

## RESUMEN EJECUTIVO

### CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA DE LIMONCOCHA. 2015- 2016

#### ABSTRACT

The constant rise of urban solid waste USW that is generated nowadays has drive us to try to find solutions for their correct management. At the Biological Reserve of Limoncocha RBL there is no correct waste management program, they are simply deposited in a landfill located in Shushufindi, Sucumbíos Province. This is why thermal treatments have been considered as possible solutions, their main purpose being to reduce the volume of waste being dumped at landfills, to monitor the appearance of vectors, and mainly to investigate the possibility of taking advantage of the intrinsic and possible energetic value contained within the waste.

The following investigative work was based primarily on determining humidity and ash percentages to analyze how viable it would be to use the solid waste as a source of energy. The methodology employed in this investigation was the one proposed by Dr. Kunitoshi Sakurai, which is based on gathering field samples by dividing the area in fourths after the waste has been homogenized. This allowed us to characterize them and easily store them in a database. Throughout the full duration of this investigation, from August 2015 to May 2016, we were able to determine that the humidity percentage contained within the USW at RBL were above the optimum value of 55%, as established by Alonso, Martínez & Olías (2003), which is the maximum value the waste should have in order to be viable for incineration. We were also able to determine that the region's climate, as well as the waste's molecular and superficial humidity were determining factors.

**Key words:** *Solid Waste, Humidity, Ashes, Incineration*

## **INTRODUCCIÓN**

Los residuos sólidos urbanos (RSU) generados en la parroquia de Limoncocha no tienen un tratamiento ni un manejo adecuado. Estos están siendo recolectados, trasladados y depositados en el botadero a cielo abierto que se encuentra ubicado en Shushufindi, provincia de Sucumbíos.

La Reserva Biológica de Limoncocha (RBL) no cuenta con un sistema de gestión integral de los residuos sólidos. Las dificultades ocasionadas por la falta o inadecuado manejo de estos residuos por parte de la población, no son un problema nuevo, y a medida que la población y el desarrollo local aumentan, los residuos también lo hacen; y si estos no son atendidos de una manera técnica adecuada, se verá reflejado en el accionar de la población afectada; de esto se desprende la necesidad de controlar, atender, almacenar, recoger y disponer los residuos de una manera técnicamente adecuada (Gallardo, 2014)

La Parroquia de Limoncocha, al no contar con un sistema de gestión en manejo de desechos sólidos, y por ende el desaprovechamiento energético y económico que estos poseen, se decide planear un modelo para la gestión de RSU y su posterior deposición final con el propósito de encontrar un equilibrio adecuado entre la generación de los residuos, a calidad de vida de las personas y el cuidado del medio ambiente. Es por esto que es importante conocer las características fisicoquímicas, en este caso porcentaje de humedad y cenizas de los RSU de la Reserva Biológica de Limoncocha.

Temas como la adecuada disposición final de residuos, la difícil realidad que enfrentan los trabajadores informales de la basura (minadores, clasificadores, etc.), la minimización y el reciclado de los residuos, el cambio climático, los mercados de carbono y el rol de las entidades nacionales, regionales y municipales en la planificación y regulación de los servicios, se han convertido, en la actualidad, en los principales puntos de discusión de las agendas gubernamentales (Risso & Grimberg, 2005). Lo que conlleva a una creciente utilización de malas prácticas o carencias en todos los segmentos del proceso de gestión de los residuos sólidos urbanos como son la reducción, separación, recolección, transferencia y la disposición final.

Actualmente la generación de residuos en el país es de 4,06 millones de toneladas métricas al año y una generación per cápita de 0,74 kg, y se estima que para el año 2017 el país generará 5,4 millones de toneladas métricas anuales. Al enfocarse en la región Amazónica, se puede apreciar que los niveles de contaminación y la incorrecta gestión de los residuos sólidos urbanos y Peligrosos siguen creciendo en cifras significativas y su inadecuado aprovechamiento constituyen un grave problema que causa un impacto significativo en el entorno natural y deteriora a largo plazo la salud de los pobladores (Gallardo, 2014).

Los residuos sólidos que se generan en la parroquia de Limoncocha es responsabilidad de la Municipalidad de Shushufindi, estos en su mayoría son desechados sin ningún tipo de tratamiento previo, como por ejemplo la separación. Como consecuencia del aumento demográfico se ha sobrepasado la capacidad de manejo, lo que conlleva a una creciente utilización de malas prácticas, poniendo en riesgo la salud de los habitantes como también una amenaza para los ecosistemas.

Es de vital importancia realizar una investigación técnica y científica en la que se enfoque la cuantificación del porcentaje de humedad y de cenizas contenidos en los residuos para contribuir con el ecosistema mediante tratamientos de los materiales o su posible aprovechamiento como potencial energético.

### **Objetivo:**

- Cuantificar el porcentaje de humedad y cenizas contenidos en los Residuos Sólidos Urbanos de la Reserva Biológica Limoncocha por medio de estudios fisicoquímicos para establecer el potencial aprovechamiento energético.

### **Población y muestra**

El tamaño de la muestra se determinó con la fórmula de poblaciones finitas. Es decir, que las poblaciones son pequeñas y el tamaño se considera exacto y conocido. Dicha fórmula fue desarrollada por Morales (2012).

### **DESARROLLO**

La presente investigación tiene como fin determinar el porcentaje de humedad y de cenizas que poseen los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha, 2015-2016. Es importante mencionar que este proyecto corresponde a la continuación de la investigación realizada por Baca (2015), de manera, que se pueda generar una base de datos confiable.

### **Fórmula para determinar el tamaño de la muestra:**

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2pq}}$$

**Fuente:** Morales, 2012

En la cual, como tamaño de la población se tomaron los 24 meses ya que es el tiempo por el cual se tenía estimado el muestreo. Para el nivel de confianza se escogió un valor estandarizado del 95,0%, el mismo que es representativo y abarca gran parte de la población a muestrear, dando como valor  $z = 1,96$ . Mientras que el error que se está dispuesto a aceptar es del 10%, es decir,  $e = 0,1$ . De igual manera, se utilizaron valores estándares para la probabilidad de éxito y fracaso,  $P = 0.5$  y  $Q = 0.5$ , siendo estos del 50% respectivamente.

### Cálculo

- $n = ?$
- $N = 24$  meses
- $z = 1,96$
- $pq = 0,25$
- $e = 10\%$

$$n = \frac{24}{1 + \frac{e^2(24 - 1)}{1,96^2 0,25}}$$

<b>n=19,36 meses</b>
----------------------

En el anterior proyecto, realizado por Baca, se tomaron 7 muestras desde enero del 2015 hasta julio del mismo año. La presente investigación continuó con el muestreo desde agosto del 2015 hasta mayo del 2016, dando un total de 17 muestreos. Las muestras restantes serán cubiertas por las siguientes investigaciones.

### Metodología

La metodología utilizada para el muestreo fue la del cuarteo que fue desarrollada por el Dr. Kunitoshi Sakurai, la cual fue adoptada previamente en la tesis del proyecto de investigación de “CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA DE LIMONCOCHA 2014 – 2015”

El método de cuarteo consistió en tomar fundas de basura al azar, romperlas y mezclarlas posteriormente con la finalidad de conseguir una muestra homogénea con un peso de 50 kg. Después de haber llegado a este peso, se procedió a realizar un cuarteo en el cual se tomaban los lados opuestos de la muestra: este proceso se repitió una vez más. Con el fin de obtener una muestra final de 12 kg aproximadamente a la cual se la clasifica según las categorías definidas por el grupo de investigación, las cuales son: Papel, Cartón, Materia Orgánica, Textil, Madera, Plásticos. Estas categorías fueron sometidas a análisis de laboratorio para medir los parámetros de interés.

Un vez obtenidas las muestras y teniendo los pesos de cada categoría, se procede a hacer una relación en porcentaje en peso respecto a los 100 gramos de muestra y al total de la muestra para obtener el peso exacto que se debe poner de cada categoría en un crisol. Después de tener los valores se procede a triturar la muestra y ponerla en los crisoles para posteriormente meterla a la

estufa a 105 °C por 24 horas para obtener la muestra seca y a la mufla a 900 °C por 6 horas para obtener las cenizas de la muestra.

La humedad presente en los RSU proviene principalmente por la presencia de material orgánico, lo cual, de existir la presencia en grandes cantidades de la misma complicaría el proceso de incineración. Es por eso que la determinación de los parámetros físicos, humedad y cenizas, contenidos en los RSU da una idea de la factibilidad de aprovechamiento de los mismos y del posible potencial intrínseco que posean.

El cálculo del porcentaje en peso de humedad se le realizó siguiendo la ecuación a continuación descrita por González (2008):

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_H - P_S}{P_H} * 100$$

De esta manera, se obtuvo para la totalidad de las muestras un porcentaje de humedad en peso, relacionado a la muestra húmeda.

Para obtener el porcentaje de cenizas se utiliza la ecuación que nos indica la norma Peruana NTE 0.544 (2006):

$$\% \text{ cenizas} = \frac{C_C - W}{C_S - W} * 100$$

Por ultimo, para el procesamiento de datos, se utilizaron dos herramientas de Office como Microsoft Word y Excel, las mismas que facilitan una adecuada organización y obtención de resultados.

La importancia del presente estudio radica en una investigación la cual nos permita conocer si es factible la implementación de un proceso de incineración de residuos, siendo este un beneficio para dejar mas volumen en los rellenos sanitarios

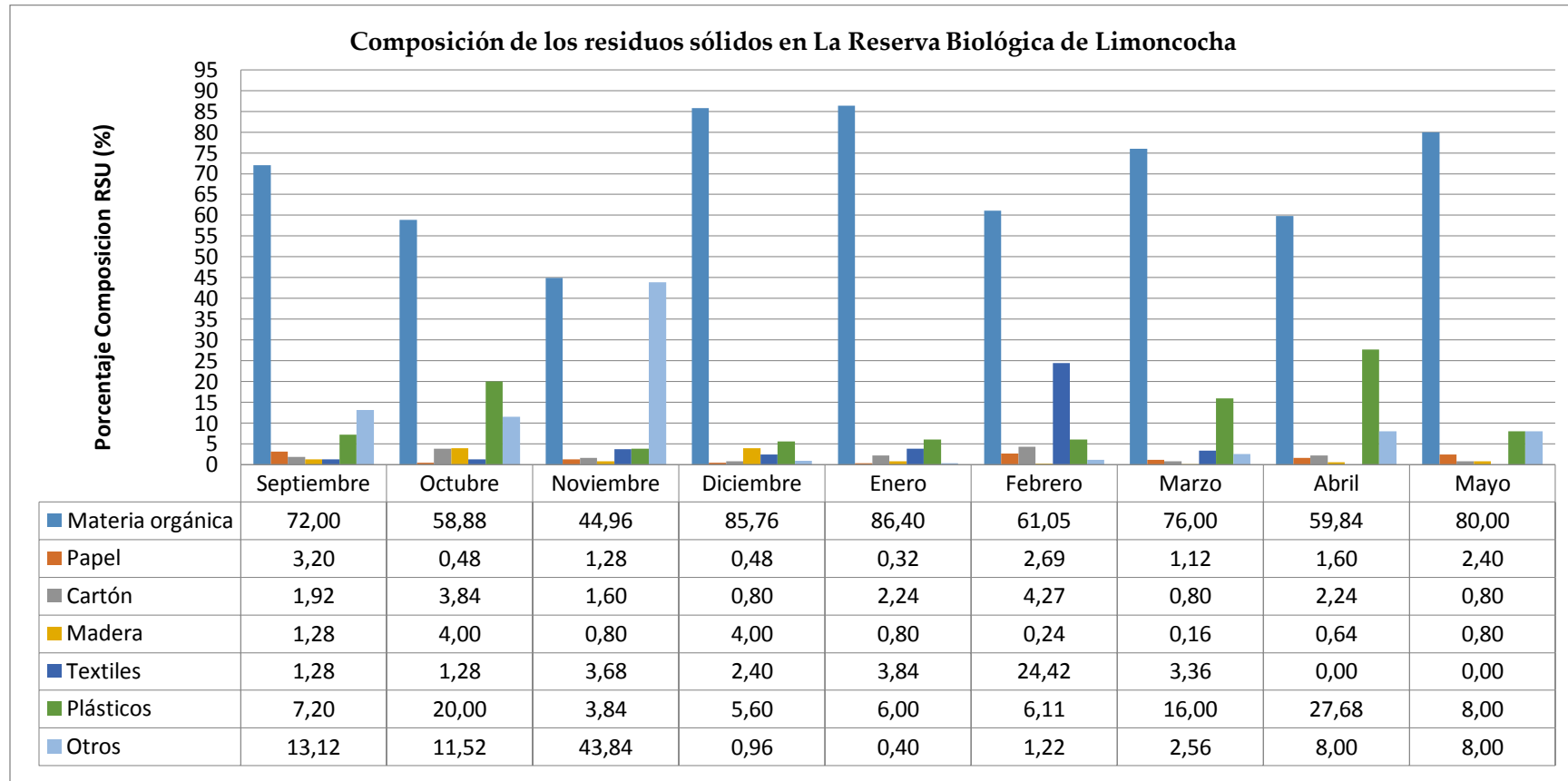
La incorporación de tratamientos sustentables para el manejo de desechos solidos en una parroquia rural como Limoncocha, significa una mayor cantidad de reciclado y compostaje, y por tanto, una menor dependencia en los vertederos debido a la composición que poseen sus residuos en donde la materia orgánica se encuentra en mayor cantidad.

Los datos obtenidos y resultados de la presente investigación se encuentran tabulados e interpretados en la sección de Anexos 1, 2 y 3.

## **RESULTADOS**

A continuación se observan las graficas de los resultados obtenidos en cuanto a la caracterización de los residuos solidos urbanos, el porcentaje de humedad, porcentaje de cenizas y la reducción del volumen de los mismos.

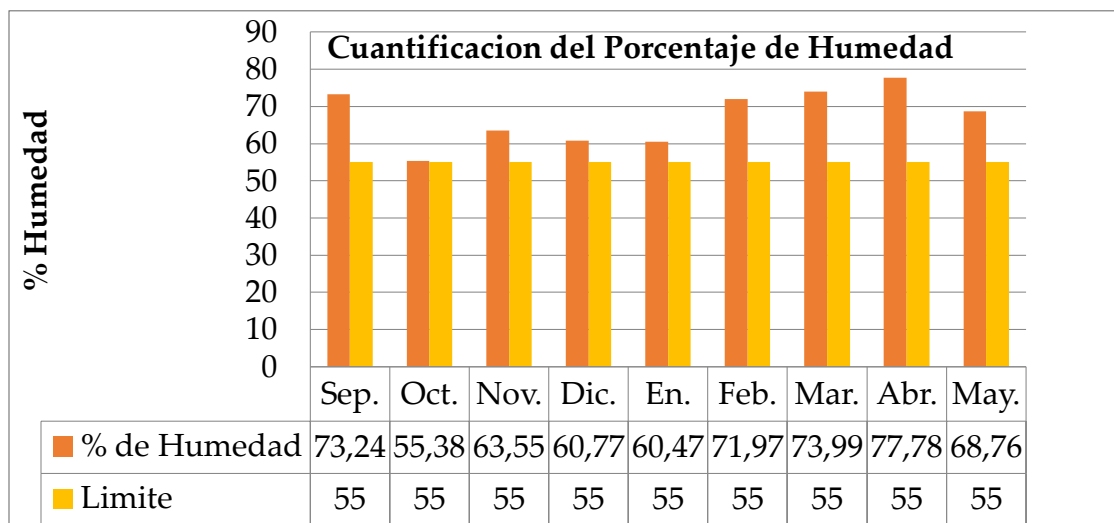
**Figura 1.** Composición de los RSU en la RBL



En la figura anterior se puede observar que el residuo que predomina es la materia orgánica con valores entre 44 % y 86%. Y la categoría con menor proporción es la madera con valores entre 0,16% y 4% , y el textil con ausencia del mismo en varios meses.

**Figura 2.** Cuantificación del porcentaje de humedad contenida en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

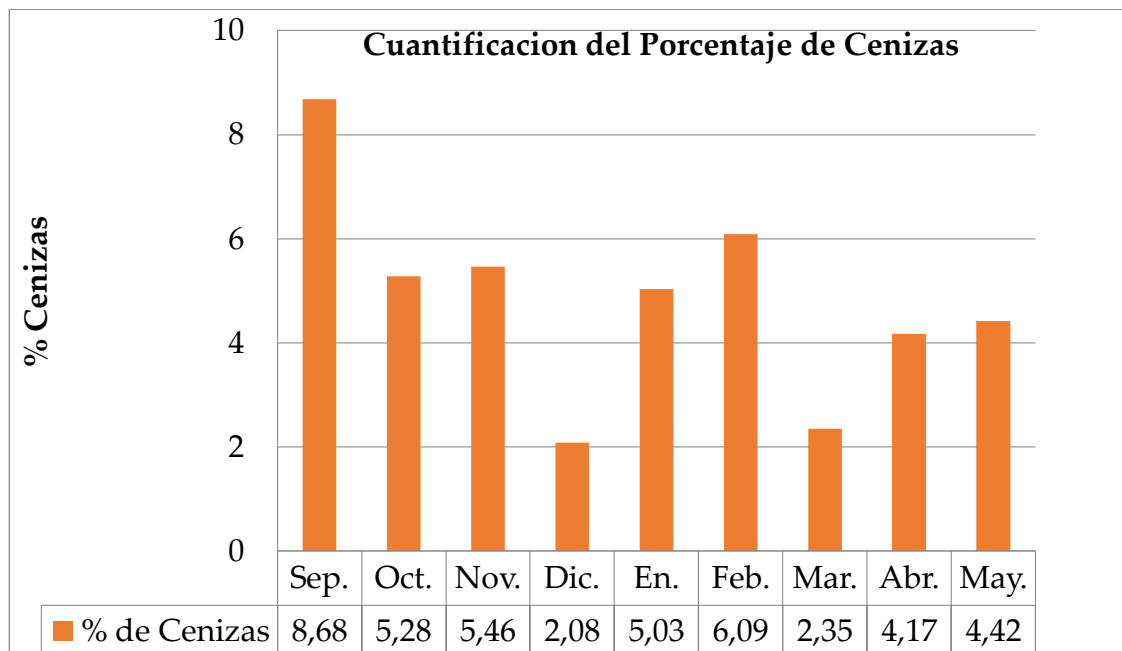
Meses	% de Humedad
Septiembre 2015	73.24
Octubre 2015	55.38
Noviembre 2015	63.55
Diciembre 2015	60.77
Enero 2016	60.47
Febrero 2016	71.97
Marzo 2016	73.99
Abril 2016	77.78
Mayo 2016	68.76



En figura anterior, se puede observar los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de humedad de cada mes que se realizó el muestreo. El resultado de humedad sobrepasa el óptimo establecido que es de 55% de humedad para que los residuos puedan ser incinerados de una manera más exitosa.

**Figura 3.** Cuantificación del porcentaje de cenizas de los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

Meses	% de Cenizas
Septiembre 2015	8.68
Octubre 2015	5.28
Noviembre 2015	5.46
Diciembre 2015	2.08
Enero 2016	5.03
Febrero 2016	6.09
Marzo 2016	2.35
Abril 2016	4.17
Mayo 2016	4.42

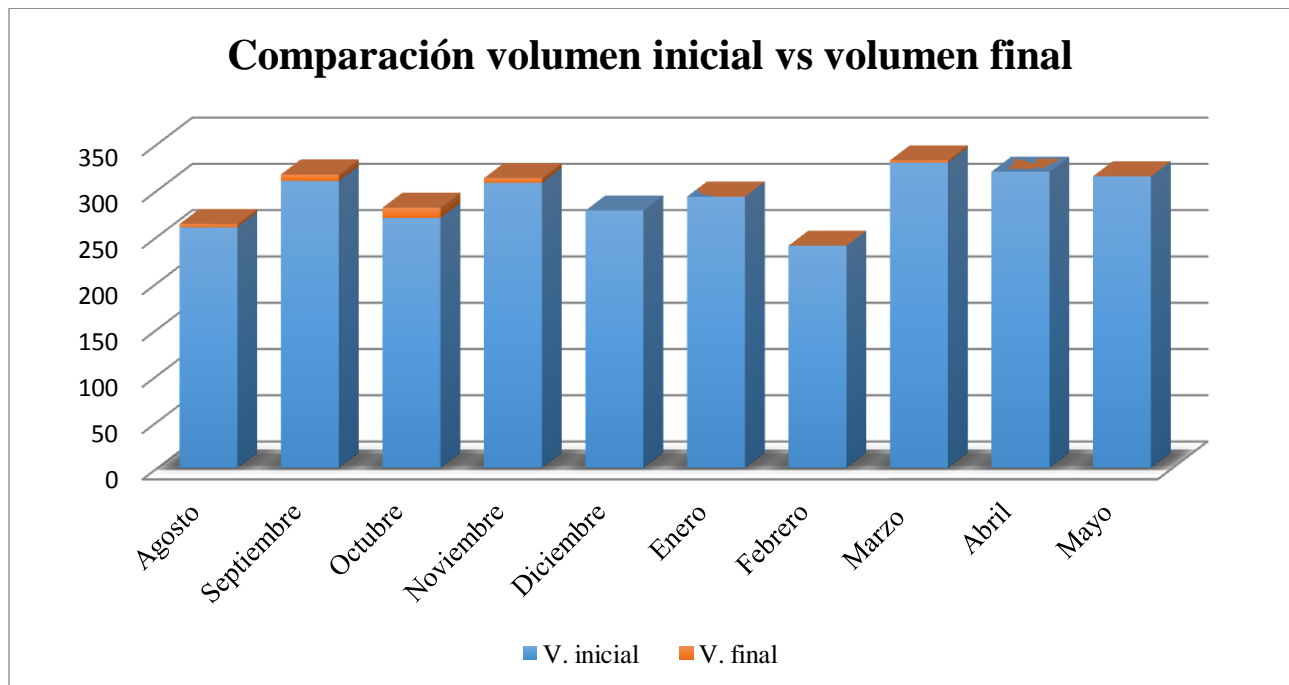


En la figura anterior se puede observar que los valores de cenizas son sumamente bajos. Esto quiere decir que la incineración si es un proceso viable.



**Figura 4.** Comparación del volumen inicial y volumen final de los RSU.

Datos del muestreo			
Meses	V. inicial	V. final	Reducción de volumen
Agosto	260	3.4	98.69
Septiembre	310	7	97.74
Octubre	270	11	95.93
Noviembre	308	5	98.38
Diciembre	278	7.4	97.34
Enero	293	4.8	98.36
Febrero	240	8.5	96.46
Marzo	330	2.2	99.33
Abril	320	4.8	98.50
Mayo	315	5.5	98.25



En la grafica anterior se puede observar el volumen inicial el cual se procedió a incinerar y el volumen final después de este proceso. Como la reducción de volumen es muy grande, es factible utilizar la incineración como método.

## CONCLUSIONES

- En el caso de la parroquia rural de Limoncocha, tener una gestión de residuos utilizando la incineración no es recomendable ya que los resultados obtenidos demuestran que existe una elevada presencia de humedad sobrepasando el límite máximo establecido (55% de humedad) debido a un exceso de materia orgánica, llegando a ser hasta de un 72%, por lo que es necesario utilizar una elevada cantidad de energía para poder eliminarla; además de que los volúmenes que se generan de residuos son bajos por lo que no justificaría la implementación de una planta incineradora debido a los costos que esta representa.
- El levantamiento de datos se lo realizó una vez al mes durante 10 meses, los cuales arrojaron diferentes datos en cuanto a la composición de los residuos. Esto quiere decir que el consumo generado por la población varía de mes a mes ya sea por festividades, temporada de cosechas, etc., sin embargo la categoría predominante sigue siendo el material orgánico, debido a que es una zona rural que posee grandes áreas destinadas a cultivos.
- Los volúmenes per cápita que se generan de desechos en la parroquia de Limoncocha no son representativos, por ende no se justifica la implementación de una planta incineradora.
- Si se obtiene una menor cantidad de materia orgánica en el volumen incinerable, mayor va a ser la efectividad del proceso, puesto que el porcentaje de humedad que contienen estos residuos es elevado lo que conlleva a un uso elevado de energía para poder eliminarla. Sin embargo, si previamente se realiza un proceso de secado, la efectividad del proceso de incineración se incrementaría, y lo tornaría en un tratamiento viable para el aprovechamiento energético debido a la cantidad de carbono contenido en los RSU que sirven de aporte como combustible.
- La incineración, un tratamiento térmico, puede significar una alternativa útil en la gestión de residuos puesto que disminuye el impacto ambiental visual, alarga la vida de los rellenos sanitarios; sin embargo hay que tomar en cuenta el factor costo-beneficio. Esta tecnología es costosa por la maquinaria que se utiliza y sus procesos son complejos, es por esto que en países del tercer mundo no se justifica esta aplicación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- González G (2008). Impacto de la tasa de humedad en la biodegradación de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Veracruz, México. Veracruz: Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana.
- Morales, P. (2012). Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos? Universidad Pontificia Comillas. Facultad de Humanidades. Madrid. España.
- Sakurai, K. (2000). METODO SENCILLO DEL ANALISIS DE RESIDUOS SOLIDOS. Hoja de DIVULGACION TecnoCa. CEPIS/OPS.[HTTP://WWW.BVSDE.PAHO.ORG/ESWWW/PROYECTO/REPIDISC/PUBLICA/HDT/HDT017.HTML](http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html)