

# **Caracterización de los Residuos Sólidos en el Municipio de San Antonio de Oriente, Honduras**

**Dilenia Del Rosario Durán Chévez  
Reina Jackeline Vílchez Ochoa**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2009

ZAMORANO  
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE

# **Caracterización de los Residuos Sólidos en el Municipio de San Antonio de Oriente, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniera en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Dilenia del Rosario Durán Chévez**  
**Reina Jackeline Vílchez Ochoa**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2009

# **Caracterización de los Residuos Sólidos en el Municipio de San Antonio de Oriente, Honduras**

Presentado por:

Dilenia del Rosario Durán Chévez  
Reina Jackeline Vílchez Ochoa

Aprobado:

---

Carlos Quiroz, M.Sc.  
Asesor principal

---

Arie Sanders, M.Sc.  
Director  
Carrera de Desarrollo Socioeconómico  
y Ambiente

---

Arie Sanders, M.Sc.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## RESUMEN

Duran, D; Vílchez, R. 2009. Caracterización de Residuos Sólidos en el Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. Proyecto Especial de Graduación. 28 p.

El inadecuado manejo de los residuos sólidos tales como la quema, el uso de botaderos comunes y la disposición en quebradas y ríos, son uno de los principales problemas ambientales que enfrenta el Municipio de San Antonio de Oriente, con una población aproximada de 16,857 personas. El estudio consistió en caracterizar y cuantificar la producción actual de los residuos sólidos y, con base en estos resultados, medir la producción per cápita, analizar la composición física, generación total y a partir de esto, proponer alternativas de manejo que integren las 16 aldeas que conforma el municipio. Se visitaron 317 hogares, para una muestra de 1,320 habitantes. El municipio está generando diariamente 5,230 kg de residuos sólidos a una tasa por habitante de 0.31 kg/día. Los materiales tipificados fueron materia orgánica (57%), varios (26%), papel y cartón (5.53%), polietileno de tereftalato (4.15%), textiles (3.12%), vidrio (2.14%), polietileno de alta densidad (0.99%), latas de aluminio (0.38%), recipientes agroquímicos (0.68%) y llantas (0.33%). Si se realizara un buen manejo de los residuos orgánicos, la venta para la producción de abono orgánico, resultaría en un ingreso anual de US\$71,789. La generación de residuos sólidos proyectada hacia los próximos veinte años es de 3,960 toneladas métricas y el diseño de alternativas para su manejo es uno de los principales a cumplir. La falta de concienciación de la población está causando que el 80% de los residuos sólidos generados aporten a las causas de la contaminación del municipio.

**Palabras clave:** biodegradable, manejo de desechos, producción per cápita, reciclaje.

## CONTENIDO

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| Portadilla.....                           | i   |
| Página de firmas.....                     | ii  |
| Resumen .....                             | iii |
| Contenido .....                           | iv  |
| Índice de cuadros, figuras y anexos ..... | v   |
| <br>                                      |     |
| 1. INTRODUCCIÓN.....                      | 1   |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....            | 3   |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS .....             | 6   |
| 4. RESULTADOS.....                        | 11  |
| 5. DISCUSIÓN .....                        | 16  |
| 6. CONCLUSIONES .....                     | 17  |
| 7. RECOMENDACIONES.....                   | 18  |
| 8. LITERATURA CITADA .....                | 20  |
| 9. ANEXOS .....                           | 22  |

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

### Cuadro

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Información básica de los residuos y su aplicación.....                          | 5  |
| 2. Tasa anuales de crecimiento poblacional en las ciudades de América Central ..... | 7  |
| 3. Densidades de cada tipo de residuo sólido <sup>1</sup> .....                     | 9  |
| 4. Generación diaria, mensual y anual por tipo de residuo sólido en el municipio .. | 13 |
| 5. Proyección anual de generación de residuos sólidos hacia el año 2029.....        | 14 |
| 6. Precio de venta por cada tipo de residuo sólido generado anualmente .....        | 15 |

### Figura

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Mapa Político del Municipio de San Antonio de Oriente.....                                                         | 6  |
| 2. Producción per cápita de residuos sólidos en el municipio y aldeas .....                                           | 11 |
| 3. Porcentaje de cada tipo de residuo sólido que se genera anualmente en el Municipio de San Antonio de Oriente. .... | 12 |
| 4. Porcentajes según las prácticas de disposición final de los residuos sólidos en el municipio.....                  | 13 |

### Anexo

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Tabla de campo para la recolección de datos de los residuos sólidos generados en el Municipio de SAO..... | 22 |
| 2. Encuesta por aldea sobre la disposición final de residuos sólidos. ....                                   | 22 |
| 3. Proyección de la generación anual de residuos sólidos en el Municipio de SAO. ....                        | 24 |
| 4. Proyección de la generación anual de botellas PET. ....                                                   | 25 |
| 5. Proyección de la generación anual de botellas HDPE.....                                                   | 26 |
| 6. Proyección de la generación anual de latas de aluminio. ....                                              | 27 |
| 7. Proyección de la generación anual de vidrio. ....                                                         | 28 |
| 8. Proyección de la generación anual de residuos orgánicos biodegradables.....                               | 29 |

## 1. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos son aquellos desperdicios que se generan a partir del consumo y producción de las actividades humanas, los cuales ya no se consideran de valor y se desecha como basura causando graves daños ambientales sin saber que realizando un buen manejo de estos residuos, pueden seguir dándonos beneficios (Tchobanoglous 2002). Como citan Alcas *et al.* (2005). “El estudio de la generación y composición de los residuos sólidos constituye una de las etapas preliminares y esenciales para diseñar y planificar las propuestas más adecuadas y viables para su tratamiento técnico y sanitario”. En el caso del Municipio de San Antonio de Oriente, según el Plan Estratégico de Desarrollo Municipal 2004-2015; la situación del manejo de los residuos sólidos en el municipio, en general, se halla en un estado crítico. Esto se debe a que los residuos se encuentran acumulados en la orilla de las carreteras, calles o quebradas; quedándose a cielo abierto y sin control, no existen sistemas de recolección ni de un sitio para la disposición final de los residuos. Además, los fondos con los que cuenta la alcaldía son limitados y no hay iniciativas por parte de los habitantes.

El municipio carece de programas de manejo de residuos sólidos, tanto para los domésticos como para los industriales y tampoco cuenta con campañas de sensibilización. Esto genera contaminación en los recursos naturales y el deterioro de las microcuencas, así como también el aumento de enfermedades en la población.

La Alcaldía municipal de San Antonio de Oriente ha propuesto un proyecto de Manejo Integrado de Residuos Sólidos (MIRS), encarado por el Comité Municipal de Residuos Sólidos de San Antonio de Oriente “COMADES-SAO”. Dentro de los objetivos específicos de dicho proyecto se tienen el crear un relleno sanitario y dar sostenibilidad al manejo de residuos sólidos. Un manejo eficiente de los residuos sólidos resultará en una mejor calidad de vida para la población, reduciendo el número de enfermedades y epidemias que se generan por la contaminación. Para lograrlo, es necesario realizar una caracterización de los residuos sólidos.

En este estudio se caracterizaron los residuos sólidos domiciliarios y de algunas fuentes comerciales, con el fin de generar información cuantitativa, utilizando métodos de muestreo estadístico para determinar la producción per cápita y volumen de los residuos. También se obtuvo el porcentaje de residuos recuperables y no recuperables, con el fin de crear alternativas de manejo e incrementar la vida útil del futuro relleno sanitario.

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar los residuos sólidos producidos en 16 aldeas del Municipio de San Antonio de Oriente, Departamento Francisco Morazán, Honduras.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Cuantificar la producción per cápita y la generación total de residuos sólidos domésticos del municipio.
- Determinar la composición física de los residuos sólidos.
- Describir el manejo actual de los residuos sólidos y su deposición final.
- Proponer alternativas de manejo de residuos sólidos para el municipio.
- Proyectar la generación de residuos sólidos para un período de 20 años.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 RESIDUOS SÓLIDOS**

Según el Reglamento para el Manejo de Residuos Sólidos de Honduras (Art. 5. Acuerdo 378-2001), se define a los residuos sólidos como “Aquellos materiales no peligrosos, que son descartados por la actividad del ser humano o generados por la naturaleza y que no teniendo una utilidad inmediata para su actual poseedor, se transforman en indeseables”. Estos materiales generaron un costo de compra y generarán un costo de deposición. A diferencia de los efluentes líquidos o las emisiones gaseosas, el tiempo de degradación de los mismos en un buen porcentaje es bastante grande, acumulándose en el suelo, subsuelo o cuerpos de aguas superficiales o subterráneas, contaminándolos. En el diseño y operación de un sistema de manejo de residuos, el fundamento es la cantidad producida por las diversas fuentes consideradas (Alcas *et al.*, 2005).

### **2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

Los residuos se pueden clasificar, según su origen, en residenciales, comerciales, institucionales, construcción y demolición, servicios municipales, plantas de tratamiento, industriales y agropecuarios. Los residuos de origen residencial, a su vez se tipifican en: desperdicios de comidas, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, desperdicios de jardín, madera, vidrio, latas de aluminio, residuos especiales y residuos domésticos peligrosos (Tchobanoglous, 2002).

### **2.3 RECICLAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

“La práctica del reciclado de residuos sólidos es muy antigua, por ejemplo, los utensilios metálicos se funden y remodelan desde tiempos prehistóricos. En la actualidad los materiales reciclables se recuperan de diferentes maneras como el desfibrado, la separación magnética de metales, separación de materiales ligeros y pesados, cribado y lavado, dependiendo del material que se pretenda reciclar” (Alcas *et al.*, 2005).

Según Röben (2003), los materiales reciclables son generalmente los residuos sólidos no biodegradables que se pueden reutilizar o transformar en otros productos. Entre ellos, los principales para manejo y venta son:

- Papel: es una estructura obtenida a base de fibras vegetales de celulosa que se

entrecruzan formando una hoja resistente y flexible. Estas fibras provienen del árbol y, según su longitud, se habla de fibras largas o de fibras cortas.

- Plásticos PET (polietileno de tereftalato): es un material de alta resistencia mecánica, rígido, con una superficie dura, apta para dar brillo, buena estabilidad dimensional y resistente a la fricción y el desgaste. Es transparente y es mayormente utilizado para la producción de botellas transparentes o verdes para la industria.
- Plásticos HD-PE (polietileno de alta densidad): es un polímero altamente cristalino (más del 90%), su punto de fusión está por encima de los 127°C y su densidad entre 0.95-0.97 gr/cm<sup>3</sup>. Por su mayor rigidez y cristalinidad, se utiliza principalmente para la producción de botellas y otros recipientes que deben soportar una mayor manipulación, aunque tiene otros usos.
- Vidrio: es un silicato que funde a 1,200 grados. Está constituido esencialmente por sílice (procedente principalmente del cuarzo), acompañado de caliza y otros materiales que le dan las diferentes coloraciones. Desde el punto de vista de su aplicación, el vidrio se clasifica en industrial y doméstico. (Röben, 2003).

Existen diferentes formas de reciclar los residuos sólidos, unas más viables que otras y según el tipo de residuo, se pueden realizar algunas actividades tales como:

- Reciclaje de plásticos: reciclaje mecánico, que se realiza por medio de presión y calor, con el fin de producir otros objetos con base de un material termoplástico definido. Es importante una clasificación minuciosa de los materiales plásticos ya que su composición debe ser homogénea para el proceso. El reciclaje químico, consiste en descomponer los plásticos usados anteriormente clasificados en sus componentes más sencillos (monómeros) y se pueden volver a utilizar en la industria productora. Procesos utilizados: pirolisis, hidrogenación, gasificación o tratamiento de disolventes, Recuperación de energía, como los plásticos están elaborados a base de petróleo, tienen un valor calorífico elevado, a veces incluso más que el del carbón o fuelóleo (Röben, 2003).
- Reciclaje del vidrio: el vidrio de botellas o recipientes no sufre deterioro de su calidad por el proceso de reciclaje. Además, el uso de vidrio reciclado baja considerablemente los costos de energía para los productores de vidrio si se compara con el uso de la materia prima (Röben, 2003).
- Reciclaje del aluminio: es el más ligero de los metales, su temperatura de fusión es relativamente baja, tiene miles de usos industriales, médicos y en la construcción. Además, por su ligereza, maleabilidad y por ser neutro, se usa para envases de bebidas y alimentos. Como es muy flexible y ligero, además de que su resistencia permite hacer envases muy delgados. El reciclaje de envases de aluminio es muy fácil para el consumidor, tanto en separación como en almacenamiento y transporte.
- Residuos Textiles: usualmente no tienen precio comercial, sin embargo, pueden servir para reutilizarlo en los procesos de almacenamiento de los materiales a reciclar y embalaje (Röben, 2003).
- Residuos orgánicos: se puede hacer composta debido a que es un excelente abono orgánico. Ya que es uno de los residuos que más se genera en las viviendas de las zonas rurales, este puede ayudar a reducir significativamente la producción de basura

en una comunidad (Röben, 2003).

## 2.4 PRODUCCIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DOMICILIO

Todos los residuos sólidos no tienen las mismas características. El volumen y tipo de residuos que se genera en las ciudades pequeñas y poblados rurales pueden variar de comunidad en comunidad y son diferentes a los producidos en las grandes ciudades. Las características dependen de la actividad que los genera y es conveniente conocer el tipo y volumen de residuos que produce cada actividad para desarrollar métodos de manejo apropiado (OPS, 1997). Existen diferentes parámetros que se toman en cuenta para medir la cantidad de residuos sólidos que se generan (Cuadro 1).

Cuadro 1. Información básica de los residuos y su aplicación.

| Parámetro             | Aplicación                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Producción per cápita | Estimar la producción total de residuos domiciliarios en determinada zona.                                                                                                     |
| Densidad              | Calcular el tipo, volumen y frecuencia de vaciado de recipientes y contenedores; conocer la capacidad de los vehículos de recolección, estimar detalles del relleno sanitario. |
| Composición física    | Conocer las posibilidades de reciclaje.                                                                                                                                        |

Fuente: OPS, 1997.

## 2.5 PRODUCCIÓN PER CÁPITA PARA POBLADOS PEQUEÑOS EN HONDURAS

CEPIS (2001), en la “Evaluación Regional de los Servicios del Manejo de los Residuos Sólidos”, detalla que la producción per cápita promedio para poblados pequeños entre 15,000 y 20,000 habitantes, es de 0.41 kg/hab. día.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Municipio de San Antonio de Oriente se encuentra en el Departamento de Francisco Morazán, República de Honduras. Tiene una extensión de 604.7 km<sup>2</sup>. Su cabecera municipal, San Antonio de Oriente, se encuentra a 1,200 msnm (Plan Estratégico de Desarrollo del Municipio de SAO 2004 -2015). El Municipio está constituido por 16 aldeas en las cuales se desarrolló el presente estudio.

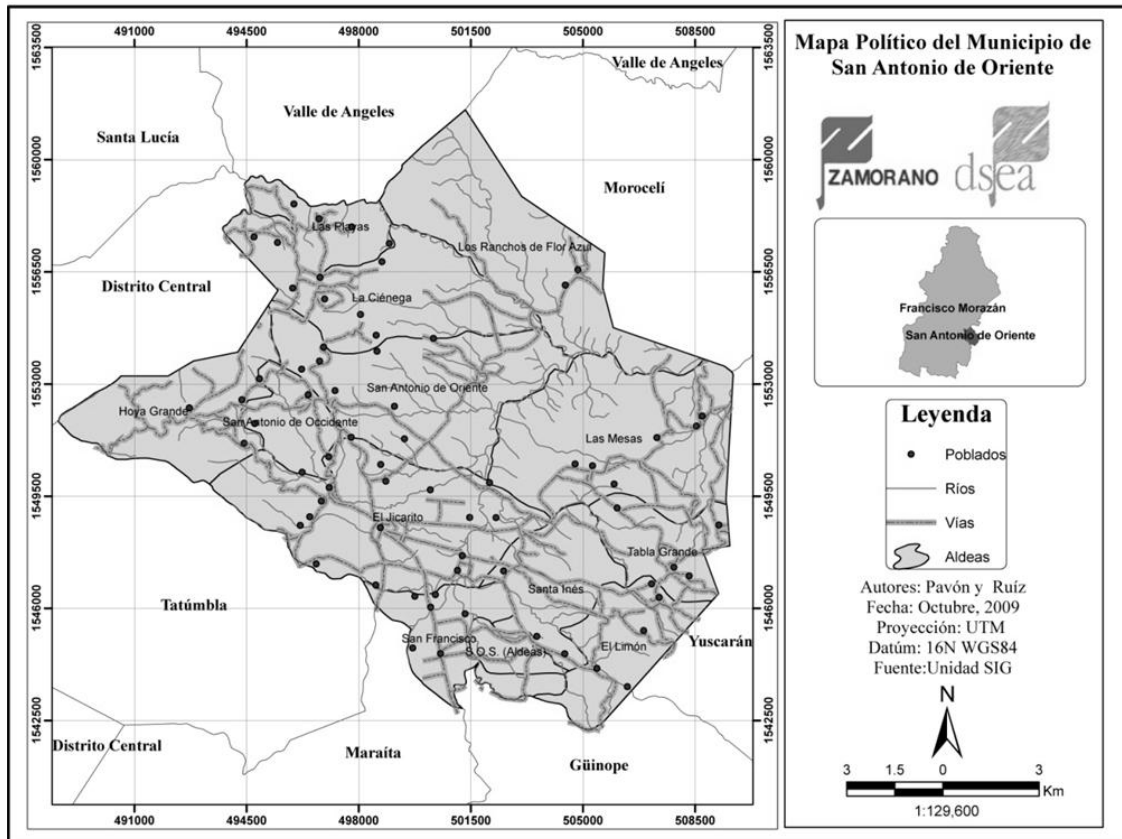


Figura 1. Mapa Político del Municipio de San Antonio de Oriente.  
Fuente: Pavón y Ruíz, 2009.

El mapa muestra solamente 12 aldeas, sin embargo se muestreó las aldeas de El Llano del Ocotal, Guayabilla, El Chagüite y La Estancia.

### 3.2 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA

#### 3.2.1 Proyección de la población

Previo a determinar el tamaño muestral, se realizó una proyección de la población para el año 2009 tomando como referencia el Censo de Población y Vivienda del año 2001 (INE 2001) con la siguiente fórmula:

$$P^{t+n} = P^t(1 + tca)^n \quad [1]$$

Donde:

$P^t$  = Población año

$n$  = número de años proyectados (8)

$tca$  = tasa de crecimiento anual (en decimales)

Cuadro 2. Tasa anuales de crecimiento poblacional en las ciudades de América Central.

| País o Región   | Tasa Anual de Crecimiento, % |           |                    |           |
|-----------------|------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
|                 | Ciudades > 750,000           |           | Ciudades < 750,000 |           |
|                 | 1996-2002                    | 2002-2008 | 1996-2002          | 2002-2008 |
| Costa Rica      | 2.4                          | 2.4       | 3.3                | 2.7       |
| El Salvador     | 2.9                          | 2.5       | 2.6                | 2.6       |
| Guatemala       | 4.2                          | 3.4       | 1.0                | 3.6       |
| Honduras        | 3.2                          | 3.3       | 5.0                | 3.7       |
| Nicaragua       | 3.0                          | 3.0       | 3.5                | 3.3       |
| Panamá          | 2.8                          | 1.9       | 0.2                | 1.9       |
| América Central | 3.4                          | 2.9       | 3.1                | 3.2       |

Fuente: PAHO/ United Nations, 2002.

A partir del resultado de la proyección, se calculó el número total de viviendas en el municipio de San Antonio de Oriente y se tomó como promedio 5 habitantes por vivienda.

$$\text{Total de viviendas} = \frac{\text{Población total proyectada del municipio}}{\text{Promedio de habitantes por vivienda}} \quad [2]$$

### 3.2.2 Determinación del tamaño de la muestra

Se utilizó la siguiente ecuación para determinar el número total de viviendas a muestrear para el municipio, donde se realizó una sola repetición:

$$n = \frac{k^2 \times p \times q \times N}{(e^2 \times (N-1)) + k^2 \times p \times q} \quad [3]$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

k= nivel de confianza. (1.96)

p= 0.5

q=0.5

e= error esperado (0.05)

N= población total

### 3.2.3 Selección de la muestra

La selección de las viviendas fue por muestreo estratificado simple y se tomó a todo el municipio como un universo y cada aldea como un subconjunto de este universo. Cada uno de estos subconjuntos (aldeas) es internamente homogéneo pero distinto con respecto a los otros (Hernández *et al.*, 2006). Luego de estratificar la muestra y obtener el número de muestras para cada subconjunto (aldea), se hizo una selección aleatoria entre las viviendas existentes en el subconjunto.

## 3.3 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

### 3.3.1 Elaboración de encuestas y tablas de campo

Se realizó una encuesta, en la cual obtuvo datos generales de la familia tales como número de habitantes por vivienda, días de almacenamiento de los residuos y disposición final de los mismos (Anexo 2). Se tomó datos del peso y volumen de los residuos en cada vivienda muestreada, de forma conjunta y clasificada según el tipo de residuo (Anexo 1).

### 3.3.2 Cálculo de volumen

Para calcular el volumen, se tomó como referencia la tabla de densidades del Cuadro 3 y la fórmula.

$$V = \frac{\text{Peso del tipo de residuo (kg)}}{\text{Densidad (kg/m}^3\text{)}} \quad [4]$$

Cuadro 3. Densidades de cada tipo de residuo sólido<sup>1</sup>.

| Tipo de Residuo   | kg/m <sup>3</sup> |
|-------------------|-------------------|
| Latas de Aluminio | 16.00             |
| Botellas PET      | 26.60             |
| Papel y Cartón    | 86.60             |
| Vidrio            | 260.80            |
| HDPE              | 950.00            |
| Llantas           | 960.00            |
| Orgánicos         | 221.50            |
| Varios            | 60.00             |

### 3.3.3 Tipificación de residuos sólidos

Para la clasificación de residuos orgánicos, varios, textiles y material de construcción, se utilizó un balde de área basal (A) igual a 0.066 m<sup>2</sup> y se midió la altura (h) que ocupaban dichos residuos, obteniendo el volumen con la siguiente formula:

$$Volumen = A \times h \quad [5]$$

### 3.4 PRODUCCIÓN PER CÁPITA

La producción per cápita es utilizada para estimar la producción total de residuos sólidos en una zona determinada. Para calcular la producción per cápita y total del municipio se utilizaron las siguientes formulas:

$$PPC \text{ aldea} = \frac{\text{Peso (Kg.hab.día)}}{\# \text{ de muestras por aldea}} \quad [6]$$

$$PPC \text{ municipio} = \sum \frac{PPC \text{ aldea}}{\# \text{ habitantes muestreados}} \quad [7]$$

$$\text{Prod. total del municipio} = PPC \text{ municipio} \times \text{total habitantes del municipio} \quad [8]$$

El tamaño de muestra determinado para la población del municipio fue de 376 viviendas, y se calculó el error estándar, que resultó en 0.013%. No se hizo repeticiones por la falta de tiempo y personal disponible, sin embargo, este estudio se realizó durante la época seca, donde los patrones de consumo no cambian drásticamente como en las estaciones frías o en época navideña debido al incremento en las compras de los artículos que consecuentemente generan más desechos.

---

<sup>1</sup> Quiroz, C. 2009. Densidades de residuos sólidos (correo electrónico). EAP Zamorano.

### 3.5 CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Se sumó los pesos diarios obtenidos en cada aldea por cada tipo de residuo sólido y luego se dividió entre la producción total de residuos del municipio. Este dato se expresó en porcentaje.

$$\% \text{ Tipo residuo sólido} = \frac{\Sigma \text{ Peso del tipo de residuo sólido por aldea (kg)}}{\text{Generación total de residuo sólido (kg)}} \times 100 \quad [9]$$

Después de calcular la generación total de residuos sólidos y el porcentaje de cada uno de estos, se determinó la cantidad en kilogramos y toneladas correspondientes a cada tipo de residuo.

### 3.6 DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Se realizó encuestas a los 376 habitantes en la que se consultó la disposición final que se le daba a los residuos que producían. Se tabuló en Excel a través de un análisis de frecuencias

Para el cálculo de la generación de residuos sólidos de los próximos 20 años, se multiplicó la PPC por la población proyectada para el siguiente año, siendo estos datos de relevancia para la determinación de la vida útil del futuro relleno sanitario.

$$\text{Proyección kg/año}_{2009\dots n} = PPC \times h_n \times 365 \text{ días} \quad [10]$$

Donde:

PPC= Producción per cápita

n = año proyectado

$h_n$  = habitantes en el año proyectado

## 4. RESULTADOS

### 4.1 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA

La población proyectada para San Antonio de Oriente entre los años 2001 y 2009 es de 16,857 habitantes. El tamaño de la muestra que se estimó basado en la cifra anterior fue de 376.

### 4.2 PRODUCCIÓN PER CÁPITA (PPC)

Se determinó Las aldeas con un mayor producción de residuos fueron Las Mesas (0.57 kg/hab.día) y Suyatillo (0.56 kg/hab.día) y las de menor fueron Santa Rosa (0.09 kg/hab.día) y El Chagüite (0.10 kg/hab.día) (Figura 2).

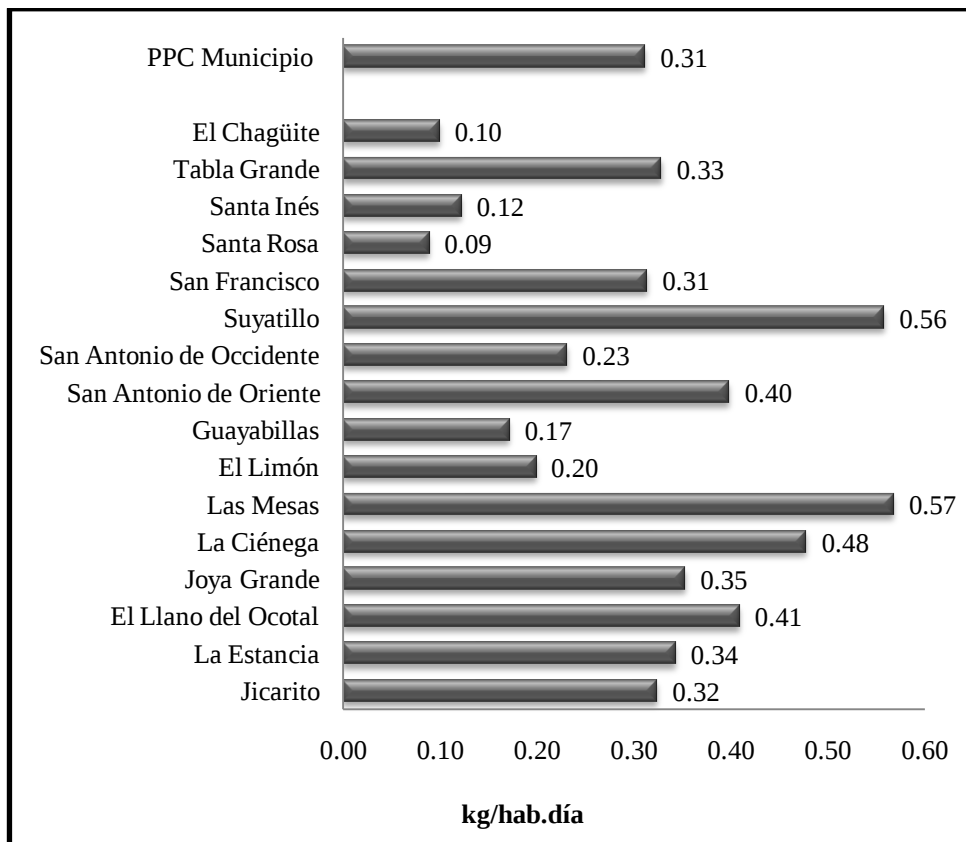


Figura 2. Producción per cápita de residuos sólidos en el municipio y aldeas.

### 4.3 CUANTIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Los tipos de residuos que en mayor cantidad se genera en el municipio son de tipo orgánico (57%), seguido de otros con 26%. Los materiales recuperables (17%), están conformados por papel, cartón, botellas PET, textiles, vidrio, botellas HDPE, latas de aluminio, recipientes agroquímicos, llantas y residuos de construcción, pero estos tres últimos no tienen un precio de mercado (Figura 3).

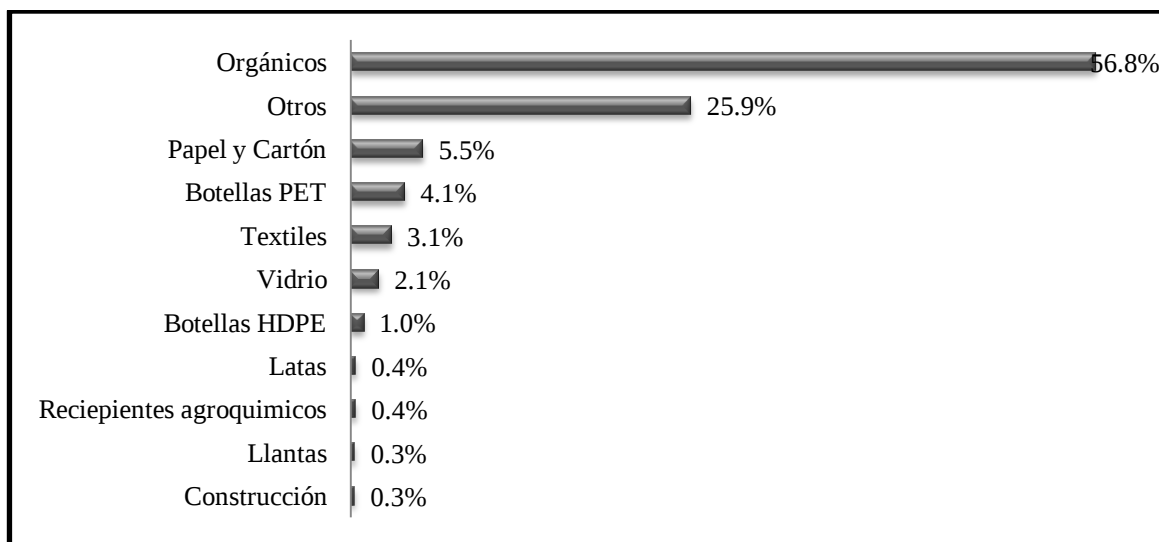


Figura 3. Porcentaje de cada tipo de residuo sólido que se genera anualmente en el Municipio de San Antonio de Oriente.

La generación diaria total de residuos sólidos del municipio es de 5,230 kg, y los residuos que en mayor cantidad se producen son los residuos orgánicos con 2,981 kg/día (Cuadro 4).

Cuadro 4. Generación diaria, mensual y anual por tipo de residuo sólido en el municipio.

| Tipo de residuo          | Generación de residuos |         |         |          |
|--------------------------|------------------------|---------|---------|----------|
|                          | (kg/día)               | (T/día) | (T/mes) | (T/Año)  |
| Llantas                  | 216.58                 | 0.22    | 6.50    | 79.05    |
| Latas de aluminio        | 51.76                  | 0.05    | 1.55    | 18.89    |
| Recipientes agroquímicos | 19.87                  | 0.02    | 0.60    | 7.25     |
| Botellas HDPE            | 112.18                 | 0.11    | 3.37    | 40.95    |
| Vidrio                   | 288.65                 | 0.29    | 8.66    | 105.36   |
| Textiles                 | 19.98                  | 0.02    | 0.60    | 7.29     |
| Botellas PET             | 2,980.54               | 2.98    | 89.42   | 1,087.90 |
| Papel y cartón           | 163.00                 | 0.16    | 4.89    | 59.49    |
| Otros                    | 17.01                  | 0.02    | 0.51    | 6.21     |
| Residuos orgánicos.      | 1,360.57               | 1.36    | 40.82   | 496.61   |
| Generación total         | 5,230.15               | 5.23    | 156.90  | 1,909.00 |

#### 4.4 DISPOSICIÓN FINAL

Los habitantes del municipio de San Antonio de Oriente no están realizando buenas prácticas en lo que a disposición final de los residuos sólidos se refiere. Como resultado de las encuestas realizadas en las viviendas se observó que la mayoría de las personas (80%) lo que hace al final con los residuos es quemarlos (25%), tirarlos al río o quebrada (20%), a la calle o al patio de su casa (16%), lo entierra (6%) o lo acumula (1%) en algún lugar de su vivienda (Figura 4).

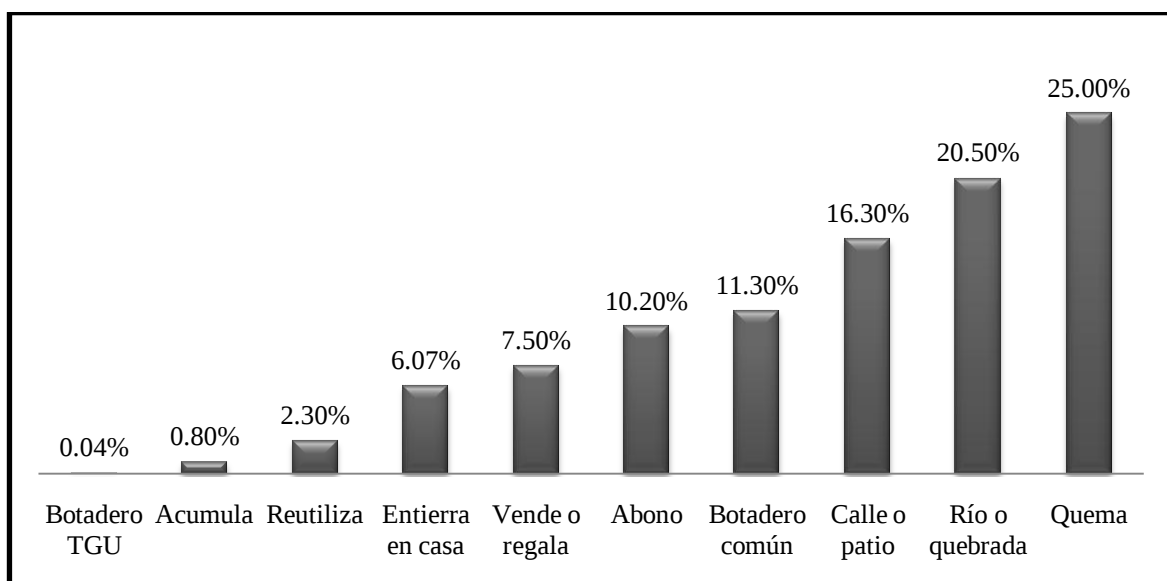


Figura 4. Porcentajes según las prácticas de disposición final de los residuos sólidos en el municipio.

#### 4.5 PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

La generación de residuos sólidos en el presente año será de 1,915 toneladas y que su proyección para los próximos 20 años, con una tasa de crecimiento anual de la población de 3.7% y la PPC de 0.31 kg/hab.día, será de 3,960 toneladas (Cuadro5).

Cuadro 5. Proyección anual de generación de residuos sólidos hacia el año 2029

| Año  | Población<br>(habitantes) | Producción anual<br>(Toneladas/ año) |
|------|---------------------------|--------------------------------------|
| 2009 | 16,857                    | 1,915                                |
| 2010 | 17,480                    | 1,986                                |
| 2011 | 18,127                    | 2,059                                |
| 2012 | 18,798                    | 2,135                                |
| 2013 | 19,493                    | 2,214                                |
| 2014 | 20,215                    | 2,296                                |
| 2015 | 20,963                    | 2,381                                |
| 2016 | 21,738                    | 2,469                                |
| 2017 | 22,543                    | 2,561                                |
| 2018 | 23,377                    | 2,655                                |
| 2019 | 24,242                    | 2,754                                |
| 2020 | 25,138                    | 2,856                                |
| 2021 | 26,069                    | 2,961                                |
| 2022 | 27,033                    | 3,071                                |
| 2023 | 28,033                    | 3,184                                |
| 2024 | 29,071                    | 3,302                                |
| 2025 | 30,146                    | 3,424                                |
| 2026 | 31,262                    | 3,551                                |
| 2027 | 32,418                    | 3,682                                |
| 2028 | 33,618                    | 3,819                                |
| 2029 | 34,862                    | 3,960                                |

#### 4.6 ALTERNATIVAS DE MANEJO DE LOS RESIDUOS

La venta de los residuos orgánicos en kilogramos para la producción de abono, resultaría en ingresos anuales es de US\$71,989 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Precio de venta en Lempiras por cada tipo de residuo sólido generado anualmente\*

| Tipo de residuo    | Producción anual<br>(kg) | Precio unitario<br>(L.) | Precio total<br>(L.) | Precio total<br>(US\$.) |
|--------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| Llantas            | 6,209                    | 5.5                     | 34,147               | 1,808                   |
| Latas              | 7,253                    | 6.6                     | 47,869               | 2,534                   |
| HDPE               | 18,892                   | 2.2                     | 41,563               | 2,200                   |
| PET                | 79,053                   | 1.1                     | 86,959               | 4,603                   |
| Papel y Cartón     | 105,359                  | 1.6                     | 166,888              | 8,835                   |
| Residuos Orgánicos | 1,087,897                | 1.3                     | 1,359,872            | 71,989                  |

\* Tasa de cambio: US\$ 1 = L. 18.89

## 5. DISCUSIÓN

La producción per cápita ponderada (PPC) para el Municipio de San Antonio de Oriente, es de 0.31 kg de residuos diarios. Este dato se comparó con el publicado por la CEPIS (2001), que determina una PPC de 0.41 kg/hab.día para grupos de poblaciones pequeñas, con un promedio entre 15,000 y 50,000 habitantes en Honduras.

La mayor producción de residuos orgánicos (56.8%), se debe a las actividades económicas características del municipio. El 56% de la población económicamente activa se dedica a la agricultura, silvicultura, caza y pesca (INE, 2001). Alvarenga (1999) determinó en su estudio "Diagnóstico de Desechos Sólidos en Jicarito", que en los barrios, del total de desechos, la materia orgánica es lo que mayormente se genera (693.60 kg), la razón de este valor es porque Jicarito es una comunidad rural, por lo cual los residuos provienen de desperdicios de cocina y hojas de árboles de los patios.

Las inadecuadas prácticas de disposición de los residuos sólidos tales como quemar, tirar al río o quebrada; por parte de los habitantes del municipio se refleja en los porcentajes expresados en la Figura 4. Alvarenga (1999), identificó que el 60% de la población de Jicarito incinera sus residuos y el 40% los dispone en cualquier sitio. Estas prácticas acarrearán impactos negativos tales como el incremento de plagas y enfermedades, contaminación en los cuerpos de agua por los lixiviados, malos olores, además que afecta la belleza paisajística del sitio (Röben, 2003).

La generación de residuos sólidos para el año 2029 en el Municipio de San Antonio de Oriente, llegará a ser de 3,960 toneladas anuales. Este es un dato aproximado, ya que solo considera el crecimiento poblacional promedio, sin embargo, si a esto se le añaden factores positivos como la educación, implementación de un plan de manejo, entre otros; puede llegar a disminuir las cantidades que se dispondrían para el relleno sanitario.

El 68% de los residuos sólidos que se genera en el municipio, tienen un precio de mercado. Estos pueden ser acopiados y vendidos, generando una nueva fuente de ingreso para los pobladores de escasos recursos.

Según Röben (2003), el uso de una tonelada de papel reciclado, evitaría tumbiar 17 árboles (valor promedio), reduciría la carga de contaminantes a las aguas superficiales y ahorraría el 90% de la cantidad de agua necesaria para la producción de papel desde la materia prima. El municipio genera anualmente 105 toneladas de papel y cartón que a través de proyectos de reciclaje pueden recuperarse y reciclarse.

## 6. CONCLUSIONES

- La producción per cápita de residuos sólidos para el Municipio de San Antonio de Oriente es de 0.31 kg/persona.día, lo que relación con los promedios de 0.28 a 0.52 kg/hab.día, para núcleos poblacionales pequeños para Honduras.
- La generación anual promedio de residuos sólidos del municipio para el presente año es de 5,230 kg diarios, equivalentes a 1,915 toneladas métricas, siendo generadas por 16,857 habitantes, siendo la información base para el diseño del futuro relleno sanitario.
- El 80% de la generación total de residuos sólidos, no tienen una adecuada disposición final, lo que provoca el incremento en el índice de enfermedades asociadas a la contaminación del medio ambiente.
- El 57% de la producción de residuos lo constituye el material orgánico biodegradable procedente de cocinas, jardines y cultivos, con un alto potencial para la producción de abono orgánico que contribuiría a la sustentabilidad del Manejo Integrado de Residuos Sólidos (MIRS).
- El 17% de residuos producidos en el municipio incluyen materiales reciclables tales como papel, cartón, vidrio, botellas PET, botellas HDPE y latas de aluminio. Estos pueden ser recuperados y si se implementa de manera acertada un MIRS, puede constituir una fuente de ingresos para las personas de escasos recursos.
- La proporción restante de residuos (26%), son materiales varios que aun no tienen un precio en el mercado por lo cual deberán disponerse en un relleno sanitario con sus obras de control ambiental. Sin embargo, actualmente se están haciendo investigaciones de utilización de estos materiales para la generación de energía alternativa aunque la tecnología aun es muy costosa.
- La generación de residuos sólidos proyectada hacia los siguientes veinte años dieron como resultado 3,960 toneladas métricas para el año 2029, esto suponiendo una tasa de crecimiento poblacional 3.7% anual y la producción per cápita determinada en este estudio.

## 7. RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio en otras épocas del año y con repeticiones en el tiempo, con el objetivo de validar información, ya que solo se tomó un solo dato por vivienda y los patrones de consumo varían en relación a los hábitos de consumo o poder adquisitivo.
- Implementar un MIRS para todo el municipio, donde se involucren la Alcaldía Municipal, Juntas de Agua, Patronato, Unidad Municipal Ambiental (UMA) y todos los habitantes que son los principales beneficiados.
- Implementar un MIRS en aquellas aldeas donde la cantidad de habitantes sea pequeña, el acceso vehicular sea difícil, exista una mayor distancia con respecto al futuro relleno sanitario y reúna las condiciones de espacio donde puedan manejar los residuos. Esto dará una mayor vida útil al relleno sanitario y los costos de transportes para el servicio de recolección serían justificables.
- Algunas alternativas de manejo propuestas en este estudio incluyen la implementación de una planta de recuperación de materiales reciclables, la producción de abono orgánico a partir de los residuos biodegradables, la venta o reutilización de materiales reciclables como botellas PET, HDPE, vidrio, latas de aluminio, papel y cartón.
- Realizar un estudio de rentabilidad para el diseño de una planta de recuperación de materiales reciclable tales como: triturado, molienda, prensado. Esto dará un valor agregado y se pondrán comercializar a un mejor precio en el mercado, así mismo aumentará la vida útil del relleno sanitario.
- Realizar el estudio de rentabilidad para el diseño de una planta de producción de abono orgánico a base de residuos biodegradables, ya que la principal actividad económica del municipio es la agricultura y así lograr el remplazo de fertilizantes sintéticos a base de petróleo.
- Proponer a la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la publicación en su página web, los datos más relevantes de este estudio para contribuir a los parámetros de diseño a nivel nacional en el ámbito de residuos sólidos.
- Implementar paralelamente programas de sensibilización por aldea para concienciar a la población acerca de los impactos negativos en la salud y medio ambiente por la inadecuada disposición de los residuos.

- Integrar las obras de manejo ambiental constituidas por un relleno sanitario, planta de reciclaje y producción de abono orgánico en un terreno que se seleccione a través de criterios técnicos, económicos y ambientales.

## 8. LITERATURA CITADA

Alcaldía Municipal de San Antonio de Oriente. 2004. Programa de Manejo de Basura de San Antonio de Oriente, F, M. HN. 34 p.

Alcas, C; Casquino, D; Silva, M; 2005. Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en los distritos de ICA, Los Aquijes, Parcona y Subtanjalla (provincia de ICA), para el aprovechamiento de los residuos sólidos tipo plástico PET y tipo orgánico Lima- Perú (en línea). Consultado 10 oct. 2009. Disponible en [http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Estudios\\_Economicos/Tesis\\_CaracResSolid.pdf](http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Estudios_Economicos/Tesis_CaracResSolid.pdf).

Alvarenga, J; 1999. Diagnostico de Desechos Sólidos en Jicarito y Desarrollo de Alternativas para su manejo. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Francisco Morazán, Honduras. EAP Zamorano. 58 p.

CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente)/ OPS (Organización Panamericana de la Salud)/ OMS (Organización Mundial de la Salud). 2009. Evaluación regional de los servicios sólidos en Honduras: Generación per cápita estimada de residuos para grupos poblacionales pequeños (en línea). Consultado el 30 sep. 2009. Disponible en <http://www.cepis.ops-oms.org>.

Corporación Municipal de San Antonio de Oriente. 2004. Plan estratégico de desarrollo municipal SAO 2004 – 2015. HN. 60 p.

Hernández, R; Fernández; Baptista, P. 2006. Metodología de la Investigación. 4ta ed. México. Editorial Mc Graw Hill/Interamericana Editores, S.A de C.V. p 247.

OPS (Organización Panamericana de la Salud)/CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, L).1997. Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales (en línea). Consultado 30 sep. 2009. Disponible en <http://www.cepis.ops-oms.org>.

Pavón, K; Ruíz, L. 2009. Selección técnica, económica y ambiental para el futuro relleno sanitario del Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras, EAP Zamorano. Esc.1:129,600.//1h.

PAHO (Pan American Health Organization). 2002. Genero, salud y desarrollo Honduras (en línea). Consultado 20 julio. 2009. Disponible en <http://new.paho.org>.

Röben, E. El reciclaje: oportunidades para reducir la generación de los desechos sólidos y reintegrar materiales recuperables en el círculo económico. 101 p.

Tchobanoglous, G; Kreith, F. 2002. Handbook of solid waste management. United States of America. A Division of the Mc Graw-Hill Companies (en línea). Consultado 17 sep. 2009. Disponible en <http://www.diazdesantos.es>.

## 9. ANEXOS

Anexo 1. Tabla de campo para la recolección de datos de los residuos sólidos generados en el Municipio de SAO.

| Nº | Responsable | No. Hab. | Botellas PET |    | Botellas HDPE |    | Latas de Aluminio |    | Vidrio |    | Papel y Cartón |    | Recipientes Agroquímicos |    | Residuos orgánicos |    | Construcción |    | Textiles |    | Llantas |    | Otros |    |
|----|-------------|----------|--------------|----|---------------|----|-------------------|----|--------|----|----------------|----|--------------------------|----|--------------------|----|--------------|----|----------|----|---------|----|-------|----|
|    |             |          | kg           | m³ | kg            | m³ | kg                | m³ | kg     | m³ | kg             | m³ | kg                       | m³ | kg                 | m³ | kg           | m³ | kg       | m³ | kg      | m³ | kg    | m³ |
|    |             |          |              |    |               |    |                   |    |        |    |                |    |                          |    |                    |    |              |    |          |    |         |    |       |    |
|    |             |          |              |    |               |    |                   |    |        |    |                |    |                          |    |                    |    |              |    |          |    |         |    |       |    |
|    |             |          |              |    |               |    |                   |    |        |    |                |    |                          |    |                    |    |              |    |          |    |         |    |       |    |
|    |             |          |              |    |               |    |                   |    |        |    |                |    |                          |    |                    |    |              |    |          |    |         |    |       |    |
|    |             |          |              |    |               |    |                   |    |        |    |                |    |                          |    |                    |    |              |    |          |    |         |    |       |    |

Anexo 2. Encuesta por aldea sobre la disposición final de residuos sólidos.

Aldea:

|   |                          |    |                        |
|---|--------------------------|----|------------------------|
| 1 | El Limón                 | 10 | San Antonio de Oriente |
| 2 | Las Mesas                | 11 | Joya Grande            |
| 3 | Guayabillas              | 12 | El Chagüite            |
| 4 | El Suyatillo             | 13 | Santa Inés             |
| 5 | El Llano del Ocotal      | 14 | Santa Rosa             |
| 6 | La Ciénega               | 15 | Valle de San Francisco |
| 7 | La Estancia              | 16 | Jicarito               |
| 8 | El Cobre y Las Playas    | 17 | Tabla Grande           |
| 9 | San Antonio de Occidente |    |                        |

Nombre del encuestado: \_\_\_\_\_

¿Cuántas personas habitan en el hogar? \_\_\_\_\_

Tiempo de almacenamiento de los residuos (días):\_\_\_\_\_

### ¿Cómo dispone de los desechos sólidos del hogar?

[illegible]

Anexo 3. Proyección de la generación anual de residuos sólidos en el Municipio de SAO.

| Año  | Población | PPC<br>(kg/hab.día) | Producción<br>diaria<br>(kg/día) | Densidad<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Volumen<br>diario<br>(m <sup>3</sup> /día) | Producción<br>anual<br>(kg/año) | Producción<br>anual<br>(T / año) | Volumen<br>anual<br>(m <sup>3</sup> / año) | Volumen<br>+20% de<br>Cobertura<br>(m <sup>3</sup> ) | Compactación -<br>5%(m <sup>3</sup> ) | Volumen<br>acumulado<br>(m <sup>3</sup> ) |
|------|-----------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
| 2009 | 16,857    | 0.31                | 5,246                            | 70                               | 75.4                                       | 1,914,786                       | 1,915                            | 27,512                                     | 33,014                                               | 31,363                                | 31,363                                    |
| 2010 | 17,480    |                     | 5,440                            | 70                               | 78.2                                       | 1,985,633                       | 1,986                            | 28,530                                     | 34,235                                               | 32,524                                | 63,887                                    |
| 2011 | 18,127    |                     | 5,641                            | 70                               | 81.1                                       | 2,059,101                       | 2,059                            | 29,585                                     | 35,502                                               | 33,727                                | 97,614                                    |
| 2012 | 18,798    |                     | 5,850                            | 70                               | 84.1                                       | 2,135,288                       | 2,135                            | 30,680                                     | 36,816                                               | 34,975                                | 132,589                                   |
| 2013 | 19,493    |                     | 6,067                            | 70                               | 87.2                                       | 2,214,293                       | 2,214                            | 31,815                                     | 38,178                                               | 36,269                                | 168,858                                   |
| 2014 | 20,215    |                     | 6,291                            | 70                               | 90.4                                       | 2,296,222                       | 2,296                            | 32,992                                     | 39,591                                               | 37,611                                | 206,469                                   |
| 2015 | 20,963    |                     | 6,524                            | 70                               | 93.7                                       | 2,381,183                       | 2,381                            | 34,213                                     | 41,055                                               | 39,003                                | 245,472                                   |
| 2016 | 21,738    |                     | 6,765                            | 70                               | 97.2                                       | 2,469,286                       | 2,469                            | 35,479                                     | 42,574                                               | 40,446                                | 285,917                                   |
| 2017 | 22,543    |                     | 7,015                            | 70                               | 100.8                                      | 2,560,650                       | 2,561                            | 36,791                                     | 44,150                                               | 41,942                                | 327,860                                   |
| 2018 | 23,377    |                     | 7,275                            | 70                               | 104.5                                      | 2,655,394                       | 2,655                            | 38,153                                     | 45,783                                               | 43,494                                | 371,354                                   |
| 2019 | 24,242    |                     | 7,544                            | 70                               | 108.4                                      | 2,753,643                       | 2,754                            | 39,564                                     | 47,477                                               | 45,103                                | 416,457                                   |
| 2020 | 25,138    |                     | 7,823                            | 70                               | 112.4                                      | 2,855,528                       | 2,856                            | 41,028                                     | 49,234                                               | 46,772                                | 463,229                                   |
| 2021 | 26,069    |                     | 8,113                            | 70                               | 116.6                                      | 2,961,183                       | 2,961                            | 42,546                                     | 51,056                                               | 48,503                                | 511,732                                   |
| 2022 | 27,033    |                     | 8,413                            | 70                               | 120.9                                      | 3,070,747                       | 3,071                            | 44,120                                     | 52,945                                               | 50,297                                | 562,029                                   |
| 2023 | 28,033    |                     | 8,724                            | 70                               | 125.4                                      | 3,184,364                       | 3,184                            | 45,753                                     | 54,904                                               | 52,158                                | 614,188                                   |
| 2024 | 29,071    |                     | 9,047                            | 70                               | 130.0                                      | 3,302,186                       | 3,302                            | 47,446                                     | 56,935                                               | 54,088                                | 668,276                                   |
| 2025 | 30,146    |                     | 9,382                            | 70                               | 134.8                                      | 3,424,367                       | 3,424                            | 49,201                                     | 59,042                                               | 56,089                                | 724,365                                   |
| 2026 | 31,262    |                     | 9,729                            | 70                               | 139.8                                      | 3,551,068                       | 3,551                            | 51,022                                     | 61,226                                               | 58,165                                | 782,530                                   |
| 2027 | 32,418    |                     | 10,089                           | 70                               | 145.0                                      | 3,682,458                       | 3,682                            | 52,910                                     | 63,491                                               | 60,317                                | 842,847                                   |
| 2028 | 33,618    |                     | 10,462                           | 70                               | 150.3                                      | 3,818,709                       | 3,819                            | 54,867                                     | 65,841                                               | 62,549                                | 905,396                                   |
| 2029 | 34,862    |                     | 10,849                           | 70                               | 155.9                                      | 3,960,001                       | 3,960                            | 56,897                                     | 68,277                                               | 64,863                                | 970,258                                   |

## Anexo 4. Proyección de la generación anual de botellas PET.

| Año  | Habitantes | PPC PET<br>(kg/hab.día) | Producción<br>diaria<br>(Kg/día) | Producción<br>anual<br>(kg/año) | Producción<br>anual<br>(T / año) | Volumen<br>diario<br>(m³/día) | Volumen<br>anual<br>(m³ / año) | Volumen<br>+20% de<br>Cobertura<br>(m³) | Compactación<br>-5%(m³) | Volumen<br>acumulado<br>(m³) |
|------|------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 2009 | 16,857     | 0.013                   | 216.58                           | 79,053                          | 79.05                            | 3,332.12                      | 1,216,222                      | 1,459,466                               | 1,386,493               | 1,386,493                    |
| 2010 | 17,480     |                         | 224.60                           | 81,978                          | 81.98                            | 3,455.40                      | 1,261,222                      | 1,513,467                               | 1,437,793               | 2,824,287                    |
| 2011 | 18,127     |                         | 232.91                           | 85,012                          | 85.01                            | 3,583.25                      | 1,307,887                      | 1,569,465                               | 1,490,992               | 4,315,279                    |
| 2012 | 18,798     |                         | 241.53                           | 88,157                          | 88.16                            | 3,715.83                      | 1,356,279                      | 1,627,535                               | 1,546,158               | 5,861,438                    |
| 2013 | 19,493     |                         | 250.46                           | 91,419                          | 91.42                            | 3,853.32                      | 1,406,462                      | 1,687,754                               | 1,603,366               | 7,464,804                    |
| 2014 | 20,215     |                         | 259.73                           | 94,801                          | 94.80                            | 3,995.89                      | 1,458,501                      | 1,750,201                               | 1,662,691               | 9,127,496                    |
| 2015 | 20,963     |                         | 269.34                           | 98,309                          | 98.31                            | 4,143.74                      | 1,512,465                      | 1,814,958                               | 1,724,210               | 10,851,707                   |
| 2016 | 21,738     |                         | 279.30                           | 101,946                         | 101.95                           | 4,297.06                      | 1,568,426                      | 1,882,112                               | 1,788,006               | 12,639,713                   |
| 2017 | 22,543     |                         | 289.64                           | 105,718                         | 105.72                           | 4,456.05                      | 1,626,458                      | 1,951,750                               | 1,854,162               | 14,493,876                   |
| 2018 | 23,377     |                         | 300.36                           | 109,630                         | 109.63                           | 4,620.93                      | 1,686,637                      | 2,023,965                               | 1,922,766               | 16,416,643                   |
| 2019 | 24,242     |                         | 311.47                           | 113,686                         | 113.69                           | 4,791.90                      | 1,749,043                      | 2,098,851                               | 1,993,909               | 18,410,552                   |
| 2020 | 25,138     |                         | 322.99                           | 117,893                         | 117.89                           | 4,969.20                      | 1,813,757                      | 2,176,509                               | 2,067,683               | 20,478,236                   |
| 2021 | 26,069     |                         | 334.94                           | 122,255                         | 122.25                           | 5,153.06                      | 1,880,866                      | 2,257,040                               | 2,144,188               | 22,622,424                   |
| 2022 | 27,033     |                         | 347.34                           | 126,778                         | 126.78                           | 5,343.72                      | 1,950,458                      | 2,340,550                               | 2,223,523               | 24,845,948                   |
| 2023 | 28,033     |                         | 360.19                           | 131,469                         | 131.47                           | 5,541.44                      | 2,022,625                      | 2,427,151                               | 2,305,793               | 27,151,741                   |
| 2024 | 29,071     |                         | 373.52                           | 136,333                         | 136.33                           | 5,746.47                      | 2,097,463                      | 2,516,955                               | 2,391,107               | 29,542,849                   |
| 2025 | 30,146     |                         | 387.34                           | 141,377                         | 141.38                           | 5,959.09                      | 2,175,069                      | 2,610,083                               | 2,479,578               | 32,022,428                   |
| 2026 | 31,262     |                         | 401.67                           | 146,608                         | 146.61                           | 6,179.58                      | 2,255,546                      | 2,706,656                               | 2,571,323               | 34,593,751                   |
| 2027 | 32,418     |                         | 416.53                           | 152,033                         | 152.03                           | 6,408.22                      | 2,339,002                      | 2,806,802                               | 2,666,462               | 37,260,214                   |
| 2028 | 33,618     |                         | 431.94                           | 157,658                         | 157.66                           | 6,645.33                      | 2,425,545                      | 2,910,654                               | 2,765,121               | 40,025,335                   |
| 2029 | 34,862     |                         | 447.92                           | 163,42                          | 163.49                           | 6,891.21                      | 2,515,290                      | 3,018,348                               | 2,867,430               | 42,892,766                   |

## Anexo 5. Proyección de la generación anual de botellas HDPE.

| Año  | Población | PPC HDPE<br>(kg/hab.día) | Producción<br>diaria<br>(Kg/día) | Producción<br>diaria<br>(T/día) | Producción<br>anual<br>(kg/año) | Producción<br>anual<br>(T / año) | Volumen<br>diario<br>(m³/día) | Volumen<br>anual<br>(m³ / año) | Volumen<br>+20% de<br>Cobertura<br>(m³) | Compactación<br>-5%(m³) | Volumen<br>acumulado<br>(m³) |
|------|-----------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 2009 | 16,857    | 0.0031                   | 51.76                            | 0.05                            | 18,892                          | 19                               | 2.98                          | 1,089                          | 1,306                                   | 1,241                   | 1,241                        |
| 2010 | 17,480    |                          | 53.67                            | 0.05                            | 19,591                          | 20                               | 3.09                          | 1,129                          | 1,355                                   | 1,287                   | 2,528                        |
| 2011 | 18,127    |                          | 55.66                            | 0.06                            | 20,316                          | 20                               | 3.21                          | 1,171                          | 1,405                                   | 1,334                   | 3,862                        |
| 2012 | 18,798    |                          | 57.72                            | 0.06                            | 21,068                          | 21                               | 3.33                          | 1,214                          | 1,457                                   | 1,384                   | 5,246                        |
| 2013 | 19,493    |                          | 59.86                            | 0.06                            | 21,847                          | 22                               | 3.45                          | 1,259                          | 1,511                                   | 1,435                   | 6,681                        |
| 2014 | 20,215    |                          | 62.07                            | 0.06                            | 22,656                          | 23                               | 3.58                          | 1,305                          | 1,566                                   | 1,488                   | 8,169                        |
| 2015 | 20,963    |                          | 64.37                            | 0.06                            | 23,494                          | 23                               | 3.71                          | 1,354                          | 1,624                                   | 1,543                   | 9,713                        |
| 2016 | 21,738    |                          | 66.75                            | 0.07                            | 24,363                          | 24                               | 3.85                          | 1,404                          | 1,685                                   | 1,600                   | 11,313                       |
| 2017 | 22,543    |                          | 69.22                            | 0.07                            | 25,265                          | 25                               | 3.99                          | 1,456                          | 1,747                                   | 1,660                   | 12,973                       |
| 2018 | 23,377    |                          | 71.78                            | 0.07                            | 26,199                          | 26                               | 4.14                          | 1,510                          | 1,812                                   | 1,721                   | 14,694                       |
| 2019 | 24,242    |                          | 74.43                            | 0.07                            | 27,169                          | 27                               | 4.29                          | 1,565                          | 1,879                                   | 1,785                   | 16,478                       |
| 2020 | 25,138    |                          | 77.19                            | 0.08                            | 28,174                          | 28                               | 4.45                          | 1,623                          | 1,948                                   | 1,851                   | 18,329                       |
| 2021 | 26,069    |                          | 80.04                            | 0.08                            | 29,216                          | 29                               | 4.61                          | 1,683                          | 2,020                                   | 1,919                   | 20,248                       |
| 2022 | 27,033    |                          | 83.01                            | 0.08                            | 30,297                          | 30                               | 4.78                          | 1,746                          | 2,095                                   | 1,990                   | 22,238                       |
| 2023 | 28,033    |                          | 86.08                            | 0.09                            | 31,418                          | 31                               | 4.96                          | 1,810                          | 2,172                                   | 2,064                   | 24,302                       |
| 2024 | 29,071    |                          | 89.26                            | 0.09                            | 32,581                          | 33                               | 5.14                          | 1,877                          | 2,253                                   | 2,140                   | 26,442                       |
| 2025 | 30,146    |                          | 92.57                            | 0.09                            | 33,786                          | 34                               | 5.33                          | 1,947                          | 2,336                                   | 2,219                   | 28,661                       |
| 2026 | 31,262    |                          | 95.99                            | 0.10                            | 35,037                          | 35                               | 5.53                          | 2,019                          | 2,423                                   | 2,301                   | 30,963                       |
| 2027 | 32,418    |                          | 99.54                            | 0.10                            | 36,333                          | 36                               | 5.74                          | 2,093                          | 2,512                                   | 2,387                   | 33,349                       |
| 2028 | 33,618    |                          | 103.23                           | 0.10                            | 37,677                          | 38                               | 5.95                          | 2,171                          | 2,605                                   | 2,475                   | 35,824                       |
| 2029 | 34,862    |                          | 107.04                           | 0.11                            | 39,071                          | 39                               | 6.17                          | 2,251                          | 2,702                                   | 2,566                   | 38,391                       |

## Anexo 6. Proyección de la generación anual de latas de aluminio.

| Año  | Población | PPC Latas<br>(kg/hab.día) | Producción<br>diaria<br>(Kg/día) | Producción<br>diaria<br>(T/día) | Producción<br>anual<br>(kg/año) | Producción<br>anual<br>(T / año) | Volumen<br>diario<br>(m³/día) | Volumen<br>anual<br>(m³ / año) | Volumen<br>+20% de<br>Cobertura<br>(m³) | Compactación<br>-5%(m³) | Volumen<br>acumulado<br>(m³) |
|------|-----------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 2009 | 16,857    | 0.001                     | 19.87                            | 0.02                            | 7,253                           | 7                                | 3.46                          | 1,263                          | 1,515                                   | 1,439                   | 1,439                        |
| 2010 | 17,480    |                           | 20.61                            | 0.02                            | 7,521                           | 8                                | 3.59                          | 1,309                          | 1,571                                   | 1,493                   | 2,932                        |
| 2011 | 18,127    |                           | 21.37                            | 0.02                            | 7,800                           | 8                                | 3.72                          | 1,358                          | 1,629                                   | 1,548                   | 4,480                        |
| 2012 | 18,798    |                           | 22.16                            | 0.02                            | 8,088                           | 8                                | 3.86                          | 1,408                          | 1,690                                   | 1,605                   | 6,085                        |
| 2013 | 19,493    |                           | 22.98                            | 0.02                            | 8,387                           | 8                                | 4.00                          | 1,460                          | 1,752                                   | 1,664                   | 7,749                        |
| 2014 | 20,215    |                           | 23.83                            | 0.02                            | 8,698                           | 9                                | 4.15                          | 1,514                          | 1,817                                   | 1,726                   | 9,475                        |
| 2015 | 20,963    |                           | 24.71                            | 0.02                            | 9,020                           | 9                                | 4.30                          | 1,570                          | 1,884                                   | 1,790                   | 11,265                       |
| 2016 | 21,738    |                           | 25.63                            | 0.03                            | 9,353                           | 9                                | 4.46                          | 1,628                          | 1,954                                   | 1,856                   | 13,121                       |
| 2017 | 22,543    |                           | 26.57                            | 0.03                            | 9,699                           | 10                               | 4.63                          | 1,688                          | 2,026                                   | 1,925                   | 15,046                       |
| 2018 | 23,377    |                           | 27.56                            | 0.03                            | 10,058                          | 10                               | 4.80                          | 1,751                          | 2,101                                   | 1,996                   | 17,042                       |
| 2019 | 24,242    |                           | 28.58                            | 0.03                            | 10,430                          | 10                               | 4.97                          | 1,816                          | 2,179                                   | 2,070                   | 19,112                       |
| 2020 | 25,138    |                           | 29.63                            | 0.03                            | 10,816                          | 11                               | 5.16                          | 1,883                          | 2,259                                   | 2,146                   | 21,258                       |
| 2021 | 26,069    |                           | 30.73                            | 0.03                            | 11,216                          | 11                               | 5.35                          | 1,953                          | 2,343                                   | 2,226                   | 23,484                       |
| 2022 | 27,033    |                           | 31.87                            | 0.03                            | 11,631                          | 12                               | 5.55                          | 2,025                          | 2,430                                   | 2,308                   | 25,793                       |
| 2023 | 28,033    |                           | 33.05                            | 0.03                            | 12,062                          | 12                               | 5.75                          | 2,100                          | 2,520                                   | 2,394                   | 28,186                       |
| 2024 | 29,071    |                           | 34.27                            | 0.03                            | 12,508                          | 13                               | 5.97                          | 2,177                          | 2,613                                   | 2,482                   | 30,668                       |
| 2025 | 30,146    |                           | 35.54                            | 0.04                            | 12,971                          | 13                               | 6.19                          | 2,258                          | 2,710                                   | 2,574                   | 33,242                       |
| 2026 | 31,262    |                           | 36.85                            | 0.04                            | 13,451                          | 13                               | 6.42                          | 2,341                          | 2,810                                   | 2,669                   | 35,912                       |
| 2027 | 32,418    |                           | 38.22                            | 0.04                            | 13,949                          | 14                               | 6.65                          | 2,428                          | 2,914                                   | 2,768                   | 38,680                       |
| 2028 | 33,618    |                           | 39.63                            | 0.04                            | 14,465                          | 14                               | 6.90                          | 2,518                          | 3,022                                   | 2,870                   | 41,550                       |
| 2029 | 34,862    |                           | 41.10                            | 0.04                            | 15,000                          | 15                               | 7.15                          | 2,611                          | 3,133                                   | 2,977                   | 44,527                       |

## Anexo 7. Proyección de la generación anual de vidrio.

| Año  | Población | PPC Latas<br>(kg/hab.día) | Producción<br>diaria<br>(Kg/día) | Producción<br>diaria<br>(T/día) | Volumen<br>diario<br>(m³/día) | Producción<br>anual<br>(kg/año) | Producción<br>anual<br>(T / año) | Volumen<br>anual<br>(m³ / año) | Volumen<br>+20% de<br>Cobertura<br>(m³) | Compactación<br>-5%(m³) | Volumen<br>acumulado<br>(m³) |
|------|-----------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 2009 | 16,857    | 0.007                     | 112.18                           | 0.11                            | 0.07                          | 40,947                          | 41                               | 27                             | 32                                      | 30                      | 30                           |
| 2010 | 17,480    |                           | 116.33                           | 0.12                            | 0.08                          | 42,462                          | 42                               | 28                             | 33                                      | 31                      | 62                           |
| 2011 | 18,127    |                           | 120.64                           | 0.12                            | 0.08                          | 44,033                          | 44                               | 29                             | 34                                      | 33                      | 94                           |
| 2012 | 18,798    |                           | 125.10                           | 0.13                            | 0.08                          | 45,662                          | 46                               | 30                             | 35                                      | 34                      | 128                          |
| 2013 | 19,493    |                           | 129.73                           | 0.13                            | 0.08                          | 47,352                          | 47                               | 31                             | 37                                      | 35                      | 163                          |
| 2014 | 20,215    |                           | 134.53                           | 0.13                            | 0.09                          | 49,104                          | 49                               | 32                             | 38                                      | 36                      | 199                          |
| 2015 | 20,963    |                           | 139.51                           | 0.14                            | 0.09                          | 50,920                          | 51                               | 33                             | 40                                      | 38                      | 237                          |
| 2016 | 21,738    |                           | 144.67                           | 0.14                            | 0.09                          | 52,804                          | 53                               | 34                             | 41                                      | 39                      | 276                          |
| 2017 | 22,543    |                           | 150.02                           | 0.15                            | 0.10                          | 54,758                          | 55                               | 35                             | 43                                      | 40                      | 316                          |
| 2018 | 23,377    |                           | 155.57                           | 0.16                            | 0.10                          | 56,784                          | 57                               | 37                             | 44                                      | 42                      | 358                          |
| 2019 | 24,242    |                           | 161.33                           | 0.16                            | 0.10                          | 58,885                          | 59                               | 38                             | 46                                      | 43                      | 402                          |
| 2020 | 25,138    |                           | 167.30                           | 0.17                            | 0.11                          | 61,064                          | 61                               | 40                             | 47                                      | 45                      | 447                          |
| 2021 | 26,069    |                           | 173.49                           | 0.17                            | 0.11                          | 63,323                          | 63                               | 41                             | 49                                      | 47                      | 493                          |
| 2022 | 27,033    |                           | 179.91                           | 0.18                            | 0.12                          | 65,666                          | 66                               | 43                             | 51                                      | 48                      | 542                          |
| 2023 | 28,033    |                           | 186.56                           | 0.19                            | 0.12                          | 68,096                          | 68                               | 44                             | 53                                      | 50                      | 592                          |
| 2024 | 29,071    |                           | 193.47                           | 0.19                            | 0.13                          | 70,616                          | 71                               | 46                             | 55                                      | 52                      | 644                          |
| 2025 | 30,146    |                           | 200.63                           | 0.20                            | 0.13                          | 73,228                          | 73                               | 47                             | 57                                      | 54                      | 698                          |
| 2026 | 31,262    |                           | 208.05                           | 0.21                            | 0.13                          | 75,938                          | 76                               | 49                             | 59                                      | 56                      | 755                          |
| 2027 | 32,418    |                           | 215.75                           | 0.22                            | 0.14                          | 78,747                          | 79                               | 51                             | 61                                      | 58                      | 813                          |
| 2028 | 33,618    |                           | 223.73                           | 0.22                            | 0.14                          | 81,661                          | 82                               | 53                             | 63                                      | 60                      | 873                          |
| 2029 | 34,862    |                           | 232.01                           | 0.23                            | 0.15                          | 84,683                          | 85                               | 55                             | 66                                      | 63                      | 936                          |

## Anexo 8. Proyección de la generación anual de residuos orgánicos biodegradables.

| Año  | Población | PPC<br>Orgánicos<br>(kg/hab.día) | Producción<br>diaria<br>(kg/día) | Producción<br>diaria<br>(T/día) | Producción<br>anual<br>(kg/año) | Producción<br>anual<br>(T / año) | Volumen<br>diario<br>(m³/día) | Volumen<br>anual<br>(m³/año) | Volumen<br>+20% de<br>Cobertura<br>(m³) | Compactación<br>-5%(m³) | Volumen<br>acumulado<br>(m³) |
|------|-----------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 2009 | 16,857    | 0.177                            | 2,980                            | 2.98                            | 1,087,897                       | 1,088                            | 0.264                         | 96                           | 116                                     | 110                     | 110                          |
| 2010 | 17,480    |                                  | 3,090                            | 3.09                            | 1,128,149                       | 1,128                            | 0.274                         | 100                          | 120                                     | 114                     | 224                          |
| 2011 | 18,127    |                                  | 3,205                            | 3.21                            | 1,169,891                       | 1,170                            | 0.284                         | 104                          | 124                                     | 118                     | 342                          |
| 2012 | 18,798    |                                  | 3,323                            | 3.32                            | 1,213,177                       | 1,213                            | 0.295                         | 108                          | 129                                     | 123                     | 465                          |
| 2013 | 19,493    |                                  | 3,446                            | 3.45                            | 1,258,064                       | 1,258                            | 0.306                         | 112                          | 134                                     | 127                     | 592                          |
| 2014 | 20,215    |                                  | 3,574                            | 3.57                            | 1,304,613                       | 1,305                            | 0.317                         | 116                          | 139                                     | 132                     | 724                          |
| 2015 | 20,963    |                                  | 3,706                            | 3.71                            | 1,352,884                       | 1,353                            | 0.329                         | 120                          | 144                                     | 137                     | 861                          |
| 2016 | 21,738    |                                  | 3,843                            | 3.84                            | 1,402,940                       | 1,403                            | 0.341                         | 124                          | 149                                     | 142                     | 1,002                        |
| 2017 | 22,543    |                                  | 3,985                            | 3.99                            | 1,454,849                       | 1,455                            | 0.353                         | 129                          | 155                                     | 147                     | 1,149                        |
| 2018 | 23,377    |                                  | 4,133                            | 4.13                            | 1,508,678                       | 1,509                            | 0.366                         | 134                          | 161                                     | 152                     | 1,302                        |
| 2019 | 24,242    |                                  | 4,286                            | 4.29                            | 1,564,500                       | 1,564                            | 0.380                         | 139                          | 166                                     | 158                     | 1,460                        |
| 2020 | 25,138    |                                  | 4,444                            | 4.44                            | 1,622,386                       | 1,622                            | 0.394                         | 144                          | 173                                     | 164                     | 1,624                        |
| 2021 | 26,069    |                                  | 4,609                            | 4.61                            | 1,682,414                       | 1,682                            | 0.409                         | 149                          | 179                                     | 170                     | 1,794                        |
| 2022 | 27,033    |                                  | 4,779                            | 4.78                            | 1,744,664                       | 1,745                            | 0.424                         | 155                          | 186                                     | 176                     | 1,970                        |
| 2023 | 28,033    |                                  | 4,956                            | 4.96                            | 1,809,216                       | 1,809                            | 0.439                         | 160                          | 192                                     | 183                     | 2,153                        |
| 2024 | 29,071    |                                  | 5,140                            | 5.14                            | 1,876,157                       | 1,876                            | 0.456                         | 166                          | 200                                     | 190                     | 2,343                        |
| 2025 | 30,146    |                                  | 5,330                            | 5.33                            | 1,945,575                       | 1,946                            | 0.473                         | 172                          | 207                                     | 197                     | 2,540                        |
| 2026 | 31,262    |                                  | 5,527                            | 5.53                            | 2,017,561                       | 2,018                            | 0.490                         | 179                          | 215                                     | 204                     | 2,743                        |
| 2027 | 32,418    |                                  | 5,732                            | 5.73                            | 2,092,211                       | 2,092                            | 0.508                         | 185                          | 223                                     | 211                     | 2,955                        |
| 2028 | 33,618    |                                  | 5,944                            | 5.94                            | 2,169,623                       | 2,170                            | 0.527                         | 192                          | 231                                     | 219                     | 3,174                        |
| 2029 | 34,862    |                                  | 6,164                            | 6.16                            | 2,249,899                       | 2,250                            | 0.546                         | 199                          | 239                                     | 227                     | 3,402                        |

