loma de Caballo”, de acuerdo a los requerimientos técnicos que se establecen en la normatividad vigente. Los siguientes objetivos fueron enfocados a la cuantificación de subproductos de RSU, determinándose la composición elemental de los residuos y la valoración de las tendencias de generación de RSU en los próximos años.

Actualmente en el estado de Tabasco se realiza una separación y aprovechamiento de ciertos residuos con posibilidades de reutilización y/o reciclaje (pepena); sin embargo, esto sigue siendo insuficiente e ineficiente. Por esta razón, es necesario realizar estudios de factibilidad y aprovechamiento de los mismos iniciando con la caracterización y cuantificación de los residuos para implementar las alternativas de manejo, tratamiento y disposición final de ellos en el estado.

## Materiales y Métodos

Los muestreos de RSU se realizaron de acuerdo a las especificaciones establecidas en las Normas Técnicas Mexicanas (NMX-AA-015-1985, NMX-AA-019-1985, NMX-AA-022-1985, NMX-AA-052-1985, NMX-AA-061-1985), durante el periodo de Marzo-Septiembre de 2006. Para fines prácticos, el trabajo se desarrolló directamente en el Tiradero Municipal “Loma de Caballo” (Figura 1). Este se encuentra ubicado a 10 km al noroeste de la

ciudad. Dicho tiradero carece de las indicaciones que se establecen en cuanto al aislamiento en un cuarto para la aplicación del método de cuarteo. Este debe realizarse en un área aproximada de 36 m<sup>2</sup>, aislado a 50 m del frente de trabajo para no interferir con la logística de descarga de residuos por parte de los camiones recolectores.

Los muestreos para determinar la generación de residuos se desarrollaron durante un periodo de ocho días y su análisis y cuantificación se realizó en siete. Los residuos recolectados el primer día fueron desechados por considerarse una muestra poco representativa. En el caso de las muestras para laboratorio y la cuantificación por el método de cuarteo se tomaron los RSU de unidades sin compactación. De esta manera, los residuos no presentaron alteraciones físicas significativas por la compactación como son las relacionadas al peso volumétrico, la humedad, etc. En el caso específico de este estudio se consideraron seis sectores: el centro (S1); el noroeste (S2); el sur-suroeste (S3); el nor-noreste (S4); el este (S5) y zona conurbana (S6) (Cuadro 4, figura 2).

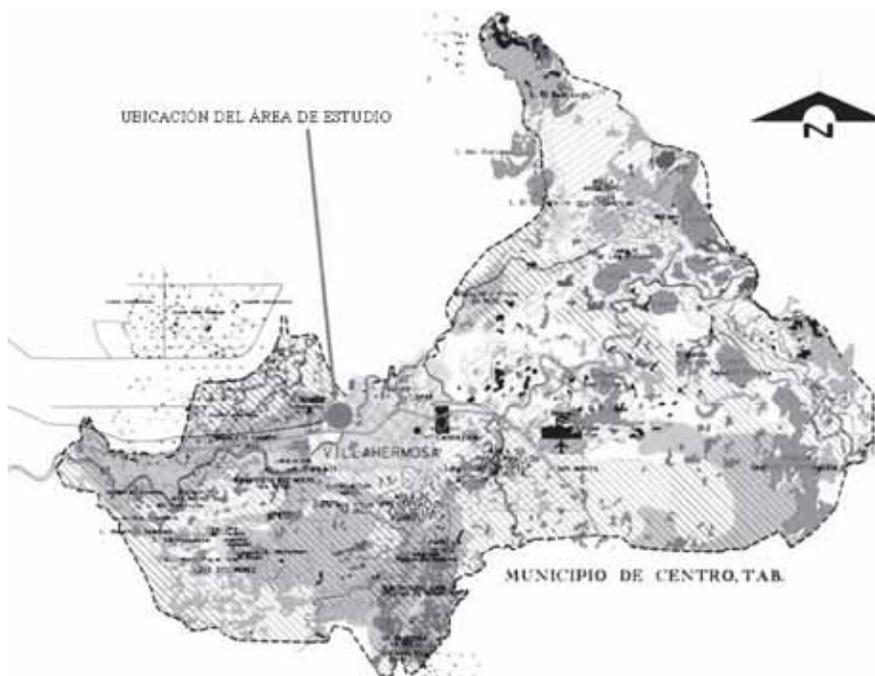


Figura 1. Tiradero Municipal “Loma de Caballo” que se encuentra a 10 km de la ciudad de Villahermosa, en la ranchería Lázaro Cárdenas 1a Sección.

Para la cuantificación de la generación de los RSU y generación per cápita se utilizaron métodos indirectos a partir del conteo de carga y población servida conocido como el Método de Pesaje de Camiones (Tchobanoglous *et al.*, 1994). Para este método es necesario conocer en primera instancia la capacidad de transporte de las unidades recolectoras, y la cobertura que tiene por cada sector, es decir, la población servida.

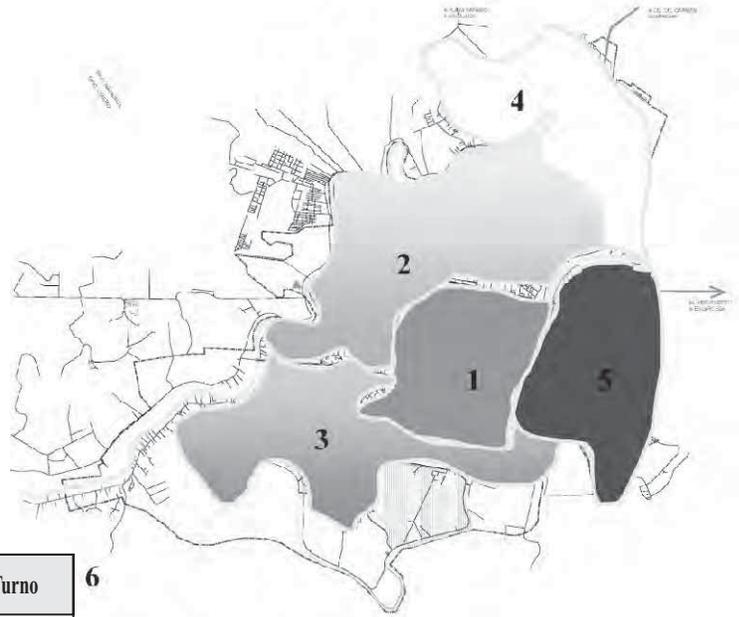
$$PPC = \frac{\text{Suma de pesos de todos los camiones}}{\text{población total}} \\ [\text{kg/hab/día}] = [\text{kg/día}] / [\text{hab}]$$

**Cuadro 4. Los Sectores por los que esta compuesto el Municipio de Centro, Tabasco.**

Sector	Rutas de recolección asignadas	Estrato	Turno
S1. Centro: Es el centro de la ciudad de Villahermosa.	8, 31, 11, 14, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 y 48	Media alta	Matutino Vespertino Nocturno
S2. Noroeste: Esta compuesto por las principales avenidas como Ruiz Cortínez, Usumacinta y Periférico de la ciudad de Villahermosa.	15, 18, 23, 32	Alto	Matutino Vespertino
S3. Sur-suroeste: Esta compuesta por colonias como Tamulte, Atasta, San Joaquín, Hasta Soriana 2, de la ciudad de Villahermosa.	4, 9, 6, 13, 17, 20, 10, 19, 16, 34	Alto-medio	Matutino Vespertino
S4. Nor-noreste: Esta compuesto por la Zona Industrial, col. Indeco, insurgentes, Villa las Flores, Infonavit, y colindantes del área.	24, 7, 3, 22, 40, 36, 28	Media baja	Matutino Vespertino
S5. Este: Gaviotas norte, Gaviotas sur, La Manga	1, 2, 27, 33, 30	Baja	Matutino Vespertino
S6. Zona Conurbana Zona A: Luis Gil Pérez, Anacleto, Río Viejo, Los Tintos. Zona B: Parrilla, Playas del Rosario y Pueblo Nuevo. Zona C: Medellín, Ocuizapatlán, Macultepec, Tamulté de las Sabanas.	25, 12, 38, 41, 7, 21, 35, 29	Baja	Matutino Vespertino

Fuente: Coordinación de Limpia; López Ocaña, 2003.

Para la determinación de componentes elementales de los RSU como carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), azufre (S), cenizas (Cs) y humedad (Hu) se realizaron los análisis correspondientes conforme se establecen las Normas Técnicas Mexicanas para el análisis de Residuos Sólidos Municipales (GAM, 2000). Una vez conocida la composición elemental se analizó el contenido energético de los componentes del residuo mediante la ecuación de Dulong modificada, la cual se presenta a continuación (Tchobanoglous, *et al.*, 1994):



**Figura 2. Sectores que componen al Municipio de Centro. Los sectores del uno al cinco pertenecen a la ciudad y el sector seis es toda la zona conurbana como Rancherías, Villas y Poblados.**

$$\text{Btu/Lb} = [145 (C) + 610 (H_2 - (1/8 * O_2)) + 40 (S) + 10 (N)]$$

Donde C, H, O, N y S son componentes elementales en porcentaje en peso (%); 145 es la constante para la determinación del contenido energético del carbón; 610 es la constante para la determinación de contenido energético del hidrógeno; 40 es la constante para la determinación de contenido energético en el azufre; 10 es la constante para la determinación de contenido energético en el nitrógeno; 1/8 es la constante que divide al oxígeno y se resta del hidrógeno para justificar la cantidad de éste cuando reacciona con el oxígeno presente y que no contribuye al contenido energético del residuo.

Finalmente, las estimaciones de generación de residuos para los próximos trece años se proyectaron por métodos tradicionales como son el de Malthus, logístico y aritmético, utilizando los datos históricos oficiales que ha generado el municipio desde 1995 hasta el año 2003. El modelo de crecimiento de Malthus recibe su nombre (Thomas Malthus); él fue un ministro inglés cuyo famoso ensayo publicado en 1798 expresó que el crecimiento geométrico de la población humana

sería restringido por el crecimiento aritmético de los recursos naturales disponibles para la alimentación. La función logística de crecimiento poblacional es conocida como el modelo de Verhulst, ya que en 1838 fue el primer autor en describirla y actualmente el modelo se utiliza para el modelado de sistemas biológicos (Odum, 1990; Gutiérrez y Sánchez, 1998). El método aritmético es el más empleado para predecir tendencias con una tasa constante. Este es uno de los métodos más conservadores que no involucran variables complejas, sólo consideran las nuevas tendencias a partir de la generación de la tasa promedio anual (CNA, 2004).

Método de Malthus:  $P_f = P_a(1+D) \text{Exp}(n)$  siendo  $D(\%) = [(P_a/P_i)^{1/n} - 1] \times 100$   
 Donde  $P_f$  es la producción futura (kg/día);  $P_a$  es la producción actual;  $P_i$  es la producción inicial del periodo;  $D$  es la tasa anual y  $n$  son los años a proyectar en decenas.

Modelo logístico:  $dN/dt = rN(K - N)$

Donde  $K$  es la capacidad de sostenimiento (el valor máximo o mínimo que el tamaño de la población eventualmente alcanza asintóticamente),  $N$  es la cantidad de generación de residuos y  $t$  es el tiempo.

Método Aritmético:  $\text{Prod. Futura} = P \text{ actual} + \text{Período económico} \times \text{Promedio anual}$

Donde el incremento de  $P$  va desde el dato más antiguo al dato más actual; El Promedio anual es el incremento de  $P$  / número de años en ese intervalo y el Periodo económico son los años a proyectar.

## Resultados y Discusión

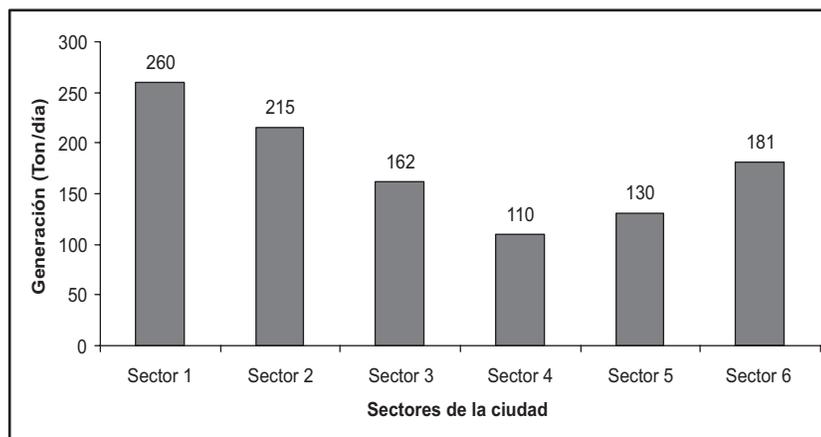
### Generación Percápita

Para el año 2006, el Municipio del Centro recibía en el sitio de disposición final en promedio 1,058 ton/día de RSU con un peso volumétrico promedio de 222 kg/m<sup>3</sup>; la generación percápita para el municipio se estimó en 1.68 kg/hab/día. Estos datos difieren de los reportados por Arias (2006), pues en este estudio sólo se hace una estimación de la generación de residuos a partir de la generación percápita promedio de 0.8 kg/hab/día que establece como media nacional la SEDESOL (2000). En ese sentido podemos atribuir que la generación

excesiva en el municipio de centro corresponde a la población flotante que llega a laborar diariamente a la ciudad de Villahermosa, fenómeno que se presenta en la mayoría de las ciudades capitales e industriales del país.

### Cuantificación de subproductos

El sector centro, identificado como Sector 1, fue el que obtuvo mayor generación de RSU, con una producción de 260 ton/día y una densidad promedio de 245 kg/m<sup>3</sup> (Figura 3).



**Figura 3. Generación de Residuos en los sectores del Municipio del Centro.**

Los otros cinco sectores produjeron cantidades de peso volumétrico y generación de RSU como se muestra en la Cuadro 5. Debido a la pepena, la información mostrada en el cuadro 5 no representa la generación real de RSU generados en el municipio, sino la composición de estos en el sitio de disposición final.

La composición de subproductos en los sectores fue variable debido a la recuperación de materiales realizada por los recolectores y pepenadores (recolección informal). El material que destaca es: cartón, aluminio, materiales metálicos, vidrio clasificado en diferentes colores y demás artículos que todavía tienen una utilidad o valor económico. La recuperación de estos materiales se aprecia en los seis sectores, pues sus porcentajes son inferiores a 10 % en metales, 9 % en cartón, 10 % en aluminio y 7 % en vidrio. Sólo aquel material sucio o en mal estado es el que llega al tiradero, ya que el material que puede ser reciclado fue recuperado. En el caso particular de los

residuos desechables como los plásticos han crecido alrededor de 3 % en los sectores 1, 2 y 6 con respecto a la generación estimada en el 2003 (López, 2004). Para el caso del cartón plastificado se incrementó hasta en un 8 % en los sectores 2, 3, 4 y 5 donde no se reportaba generación. Estos porcentajes muestran que estos materiales han aumentado significativamente en los últimos tres años.

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6
Peso volumétrico kg/m <sup>3</sup>	245	213	235	216	202	219
Generación ton/día	260	215	162	110	130	181
<b>Subproductos</b>	<b>Porcentaje (%)</b>					
Plástico rígido	11.2	4.7	22.6	24.3	11.3	14.2
Papel	16.3	6.3	16.2	6.2	27.2	10.2
Poliétileno	12.2	10.4	9.3	10.6	11.2	7.8
Cartón plastificado	5.8	4.5	3.2	8.2	2.3	6.5
Materia orgánica	41.5	42.3	3.2	30	30.3	45
Vidrio	1.3	6.5	0.2	0.4	1.5	0.85
Residuos finos	1.2	10.3	1.2	0.7	1.7	2.4
Telas o trapos	1.5	2.8	3.2	0.3	1.04	2.5
Aluminio	2.3	2.6	0.6	1.5	9.91	1
Unicel	0.5	6.9	0.6	0.2	0.91	1.9
Cartón	4.5	1.8	5.3	8.6	1.2	1.8
Latas	1.2	0.4	5.3	9.4	1.8	6.2

**Cuadro 5. Cuantificación de Productos y Subproductos encontrados por cada Sector.**

Los materiales que no son recuperados son los de índole orgánico, los cuales se generan desde un 41 a 45 % en los sectores 1, 2 y 6, mientras que en los sectores 3, 4 y 5 se generan alrededor de 30 %. En el caso particular de los sectores 1 y 2 se atribuye la generación de material orgánico a establecimientos de servicios alimenticios, restaurantes y centros comerciales, debido a que en estas áreas es donde se concentra la mayor actividad laboral y comercial de la ciudad. Mientras que en el caso del sector 6 la materia orgánica es aportada principalmente por actividades de desmonte, jardinerías y residuos alimenticios de todas las localidades importantes del Municipio de Centro.

**La Composición Elemental y el Contenido Energético**

En cuanto a la composición elemental que presenta la generación de los residuos en los sectores de la ciudad, se observó que sólo el sector 5 presenta un contenido de carbono de 35 %. En los otros sectores el contenido de

este elemento va de 41 a 46 %. Es importante señalar que el contenido de humedad en los residuos se encuentra en un rango de 20 a 27 %. Los demás componentes elementales presentan valores variables referidos en el cuadro 6.

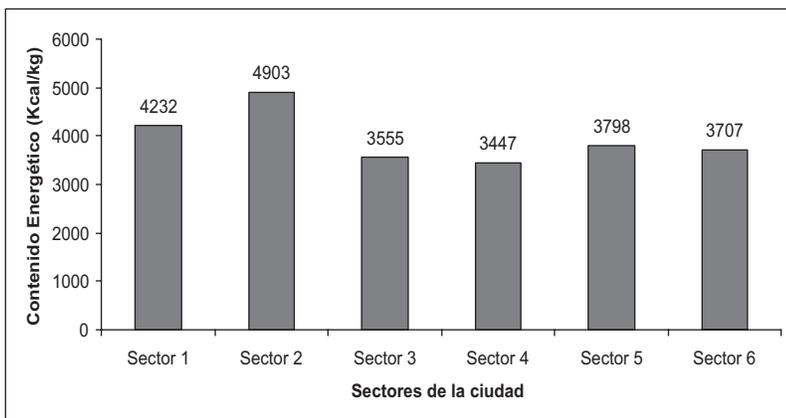
**Cuadro 6. Componentes Elementales de los RSU, de Muestras Compuestas por cada Sector (% peso).**

Muestra	C	H	O	N	S	Cs	Hu
Sector 1	43.2	3.8	13.2	1.5	2.2	10.8	25.2
Sector 2	42.6	6.2	15.0	2.5	1.4	8.9	23.4
Sector 3	35.4	5.5	27.0	0.3	0.1	9.5	22.1
Sector 4	41.2	3.4	24.0	1.7	0.5	7.8	21.3
Sector 5	46.0	2.5	8.0	1.7	1.3	10.4	20.1
Sector 6	41.0	3.8	21.7	1.4	2.6	4.6	24.9

Carbono (C), Hidrógeno (H); Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Azufre (S), Cenizas (Cs) y Humedad (Hu).

Nota. Es importante señalar que el parámetro de Oxígeno se obtuvo por la diferencia al conocer los demás porcentajes correspondientes.

Los cálculos de poder calorífico determinados a partir de la composición elemental de los residuos dispuestos en el tiradero, manifiestan que la energía que puede ser susceptible a aprovechamiento en los sectores de la ciudad va de 3,500 a 5,000 kcal/kg de RSU (Figura 4).



**Figura 4. Contenido Energético que contiene cada Kg de RSU en los Diversos Sectores de la Ciudad.**

Diariamente podrían recuperarse de los residuos del municipio alrededor de 3'711,552 kcal/kg/día. En el

caso de los sectores 3, 4, 5 y 6 presentan contenido energético menor a los reportados por Tchobanoglous (1994), en el cual se estimó que los RSU secos y libres de cenizas aportan alrededor de 4,600 kcal/kg de RSU.

**Las Tendencias Futuras de RSU**

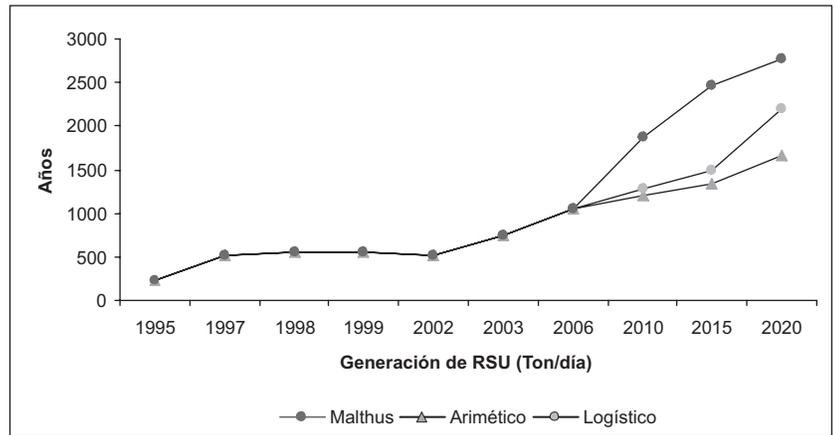
Es importante señalar que las proyecciones con modelos matemáticos son las representaciones más simples de los procesos (biológicos, naturales, etc.) que gobiernan un incremento; sin embargo, estos ignoran la complejidad de los sistemas reales. Los modelos más complejos no necesariamente son los mejores. En el caso del crecimiento poblacional, los modelos simples puede ser capaces de capturar las características esenciales con bajos costos de recolección de información experimental o de campo y una calibración mínima del modelo (Odum, 1990; Pastorok, 2002).

En ese sentido los modelos aplicados para ver las tendencias de crecimiento futuras de la generación de RSU en el Municipio del Centro, son modelos simples, que sólo fueron alimentados con datos de generación histórica. Para establecer otro tipo de mayor complejidad es difícil, ya que no se cuenta con información suficiente sobre la dinámica poblacional, estructura socioeconómica, hábitos de consumo, etc. (Glynn, 1999). Aunado a esto el municipio del Centro tiene a la ciudad de Villahermosa que es la capital del estado y la puerta hacia el sureste mexicano; esto la hace importante por la población flotante que arriba a actividades laborales de los municipios circundantes, así como al paso de viajeros del país siendo estos generadores potenciales de RSU.

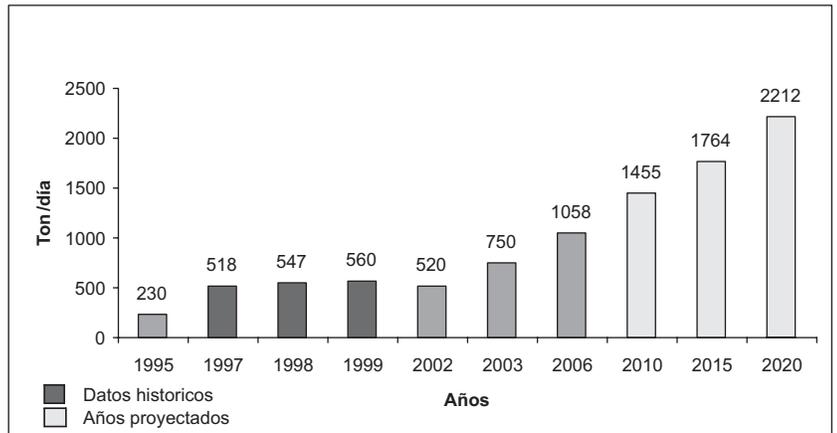
El modelo aritmético y el modelo de Malthus prevén una generación de 1,200 a 1,285 ton/día para el año 2010, mientras que el modelo logístico contempla una generación de 1,875 ton/día. Para el año 2015, el modelo aritmético presenta un incremento de 1,334 ton/día. Bajo el método de Malthus, se considera que se tendrá una generación de 1,500 ton/día, finalmente el modelo logístico presenta una generación de 2,450 ton/día; los valores para el año 2020 se muestran en la figura 5.

Cada uno de los modelos arroja datos significativos de la generación de residuos para los próximos años a

partir de las tasas de generación históricas. Si consideramos un promedio de las generaciones proyectadas por los tres modelos, podemos apreciar que para el año 2020 el municipio del Centro estará generando más de 2,000 ton/día (figura 6).



**Figura 5. Estimación de la Generación de Residuos para los Próximos 13 Años por Métodos Convencionales de Crecimiento.**



**Figura 6. Tendencia de la Generación de Residuos hasta el Año 2020.**

En el caso de que estas tendencias se presentaran, tenemos los elementos para poder plantear desde ahora estrategias de minimización y aprovechamiento de residuos. Se promovería el establecimiento formal de instalaciones de recuperación de materiales, así como se pretendería revertir la cultura de los productos desechables con campañas que apoyen la reducción en el origen, el reciclaje y la reutilización de los residuos (SEMARNAT, 2006). Por lo anterior expuesto es importante que los municipios se apeguen al cumplimiento de la LGPGIR, por lo que la

SEMARNAT (2006) ha establecido la guía para elaborar los Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (PMPGIRSU). Esto pretende, tomar acciones inmediatas antes de sufrir daños más severos por el manejo inadecuado de los residuos, desde la generación hasta su disposición final.

### **Conclusiones**

La generación de RSU para el año 2006 en el Municipio del Centro fue de 1,058 ton/día para los seis sectores, con una generación per cápita promedio de 1.68 kg/hab/día. El sector 1 es el que presenta la mayor generación de residuos con 260 ton/día. Los subproductos menos atractivos para ser recuperados son los materiales orgánicos, papeles y cartones (los cuales están sucios o húmedos), plásticos duros y flexibles que contienen residuos alimenticios. Sin embargo los productos más aprovechados por la recolección informal son los metales, el aluminio, el vidrio y los plásticos limpios como el PET. El contenido energético de los residuos varía por sectores y en promedio presenta hasta 4,000 kcal/kg de RSU. Finalmente, se estima que la generación de RSU para el 2010 y 2020 será de alrededor de 1,450 y 2,200 ton/día, si es que continúa el consumo desmedido de residuos desechables y no se aplican estrategias para la minimización de RSU.

## Literatura Citada

**Arias Pérez, I.** 2006. Diagnóstico de los sitios de disposición final de los residuos sólidos urbanos en las cabeceras municipales del estado de Tabasco. Tesis Ingeniería Ambiental. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa-Tabasco. México.

**CNA.** 2004. Manual de Diseño de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. Gerencia de Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Comisión Nacional del Agua. Méx. D. F.

**GAM.** 2000. Gestión Ambiental Mexicana, Apartado Federal, Normas Técnicas Mexicanas. D.R. Cultura Ecológica A.C.

**Gutiérrez, S. Sánchez F.** 1998. Matemáticas para las Ciencias Naturales. Sociedad Matemática Mexicana.

**Glynn, H. J. Heinke, G. W.** 1999. "Ingeniería Ambiental". Prentice Hall Hispanoamericana. S. A. Segunda Edición. Méx. D. F. págs. 567-620.

**H. Ayuntamiento Constitucional de Centro.** 2002. Reporte Técnico de la Generación de Residuos en el Municipio. Coordinación de Limpia del Municipio del Centro, Tabasco. Mayo 2002.

**Jiménez Flores, M. M.** 1995. Evaluación de los sitios de disposición final de los Residuos sólidos municipales en el estado de Tabasco. Tesis de Lic. En Biología, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas.

**Kiely, G.** 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Editorial McGraw Hill. México D. F. 1331 páginas.

**López Ocaña, G.** 2004. Determinación de la Eficiencia de Combustión de Residuos Sólidos Municipales en un Combustor Trifásico Bajo Diferentes Condiciones de Operación. Tesis de Maestría en Ingeniería y Protección Ambiental. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa-Tabasco. México.

**LGPGIR,** 2007. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación 8 de octubre de 2003. Última reforma publicada DOF 19 de junio de 2007.

**NMX-AA-015-1985. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Muestreo - Método de Cuarteo.** Environmental Protection - Soil Pollution - Municipal Solid Residues - Sampling - Quarter Method. 18-03-85.

**NMX-AA-019-1985. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales-Peso Volumétrico "IN SITU"** Environmental Protection-Soil Pollution-Municipal Solid Residues-"IN SITU" Volumetric Weight. 18-03-85.

**NMX-AA-022-1985. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Selección y Cuantificación de Subproductos.** Environmental Protection - Soil Pollution - Municipal Solid Residues-by-Products Selection and Quantification. 18-03-85.

**NMX-AA-052-1985** Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Preparación de Muestras en el Laboratorio para su Análisis. Environmental Protection-Soil Pollution Municipal Solid Residues-Preparation of Samples in Laboratory for their Analysis. 18-03-85.

**NORMA Mexicana NMX-AA-061-1985** Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Determinación de la Generación. Environmental Protection Soil Contamination-Municipal Solid Residues-Determination of Generation. Odum P. E. 1990. Ecología. Nueva editorial Interamericana S. A. de C. V. México D. F. 639 páginas.

**Pastorok, R.A. Bartell, S.M. Ferson, S. y Ginzburg, L.R.** 2002. Ecological Modeling in Risk Assessment. Chemical Effects on Populations, Ecosystems and Landscapes. Lewis Publishers, CRC Press. 1a edición. Estados Unidos,

**SEMARNAT.** 2002. Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes. SEMARNAT. Página web, <http://www.semarnat.gob.mx>. correo: [dgmic@semarnat.gob.mx](mailto:dgmic@semarnat.gob.mx).

**SEDESOL.** 1999. Situación Actual del Manejo Integral de los RS en México. Secretaría de Desarrollo Social. INE. SEMARNAP. Asociación Mexicana para el Control de Residuos Sólidos y Peligrosos. México. D.F.

**SEMARNAT.** 2006. Guía para la Elaboración de Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH.

**Tchobanoglous G., Theisein H., Vigil S. A.** 1994. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Edit. McGraw-Hill. México D. F. 607 páginas.



# CONTENIDO

Manejo Alternativo de los Residuos de Jardinería MIGUEL ÁNGEL PÉREZ MÉNDEZ Y MARÍA RAQUEL MARTÍNEZ HERNÁNDEZ .....	5
Parásitos de peces de la reserva de la biosfera "Pantanos de Centla", Tabasco: y algunas recomendaciones para su prevención y control LETICIA GARCÍA MAGAÑA Y SERAPIO LÓPEZ JIMÉNEZ .....	13
Determinar el Análisis de Riesgo Toxicológico de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos a la salud humana de los trabajadores, utilizando el modelo Caltox JOSÉ GUADALUPE CARMEN MORALES FORTANEL .....	23
Modelar con IDRISI 32, una herramienta para definir la restauración ecológica de ríos contaminados, caso Río Seco, Paraíso, Tabasco MANRIQUE IVÁN FERRER SÁNCHEZ Y NATALIA OVANDO HIDALGO .....	31
Notas Etnobotánicas de la Familia <i>Bignoniaceae</i> en el Estado de Tabasco, México CARLOS MANUEL BURELO RAMOS Y MARÍA DE LOS ÁNGELES GUADARRAMA OLIVERA .....	41
Captura de Carbono en un remanente de Selva Alta Perennifolia en el Ejido Niños Héroes, Tenosique, Tabasco NAYME MONTERO GORDILLO, OFELIA CASTILLO ACOSTA Y JOSÉ LUÍS MARTÍNEZ SÁNCHEZ .....	45
Restauración de suelos contaminados con hidrocarburos mediante la utilización de cal viva MAYRA JANET MÉNDEZ LÓPEZ .....	51
La Generación de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio del Centro, Tabasco GASPAR LÓPEZ OCAÑA, JOSÉ ROBERTO HERNÁNDEZ BARAJAS JOSÉ GUADALUPE CHACÓN NAVA Y RAÚL GERMÁN BAUTISTA MARGULIS .....	55
Captura de carbono en un pastizal de la ranchería Emiliano Zapata, Centro, Tabasco GUADALUPE CORDOVA REYES, HUMBERTO HERNÁNDEZ TREJO Y JOSE LUIS MARTÍNEZ SÁNCHEZ .....	65
¿Cómo y para que Organizar Una Ong En Tabasco? MA. ELENA MACÍAS VALADEZ, LILLY GAMA, EUNICE PÉREZ SÁNCHEZ, BLANCA CECILIA PRIEGO Y CAROLINA ZEQUEIRA LARIOS .....	71
Estudio de eficiencia energética en bombas de agua del laboratorio de acuicultura de la DACBiol LUIS FELIPE MORALES HERNÁNDEZ Y ELIZABETH MAGAÑA VILLEGAS .....	89
Fundamento para la selección de la primala de reemplazo. JORGE OLIVA HERNÁNDEZ Y ALFONSO HINOJOSA CUÉLLAR .....	97
<b>NOTAS</b>	
¿Ecoturismo, posible en Tabasco? LILLY GAMA .....	103
<b>NOTICIAS</b>	
Proyectos de Investigación .....	105
Avisos .....	109



ISSN - 1665 - 0514