

Título: CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA LIMONCOCHA. AÑO 2015 – 2016.

Autor: Juan Martín Cabrera Drouet. Cédula 1716557002
juan_martinc@hotmail.com Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales. Estudiante. Ingeniería Ambiental. Pregrado – Unidad de Titulación. Categoría Científica.

RESUMEN

La parroquia Limoncocha está ubicada en la amazonia ecuatoriana caracterizada por ser un ecosistema frágil y de abundante biodiversidad. Dentro de este importante lugar no existe un aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos. El constante crecimiento poblacional y la deficiente gestión en manejo de residuos sólidos urbanos que ha tenido la parroquia pueden desencadenar problemas ambientales a mediano y largo plazo. El presente proyecto tuvo como objetivo la cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos, enfocándose en los tipos: papel, cartón, madera y materia orgánica basándose metodología de análisis realizada en laboratorio que por medio el uso de bomba calorimétrica, se calculó el calor liberado por cada una de las muestras señaladas anteriormente. El presente análisis permitió valorar energéticamente los residuos con miras de utilizarlos como fuente de energía; los resultados obtenidos permiten determinar la viabilidad de aplicar un tratamiento térmico que ayudará en la gestión de los residuos municipales.

Palabras clave: Poder calórico, Valorización energética, Bomba calorimétrica, Calorimetría, Residuos sólidos urbanos.

ABSTRACT

Limoncocha parish is located in the Ecuadorian Amazon that is a fragile ecosystem and is characterized by its abundant biodiversity. In this place there is no energy recovery of municipal solid waste. The constant population growth and poor management of municipal solid waste management can trigger environmental medium and long term problems. This project is aimed to quantifying the upper and lower heating value of municipal solid waste, focusing on types: paper, cardboard, wood and organic matter based in laboratory techniques. The use of bomb calorimeter helped to calculate the heat released by each of the samples noted above. This analysis allows to assess energy waste in order to use them as an energy source; the results help determine the feasibility of applying a heat treatment that will help in the management of municipal waste.

Key words: Heating value, Energy recovery, Calorimeter bomb, Solid waste.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En el año 2015 el ingeniero Frank Pacheco como tema de tesis cuantificó el poder calórico de los residuos de la parroquia Limoncocha. El método utilizado para su investigación fue de tipo Inductivo-Deductivo, siendo así factible inferir la cantidad de poder calórico que genera la Reserva Biológica Limoncocha. En el caso del papel se pudo determinar que el PCS fue mayor al PCI debido a la humedad que existió en la muestra, siendo la muestra con mayor humedad la de abril del 2015 con 48,33% y la de marzo del mismo año la que tuvo menor humedad con 13,7%. El PCS más alto perteneció a la muestra del mes de julio con 4411 cal/g y la más baja a la muestra del mes de mayo con 3422 cal/g. Con la madera en el año 2015 se determinó que el PCS es mayor al PCI debido a la humedad presente en la muestra, siendo la muestra con mayor humedad la de mayo con 28,98 % y la de enero la que obtuvo menor humedad con 13,7%. El PCS más alto pertenece marzo con 4062 cal/g.

En cuanto a Materia Orgánica, en el mismo año se determinó igualmente que el PCS es mayor al PCI. Siendo la muestra con mayor humedad la de junio con 89,79 % y la de enero la que posee menor humedad con 80,18%. El PCS más alto pertenece a la muestra del mes de enero con 4277 cal/g y la más baja a la muestra del mes de marzo con 3162.

Con el cartón en el año 2015 el cartón tuvo mayor humedad en julio con 37,84% y la de enero obtuvo menor humedad con 17,3 %. El PCS más alto perteneció a la muestra del mes de julio con 39,86 cal/g y la más baja a la muestra del mes de febrero con 3290 cal/g.

Necesidad y actualidad

La parroquia Limoncocha se encuentra dentro de la Reserva Biológica Limoncocha, la cual es un lugar protegido. El constante crecimiento poblacional pone en riesgo a dicho ecosistema de carácter frágil, por lo cual es necesario realizar proyectos de gestión y manejo de residuos sólidos urbanos.

Calcular el poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos de la comunidad de Limoncocha, permitirá determinar la viabilidad para que estos sean utilizados en procesos de aprovechamiento energético basado en la incineración.

Los tratamientos de RSU incineración y compostaje se diseñan a partir de la composición del tipo de residuos. El PCS y PCI es un factor determinante en la aplicación de dichos tratamientos al ser utilizado en un aprovechamiento energético (García & Toro, 2000).

Actualmente no existe ningún programa concreto por parte del estado para el aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos en la región amazónica ecuatoriana ni en la localidad de Limoncocha. La Universidad Internacional SEK se ha encargado de determinar la viabilidad de aprovechamiento energético de los residuos.

Dentro de la parroquia Limoncocha, el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Shushufindi es el ente al cual le compete la recolección y posterior tratamiento de residuos sólidos urbanos que genera dicha localidad. El sitio de disposición final de los residuos es únicamente un botadero a cielo abierto.

Problema científico

¿Cuál es el PCS y PCI de los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha?

Objetivo

Cuantificar el Poder Calórico Superior e Inferior de los residuos sólidos urbanos (Papel, Cartón, Madera y Materia Orgánica) de la comunidad de Limoncocha durante el periodo 2015 – 2016.

Hipótesis de trabajo

El PCS de los diferentes tipos de RSU de la parroquia Limoncocha es superior a 3000 kcal/kg.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar el poder calórico de los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha se utilizó los siguientes materiales y métodos:

- Equipo calorimétrico Parr que consta de:
 - Motor de accionamiento del agitador
 - Polea del motor
 - Cinturón del agitador
 - Agitador con rodete
 - Cubeta ovalada
 - Sobrecubierta de calorímetro con tapa
 - Bomba de combustión de oxígeno
 - Conector para el termómetro
 - Cable de ignición
 - Termómetro digital
 - Cápsula de acero inoxidable
 - Camisa adiabática
 - Unidad de ignición
- Tanque de oxígeno
- Bomba de oxígeno
- Prensa de Pellets o Tabletas
- Estufa
- Cápsulas
- Balanza analítica
- Solución de Cloruro de Bario
- Solución de Carbonato de Sodio (0.0709 N)
- Indicador (Anaranjado de Metilo)
- Muestras Estándar (ácido benzoico)
- Muestra combustible (residuos)
- Agua Destilada

- Papel filtro
- Hilo de Algodón
- Pinzas
- Vaso de precipitación
- Pipeta
- Bureta
- Crisol
- Soporte

Población y muestra

Se utilizó como población los 730 días que equivalen a 24 meses y dos años. La fórmula planteada por Morales (2012) para el cálculo del número de muestras es la siguiente:

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

Donde:

n: tamaño de la muestra que se desea conocer

N: tamaño conocido de la población

z = Valor de z correspondiente al *nivel de confianza*

Un nivel de confianza del 95% (también lo expresamos así: $\alpha = .05$) corresponde a $z = 1.96$ sigmas o *errores típicos*; $z = 2$ (*dos sigmas*) corresponde a un 95.5% (aproximadamente, $\alpha = .045$).

pq= *Varianza de la población*

La varianza en los ítems dicotómicos (dos respuestas que se excluyen mutuamente) es igual a pq y la varianza mayor (*la mayor diversidad de respuestas*) se da cuando $p = q = .50$ (la mitad de los sujetos responde *sí* y la otra mitad responde *no*) por lo que en esta fórmula [1] pq es siempre igual a $(.50)(.50) = .25$ (es una constante).

e = *Error muestral*

Cálculo del tamaño de muestra

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

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

n= 19.36 meses

Tomando en cuenta que el presente proyecto es una continuación investigativa de años anteriores; Frank Pacheco en su proyecto de fin de carrera realizó el muestreo durante siete meses, en el periodo de tiempo de enero a julio del año 2015. En el presente proyecto se realizó la toma de diez muestras durante el periodo de agosto a mayo durante los años 2015 – 2016. Las futuras investigaciones deben recolectar las muestras de los dos meses restantes y continuar con el proyecto.

Cuantificación de porcentaje de humedad

Un aspecto importante dentro de la cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos es el contenido de humedad. Según CEMPRE (1998) un alto contenido de humedad perjudica la recuperación de energía, por lo tanto es importante analizar este parámetro antes de tomar la decisión de aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos. Este parámetro se determinó de acuerdo al “Procedimiento de Técnicas para Análisis Químico de Suelos del Laboratorio de Suelos y Agua” de Sáenz Peña (2005)

RESULTADOS

Al realizar una comparación del poder calórico de los RSU de la parroquia Limoncocha, se pudo determinar que la madera es el RSU con mayor PCS y PCI siendo estos valores de 4282 kcal/kg y 4181 kcal/kg. La humedad promedio de este residuo está por debajo del 55% óptimo para tratamientos de incineración, siendo este valor de 16.84%.

Seguido a la madera, el cartón presenta un favorable poder calórico con PCS de 3782 kcal/kg y PCI de 3668 kcal/kg. Igualmente en este tipo de RSU la humedad promedio no sobrepasa el 55% ya que este posee 18.97%.

El PCS y PCI del papel de igual manera superaron las 3000 kcal/kg óptimas para tratamientos de incineración lo cual puede permitir un favorable aprovechamiento energético. La humedad de dicho residuo fue de 17% lo cual es un valor favorable para tratamientos térmicos.

Finalmente la materia orgánica obtuvo valores de PCS y PCI de 3762 kcal/kg y 3336 kcal/kg, superando las 3000 kcal óptimas, sin embargo su 70.98% de humedad promedio dificultaría realizar tratamientos de incineración y posterior aprovechamiento energético.

Solución del problema científico

Se ha cuantificado los valores de PCS y PCI de los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha, obteniendo datos que permiten determinar qué tipo de residuos son más favorables para un aprovechamiento energético. Esto constituye el primer paso para desarrollar una gestión adecuada de los residuos sólidos en la parroquia y una herramienta clave para plantear posteriormente tratamientos térmicos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- La presente investigación cumplió con el objetivo general de cuantificar el poder calórico superior e inferior de los residuos: papel, cartón, madera y materia orgánica de los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha durante el periodo 2015 – 2016 aplicando metodologías de análisis.
- Se acepta la hipótesis planteada, ya que la media del poder calórico de los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha supera las 3000 kcal/kg.
- Los tipos de residuos: papel, cartón y madera son aptos para un aprovechamiento energético ya que sus valores de humedad no superan el máximo admisible para un aprovechamiento energético (55%). La materia orgánica superó el valor admisible de humedad, lo cual dificultaría un aprovechamiento posterior.
- La madera presentó un valor promedio de poder calórico más alto en relación a los demás tipos de residuos con PCS de 4364 kcal/kg y PCI de 4263, por lo cual dicho residuo puede ser utilizado en un tratamiento térmico, obteniéndose una eficiencia aceptable.
- Los residuos: papel, cartón y madera poseen un poder calórico que permite que su energía liberada sea aprovechada en procesos de valorización energética.
- El cartón presenta un valor de PCS similar al de materia orgánica, sin embargo al analizar el PCI existe diferencia por el considerable contenido de humedad, lo cual dificulta el aprovechamiento energético en la materia orgánica.
- El PCS y PCI de los residuos sólidos urbanos depende de varios factores como: condiciones climáticas del lugar, almacenamiento y transporte de la muestra a ser analizada.
- Se recomienda que en la parroquia Limoncocha se dé un sistema de separación de RSU dentro de la fuente. Dicha parroquia al poseer una población relativamente baja, demandaría menor cantidad de recursos para realizar talleres de capacitación que en un futuro facilitaría el aprovechamiento energético.
- Es necesario que se dé una gestión integral de los RSU en la parroquia Limoncocha, ya que este lugar comprende un ecosistema frágil. Es de suma importancia establecer tratamientos alternativos al tradicional “botadero a cielo abierto”. Se debe completar las 50000 toneladas anuales de RSU tomando en cuenta a poblaciones aledañas a la parroquia Limoncocha para realizar un aprovechamiento energético.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEMPRE. (1998). *Manual de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. Uruguay
- García, H. y Toro, Z. (2000). *Fundamentos del manejo de los residuos urbanos*. Colección sénior 24. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. España. 756 pp.

- Laboratorio de Suelos y Agua de Sánchez Peña (2005). Procedimientos de Técnicas para Análisis Químico de Suelos. Argentina, Chaco: Estación Experimental Agropecuaria.
- Mafla, L. (2015). *Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito. Año 2013-2014.* UISEK, Quito – Ecuador.
- Morales, P. (2012). *Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos?* Universidad Pontificia Comillas. Facultad de Humanidades. Madrid. España.
- Pacheco, F. (2015). *Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha. Año 2015.* UISEK, Quito - Ecuador

ANEXOS

Tabla 1. Porcentaje de humedad de los RSU de la parroquia Limoncocha. Periodo 2015 – 2016.

% Humedad de RSU de la parroquia Limoncocha				
Mes	Papel (%)	Cartón (%)	Madera (%)	Mat. Orgánica (%)
Agosto	11,5800	9,7758	6,8583	46,9894
Septiembre	26,5254	26,4964	12,5496	78,562
Octubre	24,7194	39,8805	25,5249	65,9349
Noviembre	26,0747	18,5764	11,0858	46,5922
Diciembre	5,7898	8,4657	13,8653	76,0136
Enero	6,5692	5,5223	14,6307	77,4208
Febrero	32,5045	20,4498	29,0463	81,9369
Marzo	18,0749	5,5223	18,0749	82,9533
Abril	7,1928	31,5721	23,2766	78,2000
Mayo	10,8541	23,3951	13,4549	75,1605
Promedio	16,9885	18,9656	16,8367	70,9764

Tabla 2. Resultados totales de PCS Y PCI de los RSU de la parroquia Limoncocha (Enero 2015 – Mayo 2016)

Mes	PAPEL		CARTÓN		MADERA		MATERIA ORGÁNICA	
	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)
Agosto	4064	3994	3682	3624	3578	3537	4265	3983
Septiembre	3696	3536	3021	2862	4100	4024	4012	3540
Octubre	3101	2952	4025	3785	4387	4234	2102	1706
Noviembre	2311	2154	3904	3792	4713	4647	4378	4099
Diciembre	3489	3454	3778	3727	3842	3758	3375	2919
Enero	3242	3203	3941	3908	4383	4295	3442	2977
Febrero	2372	2177	3504	3381	4463	4289	4162	3670
Marzo	2331	2222	4067	4034	4607	4499	4292	3794
Abril	3440	3397	4297	4108	4946	4807	4323	3854
Mayo	3539	3474	4333	4193	4619	4538	3991	3540
Promedio	3159	3056	3855	3741	4364	4263	3834	3408

Imagen 1. Relleno sanitario Shushufindi



Imagen 2. Preparación de muestras para el análisis



Imagen 3. Equipo para la determinación del poder calórico

