



ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE BASURA DE ORIGEN DOMESTICO QUE SE GENERA DIARIAMENTE EN LA CIUDAD DE HUATABAMPO, SONORA

Felipe Quintero Olivas¹
Juan José Servilla Garcia²

Resumen. El desarrollo y crecimiento natural de las ciudades trae como consecuencia la presencia de problemáticas que los gobiernos deben ser capaces de resolver. Esto es un proceso exigente valioso y educativo al existir ya las normas ecológicas que demandan el cuidado del medio ambiente. En el caso de los residuos sólidos es importante analizar el proceso desde su generación hasta su disposición final ya sea en rellenos sanitarios o tiraderos a cielo abierto. En esta investigación se determina la cantidad de residuos sólidos no tóxicos de origen doméstico de la ciudad de Huatabampo, Sonora, con la finalidad de analizar su composición en términos tanto orgánicos como inorgánicos.

Los residuos encontrados indican una generación aproximada de 16444.52 kgs. Diarios de basura de origen doméstico. La estimación de personas pertenecientes al área urbana es de 45692 individuos, lo que implica una generación per cápita de 0.360 kgs por persona. A nivel familiar la estimación de individuos corresponde a 5 (cinco) personas por familias, lo que conduce a 1.680 kgs. Por familia.

Palabras claves: Residuos sólidos, Basura orgánica, basura inorgánica, lixiviado.

Abstract. The development and natural growth of the cities brings as a consequence the presence of problems that Governments must be able to resolve. This is a demanding process valuable and educational to already existing environmental standards demanded by the care of the environment. In the case of solid waste, it is important to analyze the process from his generation to final disposal either in landfills or dumps open. This research determines the amount of solid waste, non-toxic household origin of the town of Huatabampo, Sonora, in order to analyze their composition in terms of both organic and inorganic.

Found residues indicate an approximate generation of 16444.52 kgs. Daily domestic garbage. The estimate of people belonging to the urban area is 45692 individuals, which implies a generation per capita of 0.360 kg per person. At the family level estimation of individuals corresponds to 5 (five) people by families, which leads to 1,680 lbs. By family.

Key words: solid waste, organic waste, inorganic waste, leachate.

Introducción.

En la sociedad primitiva, los seres humanos y los animales han utilizado los recursos de la tierra para la supervivencia y evacuación de residuos. En estos tiempos, la evacuación de los residuos humanos no se trataba de un problema significativo, ya que la población era pequeña y la cantidad de terreno utilizable para la disposición de los residuos era extensa (Tchobanoglous *et al*, 1994).

La problemática de los residuos sólidos pueden es considerada desde los tiempos en que los seres humanos comenzaron a congregarse en tribus, aldeas y comunidades, y la acumulación llegó a ser una consecuencia de la vida (Rivero *et al*, 1996, Kiely, 1999, Sans, 1999). El hecho de arrojar comida y otros residuos en las ciudades medievales llevó a la reproducción de ratas con sus pulgas respectivas, portando éstas la plaga bubónica. La falta de algún plan para el manejo, transportación y disposición final de los residuos sólidos llevó a la epidemia, la plaga, la muerte negra, que mató a la mitad de los Europeos de siglo XIV, causando muchas epidemias subsiguientes con altos índices de mortalidad (Tchobanoglous *et al*, 1994). No fue hasta el siglo XIX cuando las medidas de control de la salud pública llegaron a ser una consideración vital para los funcionarios públicos, quienes se dieron cuenta que los residuos de comida tenían que ser recogidos y evacuados de una forma sanitaria para controlar los roedores y las

¹ Profesor del Instituto Tecnológico de Huatabampo y Estudiante del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. quinterofelipe69@hotmail.com

² Profesor-Investigador del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. jsevilla@uabc.edu.mx

moscas. La relación entre la salud pública y el almacenamiento, recogida y evacuación inapropiados de residuos sólidos es evidente (Trejo, 2002, Valenzuela 1997). Las autoridades de la salud pública han demostrado que las ratas, las moscas y otros transmisores de enfermedades se producen en vertederos no controlados, tanto como en viviendas mal construidas o mal mantenidas, en instalaciones de almacenamiento de comida y muchos otros lugares donde hay comida y cobijo para las ratas y otros insectos asociados con ellas (García, 1985). En años recientes surge una disciplina llamada gestión de residuos sólidos, asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de residuos sólidos de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación de la estética y de otras consideraciones ambientales, y que también responden a las expectativas públicas (Tchobanoglous *et al*, 1994, Henry, 1999,). Por lo antes mencionado, se percibe que junto a los beneficios de la tecnología también llegaron los problemas asociados como la evacuación de los residuos resultantes. Sin embargo, en la actualidad se debe aprovechar parte de ese gran potencial tecnológico para minimizar los efectos nocivos de los residuos sólidos (Retrepo y Phillips, 1982, Opazo *et al* 1991).

Pregunta de investigación.

¿Cuál es la cantidad y composición de la basura que se genera diariamente en el sector doméstico y comercial del área urbana en la ciudad de Huatabampo, Sonora?

Objetivo.

Estimar la cantidad y composición de la basura que se produce diariamente en la ciudad de Huatabampo, Sonora con el fin de lograr una mejor toma de decisiones en la optimización de los recursos utilizados en el servicio de residuos sólidos.

Justificación.

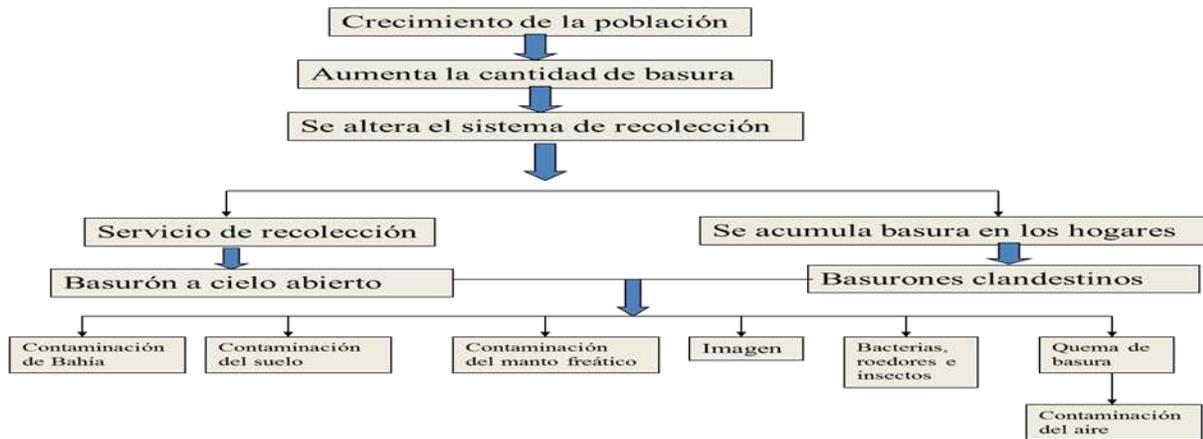
Todo ser humano, hombre, mujer y niño produce basura. El sector empresarial, fábricas y establecimientos institucionales originan basura. De esta manera la propensión a producir y desechar cada vez más, dificulta gradualmente la evacuación eficaz del derrame de residuos sólidos por los encargados en las diferentes administraciones de esta actividad.

La explosión demográfica de los pueblos ha acrecentado el volumen de forma natural de los materiales residuales, lo cual constituye un grave problema, ya que dichos materiales se van acumulando sin que los agentes naturales puedan reducir o aniquilar toda esa materia debido a la alta velocidad con que esta se forma. Se ha observado la quema de estos residuos en los mismos hogares, centros de acumulamientos de residuos clandestinos que generan materia putrescible que incrementa la cantidad de bacterias, insectos y roedores (Ver gráfica 1).

Si se continúa por el mismo camino, dentro de poco tiempo, los recursos humanos, físicos y económicos no alcanzarán para dar solución real al problema de los desechos sólidos.

La realización de esta investigación tiene como antecedente la queja de los ciudadanos ante el servicio de recolección brindado y el deseo de las autoridades por mejorar la imagen de la ciudad. Para tal efecto, se considera necesario mejorar la forma en que se realiza actualmente el servicio de recolección de la basura y las condiciones en que se lleva a cabo la disposición final de tales residuos. Al llevarse a cabo este estudio se considera que pueden obtenerse los beneficios siguientes:

1. El conocimiento de la cantidad de basura que se genera diariamente en el área urbana así como su composición.
2. Determinar la cantidad de recolectores que sean necesarios para llevar a cabo la tarea de recolección.
3. Determinar los tamaños adecuados de las áreas de recolección y los días que deben ser asignados para ofrecer un servicio de calidad.
4. Obtener los costos a la recolección tanto por kilogramo de basura como por individuo.



Gráfica 1.- Representación de las dificultades que ocasiona una explosión demográfica mal planeada.

Descripción del método.

Materiales y equipo:

Para llevar a cabo el estudio se hizo uso de los siguientes materiales y equipo:

1. 600 bolsas de polietileno (dos por casa)
2. tarjetas para etiquetar cada bolsa.
3. Ocho pares de guantes.
4. Cubre bocas.
5. Balanza.
6. Dos automóviles tipo sedán.
7. Una camioneta Pick-Up.

Además, para llevar a cabo el análisis se requirió:

1. Plano de la ciudad.
2. Colores.
3. Equipo de cómputo y paquetería de computación.

La basura recolectada se depositó en un espacio prestado por el Instituto Tecnológico de Huatabampo, donde se llevaron a cabo las operaciones de pesado y caracterización de la basura.

Muestreo por conglomerados de dos etapas:

Una muestra por conglomerados es una muestra aleatoria en la cual cada unidad de muestreo es una colección o conglomerados de elementos. Un conglomerado es una colección de elementos de la población, que quedan agrupados en función de un criterio arbitrario, tal como la ubicación geográfica, unidades habitacionales, profesiones, etc. (Canavos, 1998, Mendehall *et al* 1986, Murray, 1994)

Cuando los conglomerados se consideran homogéneos dentro de sí, y lo suficientemente heterogéneos entre sí, entonces no es necesario analizar de manera completa la unidad muestral, si no que es suficiente con tomar en forma aleatoria una porción del conglomerado. En tal caso, se está utilizando un esquema de muestreo por conglomerado de dos etapas.

Es llamado de dos etapas debido a que una muestra se obtiene seleccionando primero una muestra aleatoria de conglomerados (primera etapa) y posteriormente una muestra aleatoria de los elementos de cada conglomerado muestreado (segunda etapa).

Las ventajas del muestreo por conglomerado de dos etapas sobre otros diseños son:

- 1.- No se requiere un marco que liste todos los elementos de la población, ya que se puede lograr fácilmente un marco que liste todos los conglomerados.
- 2.- El costo para obtener información se reduce con la distancia que separa los elementos debido a que van a muestrearse conglomerados (Mendehall, *et al.* 1986).

Estimación Insesgada de una media y un total poblacionales.

El interés es estimar una media poblacional μ y un total poblacional τ y establecer un límite para el error de estimación. Se utiliza la siguiente notación (Mendenhall *et al.* 1986, Raj, 1979, Montgomery y Runger, 1996):

N : Número de conglomerados en la población.

n : Número de conglomerados seleccionados en una muestra irrestricta aleatoria.

M_i : Número de elementos en el conglomerado i .

m_i : Número de elementos seleccionados en una muestra aleatoria del conglomerado i .

$$M = \sum_{i=1}^N M_i : \text{Total de elementos en la población.}$$

$$\bar{M} = \frac{M}{N} : \text{Tamaño del conglomerado promedio de la población.}$$

y_{ij} =La j -ésima observación en la muestra del i -ésimo conglomerado.

$$\bar{y}_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} y_{ij} : \text{Media muestral para el } i\text{-ésimo conglomerado.}$$

Estimador insesgado de una media poblacional μ :

$$\hat{\mu} = \left(\frac{N}{M} \right) \frac{\sum_{i=1}^n M_i \bar{y}_i}{n} \quad (1.1)$$

Varianza estimada de $\hat{\mu}$:

$$\hat{V}(\hat{\mu}) = \left[\frac{N-n}{N} \right] \left[\frac{1}{n\bar{M}^2} \right] S_b^2 + \left[\frac{1}{nNM^2} \right] \sum_{i=1}^n M_i^2 \left[\frac{M_i - m_i}{M_i} \right] \left[\frac{S_i^2}{m_i} \right] \quad (1.2)$$

Donde:

$$S_b^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (M_i \bar{y}_i - \bar{M} \hat{\mu})^2}{n-1} \quad (1.3)$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{m_i - 1} \quad i=1,2,3,4,\dots,n. \quad (1.4)$$

Límite para el error de estimación B es:

$$2\sqrt{V(\hat{\mu})} \quad (1.5)$$

Un estimador insesgado de un total poblacional puede encontrarse tomando un estimador insesgado de la media poblacional y multiplicándolo por el número de elementos en la población, de una manera similar a la usada en muestreo irrestricto aleatorio. Así $M\hat{\mu}$ es un estimador insesgado de τ para el muestreo por conglomerados en dos etapas.

Estimación del total de la población τ .

$$\hat{\tau} = M\hat{\mu} = N \frac{\sum M_i \bar{y}_i}{n} \quad (1.6)$$

Varianza estimada de $\hat{\tau}$:

$$\hat{V}(\hat{\tau}) = \left[\frac{N-n}{N} \right] \left[\frac{N^2}{n} \right] S_b^2 + \left[\frac{N}{n} \right] \sum_{i=1}^n M_i^2 \left[\frac{M_i - m_i}{M_i} \right] \left[\frac{S_i^2}{m_i} \right] \quad (1.7)$$

Donde S_b^2 está dada por la ecuación 1.3 y S_i^2 está dado por la ecuación 1.4

Límite para el error de estimación:

$$2\sqrt{\hat{V}(\hat{\tau})} = 2\sqrt{M^2 \hat{V}(\hat{\mu})} \quad (1.8)$$

Donde el intervalo de confianza del estimador de por lo menos el 95% está dado por:

$$\tau - 2\sqrt{V(\hat{\tau})} \leq \tau \leq \hat{\tau} + 2\sqrt{V(\hat{\tau})} \quad (1.9)$$

El estimador $\hat{\mu}$ presentado anteriormente depende de “M”, el número de elementos en la población. Un método para estimar μ cuando M es desconocida, es estimar esta variable multiplicando el tamaño del conglomerado promedio

$\frac{\sum_{i=1}^n M_i \bar{y}_i}{n}$, por el número de conglomerados en la población, N. Se obtiene así un estimador de razón, denotado por

$\hat{\mu}_r$, debido a que tanto el numerador como el denominador son variables aleatorias.

Estimador de razón para la media poblacional μ :

$$\hat{\mu}_r = \frac{\sum_{i=1}^n M_i y_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (1.10)$$

Varianza estimada de $\hat{\mu}_r$.

$$\hat{V}(\hat{\mu}) = \left[\frac{N-n}{N} \right] \left[\frac{1}{nM^2} \right] S_r^2 + \left[\frac{1}{nNM^2} \right] \sum_{i=1}^n M_i^2 \left[\frac{M_i - m_i}{M_i} \right] \left[\frac{S_i^2}{m_i} \right] \quad (1.11)$$

Donde:

$$S_r^2 = \frac{\sum M_i^2 (\bar{y}_i - \hat{\mu}_r)^2}{n-1} \quad (1.12)$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} (y_{ij} - y_i)^2}{m_i - 1} \quad i=1,2,3,4,\dots,n. \quad (1.13)$$

El límite para el error de estimación de B es:

$$2\sqrt{V(\hat{\mu}_r)} \quad (1.14)$$

Donde el intervalo de confianza del estimador de razón de por lo menos el 95% está dado por:

$$\hat{\mu}_r - 2\sqrt{V(\hat{\mu}_r)} \leq \mu_r \leq \hat{\mu}_r + 2\sqrt{V(\hat{\mu}_r)} \quad (1.15)$$

El estimador $\hat{\mu}_r$ es sesgado, pero el sesgo es despreciable cuando “n” es suficientemente grande.

Proceso de obtención de la información

Conocidas las rutas que Servicios Públicos Municipales maneja para la recolección de la basura y los días que tienen asignados para cada una de ellas, se decidió realizar la obtención de la información en base a los siguientes criterios:

- Aplicar la técnica de muestreo por conglomerado de dos etapas, tomando como unidad muestral el área geográfica de una manzana.
- Utilizar el plano de la Ciudad autorizado por la Dirección de Desarrollo Urbano, Obras y Servicios Públicos Municipales y Trazado por la administración actual.
- Arbitrariamente se dividió la ciudad en cuatro sectores, los cuales se generaron al trazar una división norte-sur a través de la calle 16 de Septiembre y otra de este a oeste por la avenida Juárez. Los sectores de la parte norte se les denominó (de oeste a este) A y B, a los sectores de la parte sur se les llamó (de oeste a este) C y D.

SECTOR	NUMERO DE MANZANAS
A	86
B	141
C	174
D	92
COLONIA UNION	42
TOTAL	535

Tabla 1.- Manzanas ubicadas en cada uno de los sectores establecidos.

- Tomando en cuenta otros estudios realizados cuyo propósito era conocer la cantidad de basura generada por persona y el tamaño promedio de la ciudad, se determinó utilizar una muestra aleatoria para cada uno de los sectores mencionados anteriormente de tal manera que el estudio comprende un total de 37 manzanas (Tabla 2).
- Tomando en cuenta los días asignados para la recolección de la basura, se determinó visitar los hogares elegidos a pertenecer a la muestra, el mismo día que lo hace el carro recolector, especificando a los moradores de esa vivienda el objetivo y la importancia de la investigación. Además se les solicitó que recogieran la basura que se genera en el hogar, exclusivamente en ese único día, para lo cual se hizo entrega de dos bolsas etiquetadas, que se recogieron el día siguiente. Los datos que contenía la etiqueta eran sobre el sector donde se ubica la unidad habitacional, el número de manzanas, conforme al plano, así como el número de personas que la habitan en forma regular.

SECTOR	Numero de manzanas en el sector	Número de manzanas muestreadas
A	86	6
B	141	9
C	174	11
D	92	7
COLONIA UNION	42	4
TOTAL	535	37

Tabla 2.- Distribución de las unidades muestrales en cada uno de los sectores en estudio

Resultados obtenidos.

Mediante el análisis de la información recabada a través del muestreo se obtuvieron los resultados siguientes:

- La cantidad de basura que se genera por hogar es de 1.680 kilogramos al día.

2. La cantidad de basura de tipo doméstico que se genera en el área urbana (sin incluir Yavaros) es de 16444.52 kilogramos al día, con un intervalo de confianza del 95% de $13980\text{kgs.} \leq \hat{t} \leq 18908\text{kgs.}$
3. La cantidad de basura de origen comercial es de 2500 kilogramos al día.
4. En base al registro del número de personas, se estima que la población del área urbana (sin incluir Yavaros), es de 45692 individuos, tomado del censo población INEGI en el año 2010.
5. El resultado anterior implica una producción de 0.360 kilogramos por persona al día.

$M_i^2 \left[\frac{(M_i - m_i)}{M_i} \right] \left[\frac{S_i^2}{m_i} \right]$	$(M_i \bar{y}_i - \overline{M\mu})^2$	$M_i^2 (\bar{y}_i - \mu_r)^2$
45.992	24.796	15.008
38.106	391.897	480.925
2.938	7.433	175.828
44.869	148.075	179.426
11.316	91.593	45.914
159.056	298.474	18.404
302.278	962.269	915.505

Tabla 3.-Cálculo del sector "A"

$M_i^2 \left[\frac{(M_i - m_i)}{M_i} \right] \left[\frac{S_i^2}{m_i} \right]$	$(M_i \bar{y}_i - \overline{M\mu})^2$	$M_i^2 (\bar{y}_i - \mu_r)^2$
43.709	211.597	2.433
101.447	0.521	30.735
2.521	232.153	40.742
41.079	102.442	243.828
9.373	66.677	208.282
6.320	502.369	141.134
20.773	104.972	0.082
0	276.543	0.389
12.886	34.264	239.630
2.239	262.362	153.363
240.351	1793.905	1060.623

Tabla 4.-Cálculo del sector "B"

$M_i^2 \left[\frac{(M_i - m_i)}{M_i} \right] \left[\frac{S_i^2}{m_i} \right]$	$(M_i \bar{y}_i - \overline{M\mu})^2$	$M_i^2 (\bar{y}_i - \mu_r)^2$
132.352	58.559	1.921
206.237	801.819	563.113

231.472	41.042	12.250
102.958	118.950	4.326
135.071	16.823	41.371
58.308	19.835	0.410
47.775	352.260	176.226
3.277	290.825	23.426
30.390	3.507	48.734
2.733	295.723	24.830
6.377	48.075	9.734
956.951	2047.417	906.341

Tabla 5.-Cálculo del sector “C”

$M_i^2 \left[\frac{(M_i - m_i)}{M_i} \right] \left[\frac{S_i^2}{m_i} \right]$	$(M_i \bar{y}_i - \overline{M\mu})^2$	$M_i^2 (\bar{y}_i - \mu_r)^2$
18.719	21.145	45.320
107.645	955.020	90.573
12.313	104.727	13.396
56.119	4.824	122.103
108.075	803.348	12.938
0.566	281.857	1.476
303.436	2170.922	285.806

Tabla 6.-Cálculo del sector “D”

$M_i^2 \left[\frac{(M_i - m_i)}{M_i} \right] \left[\frac{S_i^2}{m_i} \right]$	$(M_i \bar{y}_i - \overline{M\mu})^2$	$M_i^2 (\bar{y}_i - \mu_r)^2$
150.100	317.424	3.572
14.054	0.474	2.088
46.565	63.910	24.920
51.034	72.550	218.567
261.753	454.358	249.147

Tabla 7.-Cálculo del sector “Colonia Unión”

Operaciones para el cálculo de la cantidad de basura generada por familia.

Por medio de la ecuación 1.10, se estima la media sesgada de la cantidad de basura por familia por día, donde:

$$\hat{\mu}_r = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \bar{y}_i}{\sum_{i=1}^n M_i} = \frac{1137.28}{676} = 1.680 \frac{kgs.de.basura}{casa}$$

Para encontrar la varianza estimada de $\hat{\mu}_r (V(\hat{\mu}_r))$, ecuación 1.11 debemos calcular S_r^2 mediante la ecuación 1.12.

$$S_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n M_i (\bar{y}_i - \hat{\mu}_r)^2}{n - 1} = \frac{3421.8133}{36} = 95.05 kgs^2 de.basura$$

Para calcular las varianzas de los datos puntuales S_i^2 de cada conglomerado se utilizó la ecuación 1.13.

Donde:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{m_i - 1} \quad i=1,2,3,\dots,n$$

Utilizando los valores obtenidos de S_r^2 y S_i^2 y sustituyendo en la fórmula se tiene:

Varianza estimada de $\hat{\mu}_r$.

$$\hat{V}(\hat{\mu}) = \left[\frac{N-n}{N} \right] \left[\frac{1}{nM^2} \right] S_r^2 + \left[\frac{1}{nNM^2} \right] \sum_{i=1}^n M_i^2 \left[\frac{M_i - m_i}{M_i} \right] \left[\frac{S_i^2}{m_i} \right]$$

$$\hat{V}(\hat{\mu}_r) = \left[\frac{535-37}{535} \right] \left[\frac{1}{(37)(18)^2} \right] (95.05) + \frac{1}{(37)(535)(18)^2} (2064.77)$$

$$\hat{V}(\hat{\mu}_r) = 0.0074 \text{ kgs.de basura.}$$

Para calcular el intervalo de confianza, se debe obtener el límite para el error de estimación

$$2\sqrt{\hat{V}(\hat{\mu}_r)} = 2\sqrt{0.0074} = 0.172 \text{ kgs.de basura.}$$

Donde el intervalo de confianza del estimador de razón de la cantidad media de basura generada por casa por día con lo menos el 95% de probabilidad, dado por la ecuación 1.15 es:

$$\hat{\mu}_r - 2\sqrt{\hat{V}(\hat{\mu}_r)} \leq \hat{\mu}_r \leq \hat{\mu}_r + 2\sqrt{\hat{V}(\hat{\mu}_r)}$$

Sustituyendo valores,

$$1.68 - 0.172 \leq \hat{\mu}_r \leq 1.68 + 0.172$$

$$1.508 \text{ kgs.} \leq \hat{\mu}_r \leq 1.852 \text{ kgs.}$$

El estimador $\hat{\mu}_r$ es sesgado, pero el sesgo es despreciable cuando n es grande.

Operaciones para obtener la cantidad total de basura que se genera en el sector doméstico por día.

Para la estimación del total poblacional de basura τ se utiliza la ecuación 1.6.

$$\hat{\tau} = M\hat{\mu} = N \frac{\sum M_i \bar{y}_i}{n} = \frac{535}{37} (1137.28) = 16444 \text{ kgs. de basura por día.}$$

Varianza estimada de $\hat{\tau}$ se obtiene mediante la ecuación 1.7.

$$\hat{V}(\hat{\tau}) = \left[\frac{N-n}{N} \right] \left[\frac{N^2}{n} \right] S_b^2 + \left[\frac{N}{n} \right] \sum_{i=1}^n M_i^2 \left[\frac{M_i - m_i}{M_i} \right] \left[\frac{S_i^2}{m_i} \right]$$

Donde S_b^2 está dada por la ecuación 1.3 y S_i^2 está dado por la ecuación 1.4

$$S_b^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (M_i \bar{y}_i - \bar{M}\hat{\mu})^2}{n-1}$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} (y_{ij} - y_i)^2}{m_i - 1} \quad i=1,2,3,4,\dots,n$$

$$\hat{V}(\hat{t}) = \left[\frac{535 - 37}{535} \right] \left[\frac{(535)^2}{37} \right] (206.75) + \frac{535}{37} (2064.77)$$

$$\hat{V}(\hat{t}) = 1488767.635 + 29855.458$$

$$\hat{V}(\hat{t}) = 1518623093 \text{ kgs. de basura}$$

El límite para el error de estimación se calcula mediante la ecuación 1.8 y se tiene:

$$2\sqrt{\hat{V}(\hat{t})} = 2\sqrt{M^2 \hat{V}(\hat{\mu})} = 2(1232.32) = 2464.64$$

Donde el intervalo de confianza del estimador de la cantidad total de basura generada por el sector doméstico por día con al menos el 95% de probabilidad de ocurrencia, está dado por la ecuación 1.9.

$$\tau - 2\sqrt{V(\hat{t})} \leq \tau \leq \hat{t} + 2\sqrt{V(\hat{t})}$$

Sustituyendo los valores :

$$16444 - 2464 \leq \hat{t} \leq 16444 + 1464$$

$$13980 \text{ kgs.} \leq \hat{t} \leq 18908 \text{ kgs.}$$

Manzanas No. Sector A	Casas por manzana	Total de casas en la muestra	Total de basura en la muestra (Kgs)	Producción de basura por casa (Kgs)	Total basura por manzana (Kgs)	Desv.estándar por manzana (Kgs)
26	13	5	9.89	1.978	25.714	1.487
30	17	9	26.78	2.970	50.490	1.588
36	12	9	25.07	2.785	33.420	0.857
54	19	6	5.85	0.975	18.525	1.044
60	28	6	8.63	1.438	40.264	0.332
77	26	2	3.69	1.845	47.970	0.714

Tabla 8.- Estimación de la producción de basura en el sector A.

Manzanas No. Sector B	Casas por Manzana	Total de casas en la muestra	Total de basura en la muestra (Kgs)	Producción de basura por casa (Kgs)	Total basura por manzana (Kgs)	Desv.estándar por manzana (Kgs)
8	26	7	12.18	1.740	45.240	0.787
16	22	6	8.57	1.428	31.422	1.315
45	13	10	11.89	1.189	15.457	0.804
59	15	7	19.05	2.721	40.821	1.548
82	22	5	5.12	1.024	22.528	0.354
92	12	3	2.07	0.690	8.280	0.419
99	12	5	8.52	1.704	20.448	1.112
126	8	8	14.07	1.758	14.070	1.368
131	24	14	14.50	1.035	24.856	0.867
140	16	10	9.06	0.906	14.496	0.483

Tabla 9.- Estimación de la producción de basura en el sector B.

Manzanas No. Sector C	Casas por Manzana	Total de casas en la muestra	Total de basura en la muestra(Kgs)	Producción de basura por casa (Kgs)	Total basura por manzana (Kgs)	Desv.estándar por manzana (Kgs)
11	22	6	10.46	1.743	38.346	1.502
18	21	6	16.86	2.810	59.010	1.982
21	20	4	7.42	1.855	37.100	1.701
38	26	5	8.00	1.600	41.600	0.971
48	12	3	6.65	2.216	26.592	1.937
57	16	8	13.12	1.640	26.240	1.909
75	15	2	1.59	0.795	11.925	0.700
84	11	7	8.68	1.240	13.640	0.722
165	13	8	17.74	2.217	28.821	1.934
169	11	8	9.82	1.227	13.497	0.814
172	16	6	8.91	1.485	23.760	0.489

Tabla 10.- Estimación de la producción de basura en el sector C.

Manzanas No. Sector D	Casas por Manzana	Total de casas en la muestra	Total de basura en la muestra(Kgs)	Producción de basura por casa (Kgs)	Total de basura por manzana (Kgs)	Desv.estándar por manzana (Kgs)
14	17	9	18.69	2.076	35.292	1.113
19	31	8	15.90	1.987	61.597	1.099
57	10	6	12.28	2.046	20.460	1.359
65	13	3	7.59	2.530	32.890	1.138
75	33	12	21.47	1.789	59.036	1.368
89	9	2	3.09	1.545	13.905	0.134

Tabla 11.- Estimación de la producción de basura en el sector D.

Manzanas No. Colonia Unión	Casas por Manzana	Total de casas en la muestra	Total de basura en la muestra(Kgs)	Producción de basura por casa (Kgs)	Total de basura por manzana (Kgs)	Desv.estándar por manzana (Kgs)
11	30	7	11.32	1.617	48.510	1.234
21	17	2	3.53	1.765	30.005	0.332
27	26	6	8.93	1.488	38.688	0.733
34	22	5	5.04	1.008	22.176	0.826

Tabla 12.- Estimación de la producción de basura la Colonia Unión.

Composición de la basura en el sector doméstico.

Al sumar la cantidad de basura generada por manzana muestreada en cada uno de los sectores, se obtiene un total de 423.28 kilogramos de basura recolectada en las 37 manzanas muestreadas. Se obtuvieron 328.26 kilogramos de basura de tipo orgánico (papel, cartón, desechos alimenticios y follaje) (Ver tabla 13) y 95.02 kilogramos de basura de tipo inorgánico (plástico, vidrio, metales y varios componentes) (Ver tabla 14).

Basura orgánica	Cantidad (kilogramos)	Porcentaje
Papel- cartón	54.050	12.7
Desechos orgánicos	191.820	45.3
Follaje	82.390	19.4
TOTAL	328.260	77.4

Tabla 13.- Cantidad y porcentaje de la basura orgánica.

Basura inorgánica	Cantidad (kilogramos)	Porcentaje
Plástico	64.410	15.2
Vidrio	16.250	3.8

Metales	7.790	1.8
Varios	6.570	1.5
TOTAL	95.020	32.6

Tabla 14.- Cantidad y porcentaje de la basura inorgánica.

Conclusiones y recomendaciones.

En base a los resultados obtenidos se tienen las siguientes conclusiones:

- El 77.4% del total de basura que se genera en la ciudad de Huatabampo, es de origen orgánico, destacándose los desechos de la cocina. Sin embargo, el plástico como componente inorgánico se encuentra en un nivel alto (15%) lo que implica un riesgo ecológico que debe enfrentarse mediante alguna estrategia de reciclaje.
- Para poder brindar una atención diaria por parte del Departamento de Servicios Públicos Municipales, en la tarea de recolección de la basura en la ciudad de Huatabampo, Sonora, se requieren cinco unidades recolectoras con capacidad de tres toneladas del tipo doble rodado, debido al estado que guardan las calles y avenidas sin pavimentar. Tales unidades deberán realizar dos viajes con carga completa hacia el tiradero a cielo abierto.
- Cada una de las unidades del inciso anterior, deberán ser atendidas por el conductor y tres personas más.
- Es indispensable que se atienda el proceso de recolección, considerando áreas de atención, asignándole a cada área, dos días por semana, con excepción de la Colonia Unión y Yavaros, donde se realizan una vez a la semana.

Se recomienda sensibilizar a los ciudadanos de Huatabampo sobre la necesidad de separar la basura, de tal forma que la basura que puede ser reciclada sea fácilmente identificable, lo anterior se puede realizar utilizando medios masivo de comunicación.

Por otra parte, las autoridades del Ayuntamiento de Huatabampo, deben iniciar a la brevedad estudios sobre la posible ubicación de un relleno sanitario, debido a que actualmente la basura se deposita a cielo abierto y el terreno donde se encuentra el tiradero sufre inundaciones en épocas de lluvias y el agua arrastra los desechos, trasladándolos a otros lugares y como consecuencia contaminación en las inmediaciones del basurón.

Referencias bibliográficas.

- García O. Raúl, Hernández Diego B., Méndez Ignacio (1985).** Hacia un enfoque de sistemas biológicos. Matemáticas y Biología. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).
- Canavos George C. (1998).** Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos. Editorial Mc. Graw Hill, primera edición, México, México.
- Henry J. Glynn, Heinke Gary W (1999).** Ingeniería ambiental. Editorial Prentice Hall, Hispanoamericana.
- Kiely Gerard (1999).** Ingeniería ambiental, fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Editorial Mc. Graw Hill.
- Mendenhall William (1986).** Introducción a la probabilidad y la estadística. Grupo Editorial Iberoamérica
- Montgomery Douglas C. , Runger George C (1996).** Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. Editorial McGraw Hill.
- Murray R Spiegel (1994).** Probabilidad y estadística. Editorial Mc. Graw Hill, primera edición México, México.
- Opazo Unda, Salinas Cordero Francisco y M Sergio (1991).** Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública. Editado por la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), México, D.F.
- Restrepo Iván y Phillips David (1982).** La basura: Consumo y desperdicio en el Distrito Federal Editorial del Instituto Nacional del Consumidor, Primera edición, México, México.
- René Córdova (1993).** Reciclar, reciclar la basura va a pasar. Editorial de El Imparcial, primera edición, Hermosillo, Sonora, México.
- Rivero Serrano Octavio, Ponciano Rodríguez Guadalupe y González Martínez Ramón (1996).** La situación ambiental en México. Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA), UNAM.
- Sans Fonfría Ramón, Rivas Joan de Pablos (1999).** Ingeniería ambiental, contaminación y tratamientos. Editorial Alfaomega. México D.F.
- Mendenhall William, Scheaffer Richard I, y Ott Lyman(1986).** Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Tchobanoglous George, Theisen Hilary y Vigil Samuel A (1994).** Gestión integral de residuos sólidos. Editorial McGraw Hill. Vol. I y II

14.- Trejo Vázquez Rodolfo (2002). Procesamiento de la basura urbana. Editorial Trillas. Cuarta reimpresión, México, D.F.

15.- Valenzuela Zazueta Julio César (1997). Trabajo profesional: Estimación de la cantidad de basura que se genera en el sector doméstico en la ciudad de Navojoa, Sonora.