

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN
DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Máster Titulado:

“CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y
ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.”

Realizado por:

LCDA. TANIA PAOLA GARCÍA ORTIZ

Director del proyecto:

Ing. Katty Verónica Coral Carrillo, MSc.

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

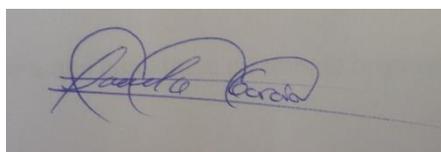
Quito, 18 de febrero 2019

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, TANIA PAOLA GARCÍA ORTIZ, con cédula de identidad # 0107098873-3, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



FIRMA

TANIA PAOLA GARCÍA ORTIZ

010709887-3

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.”

Realizado por:

TANIA PAOLA GARCÍA ORTIZ

Como requisito para la obtención del Título de: **MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Ha sido dirigido por la profesora

KATTY VERÓNICA CORAL CARRILLO

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor



FIRMA
KATTY VERÓNICA CORAL CARRILLO

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

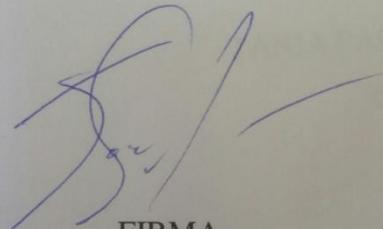
ING. JOSÉ SALAZAR

ING. EMMA IVONNE CARRILLO PAREDES

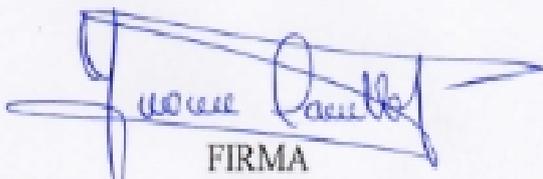
Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



FIRMA
ING. JOSÉ SALAZAR



FIRMA
ING. IVONNE CARRILLO PAREDES

Quito, 18 de febrero 2018

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

DEDICATORIA

Le dedico este proyecto a mis padres y mis hermanos, su amor fue el motor que me impulso a conseguir esta meta, sin ellos nada de esto sería posible.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por su amor e infinita sabiduría.

Quiero agradecer a mi familia, por su apoyo incondicional y motivarme a conseguir una meta más, por ser mis amigos y cómplices en incontables ocasiones, sin lugar a duda su amor es la fuerza que me motiva a seguir adelante.

Agradezco a mi enamorado Santiago, por su amor, paciencia y confianza, me ha demostrado día a día que los únicos límites están en la mente y que todo es posible.

A mi mejor amiga Kochiz, por su cariño y por estar presente en todo momento, sus sabios consejos que han sabido llegar en el momento oportuno.

Adicionalmente, agradezco a mi directora de tesis Katty Coral, por guiarme en el desarrollo de este proyecto, demostrándome su conocimiento, compromiso y amor por la docencia en cada paso; a los miembros de mi tribunal, José Salazar e Ivonne Carrillo, quienes colaboraron para la mejora del presente trabajo.

Finalmente agradezco a mis profesores de maestría por impartirme sus conocimientos, a mis compañeros y amigos por los incontables momentos que pudimos compartir, en especial a Edwin que, aunque no siga con nosotros dejó una huella imborrable.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

19/02/2019 15:32:29

Para someter a:

To be submitted:

Caracterización de los Residuos Sólidos Urbanos generados en la parroquia El Vecino – Cuenca y estimación del metano teórico generado por los mismos.

Tania García, Katty Coral

¹ Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito, Ecuador.

*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: Katty Coral, Msc., Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Ambientales y Naturales, Quito, Ecuador.
Teléfono: +593-9-83084617; email: katty.coral@uisek.edu.ec

Título corto o Running title: determinación del metano teórico generado por residuos sólidos urbanos

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Resumen

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), son considerados actualmente como uno de los problemas ambientales más críticos, al no ser aprovechados terminan en vertederos o rellenos sanitarios, generando problemas ambientales relacionados al uso del suelo, lixiviados, plagas, generación de malos olores y emanación de gases altamente tóxicos. (Sotelo, Eugenia, & Benítez, 2013)

El dióxido de carbono (CO_2), es históricamente considerado como el principal contribuyente individual en la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), sin embargo, se ha demostrado que el metano (CH_4), también producido en rellenos sanitarios, alcanza un potencial 21 veces superior al CO_2 como retenedor de calor.(Solórzano-Ochoa, 2003)

El presente proyecto investigativo toma como pieza clave la categorización de los RSU y el cálculo teórico, a través de un balance estequiométrico del CH_4 , para determinar los volúmenes de gas generado en función del carbono orgánico determinado en los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) generados la parroquia El Vecino - Cuenca, para calcular su potencial efecto invernadero.

La metodología de investigación empleada se resume en:

- Muestreo de los RSU utilizando el método del Dr. Kunitoshi Sakurai,(CEPIS, 1983)
- Clasificación y pesaje de los residuos,
- Separación de RSO
- Secado de los RSO a una temperatura de 105°C y determinación de la humedad contenida por los mismos
- y finalmente calcinación a 650°C

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Entre los resultados, se comprobó que los RSO constituyen por un amplio margen la principal categoría de residuos generados. En cuanto al volumen de CH₄ producido en la parroquia El Vecino – Cuenca, los valores obtenidos no fueron representativos al ser comparados con la producción cantonal de dicho gas.

Adicionalmente se realizó una estimación estadística a futuro sobre la producción de RSO en el área de estudio mediante el método de Hanssen, evidenciándose una tendencia decreciente.

Palabras clave: residuos sólidos urbanos, metano, gases de efecto invernadero, calentamiento global, caracterización de residuos sólidos.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Abstrac

Municipal Solid Waste (MSW), is currently considered one of the most critical environmental problems, not being used end up in landfills or sanitary fillings, generating environmental problems related to land use, leached, pests, generation of bad smells and fumes from highly toxic gases. (Sotelo, Eugenia, & Benítez, 2013)

Carbon dioxide (CO₂), historically regarded as the main individual contributor to the generation of greenhouse Gases (GHG), however, has been shown that methane (CH₄), also produced in landfills, reaches a potential 21 times higher than CO₂ as a heat retainer. (Solórzano-Ochoa, 2003)

This research project takes as a key piece the categorization of MSW and the theoretical calculation, through a stoichiometric balance of CH₄, to determine the volumes of gas generated according to the organic carbon determined in Organic solid waste (RSO) generated in El Vecino – Cuenca parish, to calculate its potential greenhouse effect.

The research methodology used is summarized in:

- MSW sampling using Dr. Kunitoshi Sakurai's method (CEPIS, 1983)
- Classification and weighing of waste
- RSO Separation
- Drying of the RSO at a temperature of 105 ° C and determination of the humidity contained by the same
- And finally calcination at 650 ° C

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Among the results, it was found that the RSO constitute by a wide margin the main category of waste generated. As for the volume of CH₄ produced in El Vecino– Cuenca parish, the values obtained were not representative when compared to the cantonal production of that gas.

Additionally, a future statistical estimate was made on the production of RSO in the study area using the Hanssen method, demonstrating a decreasing trend.

Key words: Municipal solid waste, methane, greenhouse gases, global warming, solid waste characterization.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Introducción

Aproximadamente un 70% de la población se encuentra ubicada en grandes urbes, con una tendencia muy marcada hacia el crecimiento poblacional, incrementando de esta forma la generación de RSU, este factor repercute de manera negativa ocasionado un deterioro ambiental, vinculado a la disminución de los recursos, al incremento de los costos y el agotamiento de espacios para la disposición de los residuos. (Alejandro Fernández Colomina, 2005)

Los RSO al descomponerse en sitios de disposición final generan gases contaminantes, detallándose a continuación la problemática asociada a este aspecto.

Existen una serie de factores de riesgo asociados a una gestión inadecuada de los RSU, entre estos se encuentran: (Alejandro Fernández Colomina, 2005)

- Enfermedades relacionadas al contacto directo con los RSU o transmisores directos (moscas, ratas, animales callejeros, etc.)
- Generación de gases, debido a la descomposición de los RSO.
- Contaminación de fuentes hídricas, sean superficiales o subterráneas por lixiados.
- Contaminación de suelos
- Deterioro paisajístico de los sitios usados para la disposición final de RSU.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

En gran parte de los países de América Latina y el Caribe, los RSO tienden a superar el 50% de los RSU generados, de los cuales tal solo un 2% reciben un tratamiento óptimo para su aprovechamiento, mientras que el resto es dispuesto en rellenos sanitarios, vertederos o destinado a la alimentación de porcinos sin cumplir una adecuada gestión sanitaria. (Jaramillo, Liliana, & Zapata Márquez, 2008)

Los RSO al descomponerse en sitios de disposición final generan gases contaminantes, detallándose a continuación la problemática asociada a este aspecto.

En 1992 en Rio de Janeiro (Brasil) se llevó a cabo la “La Cumbre de la Tierra” de las Naciones Unidas, es en este marco en donde se reconoce la problemática entre ambiente y desarrollo, repercutiendo en un deterioro ambiental con implicaciones sociales, políticas y económicas.

Todo esto sumado a fenómenos como el deterioro de la capa de ozono, el calentamiento global y la disminución de la diversidad biológica, fueron las piezas clave que condujeron hacia el planteamiento de acuerdos a los que se suscribieron una gran cantidad de países, entre ellos el Ecuador. (Sánchez Pérez, n.d.)

En 2016 el Ecuador se suscribió al Acuerdo de Paris el cual reemplaza al protocolo de Kioto, dicho acuerdo busca la reducir la emisión de los gases de efecto invernadero (GEI), de los cuales el 0,15% a escala mundial le corresponde al país. (Ministerio del Ambiente, 2016)

El presente proyecto se desarrolló en la parroquia El Vecino – Cuenca, el proyecto categorizó los RSU producidos en este lugar e identificar el aporte de los mismos en la generación de gases de efecto invernadero como el CH₄ mediante pruebas de carbono total con los RSO, previamente clasificados en la zona.

Con estos antecedentes, se planteó la hipótesis que fue desarrollada en la presente investigación: La parroquia El Vecino – Cuenca, contribuye con una cantidad mínima, menor al 10% de RSU y CH₄ generados en el Relleno Sanitario de Pichachay.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Finalmente, el objetivo general diseñado fue el categorizar los RSU y evaluar la generación de metano teórico en la parroquia el Vecino - Cuenca a través de la clasificación de los RSO y el posterior cálculo estequiométrico en función del carbono orgánico de los residuos.

Para ello, los objetivos específicos planteados fueron: (1) Desarrollar el muestreo y caracterización de los RSU obtenidos en la parroquia El Vecino - Cuenca mediante la metodología de Kunitoshi Sakuray, para determinar el tipo de residuos generados por categoría y el volumen de los mismos. (2) Determinar la concentración de CH₄ presente en la muestra de RSO obtenida en la parroquia El Vecino – Cuenca mediante pruebas de calcinación para calcular el potencial para la generación de GEI. (3) Determinar el aporte de RSU y GEI de la parroquia el Vecino – Cuenca, al Relleno Sanitario de Pichacay.

Marco teórico

Se procede a detallar los conceptos clave que guardan estrecha relación con el tema investigado (RSU y metano) y permiten a su vez comprender los efectos que una inadecuada gestión en torno a los mismos puede provocar.

Residuos Sólidos Urbanos

Se consideran como residuos sólidos aquellos recursos naturales desaprovechados, derivados de actividades económicas extractivas, transformadoras y de consumo. Pudiéndose considerar los materiales en estado sólido, líquido o gaseoso. (Del Val, 1996)

Son aquellos residuos producidos en espacios urbanos, se encuentran asociados a actividades de consumo doméstico (hogares), servicios (restaurantes, hoteles, oficinas, hospitales, mercados, etc.) y varios (residuos de pequeño y gran tamaño). (Jaramillo et al., 2008)

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Relleno Sanitario

Se considera como relleno sanitario, a aquel lugar que ha sido diseñado para la disposición final de residuos sólidos de manera controlada, minimizando de esta forma los posibles impactos al ambiente y a la salud pública, mediante principios ingenieriles para la confinación, compactación, cobertura diaria de los mismos y control los gases y lixiviados producidos en su interior. (Tamayo, 2012)

Gases de Efecto Invernadero

El sol es la principal fuente de energía que posee la Tierra, esta es absorbida y se transforma en calor. De la misma forman, una parte del calor es reflejada desde la superficie terrestre hacia la atmósfera. Los gases de efecto invernadero, son aquellos que cuentan con la capacidad de absorber el calor (metano, dióxido de carbono, vapor de agua, ozono, Etc.), siendo este el mecanismo empleado para la retención de calor en la atmosfera produciendo de esta manera un calentamiento en la superficie terrestre. (Baethgen & Martino, 2007)

Relación Residuos Sólidos Urbanos – Gases de Efecto Invernadero

La disposición final de RSU ya sea en rellenos sanitarios o vertederos, genera contaminantes derivados como resultado de los procesos de degradación de la materia. La contaminación puede ser de tres tipos: solida (polvo), liquida (lixiviados) y gaseosa (biogás).

Debido a que la presente investigación se relaciona a la generación de GEI, se detallara a continuidad la relación entre RSU y GEI:

El biogás producido en los sitios de disposición final, está compuesto en su mayoría por dióxido de carbono y metano (21 veces más potente como retenedor de calor), los cuales contribuyen de manera significativa en la generación de GEI e incrementan la temperatura de la Tierra. (Gábor & Guillermo, 2006)

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Normativa legal – Marco legal aplicable a la gestión de residuos sólidos

La presente investigación toma como eje la gestión de RSU y la producción de metano a partir de los mismos en el Cantón Cuenca, por tal razón, es necesario el detallar la normativa legal ambiental aplicable en este caso.

Constitución de la República del Ecuador (Asamblea Constituyente, 2008)

- La constitución como norma máxima del estado ecuatoriano, reconoce como responsabilidades y deberes, el respeto hacia los derechos de la naturaleza, mantener un ambiente sano y el uso racional de los recursos que posee de forma sostenible. (Art. 83)
- Es competencia de los gobiernos municipales el prestar servicios públicos para el manejo de RSU (Art. 264 – 4)

Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización (Función Ejecutiva, 2018)

- Es competencia exclusiva de los GADs, la prestación de manejo de residuos sólidos y saneamiento ambiental. (Art. 55 – d)
- Compete a los GADs, la creación de forma progresiva de sistemas de gestión integral de desechos, con el fin de eliminar el vertido de desechos contaminantes en ríos, quebradas, lagunas, etc.; así como evitar y eliminar los vertidos en sistemas de alcantarillado. (Art. 136)
- Con el fin de precautelar a las personas, al ambiente y los bienes, los funcionarios de los GADs, tienen la autoridad para el establecimiento de sanciones consideradas como tal a todo incumplimiento, por acción u omisión de las normas. (Art. 395)

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Código Orgánico Ambiental (Presidencia de la República, 2017a)

- Las políticas en torno a la gestión de desechos y residuos son de responsabilidad universal (gobierno nacional, instituciones públicas y privadas y la ciudadanía en general), dichas políticas comprenden: la disposición final de los desechos, educación ambiental, minimización de riesgos, fomento de buenas prácticas ambientales, entre otros. (Art. 225)
- Con base en el principio de jerarquización, los residuos deberán cumplir los siguientes aspectos: 1. Prevenir, 2. Minimización en el origen, 3. Valorización, 4. Eliminación, 5. Disposición final. (Art. 226)

Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (Presidencia de la República, 2017)

En lo que respecta a esta normativa, destaca el libro VI – Calidad Ambiental, pues es el marco que rigiere la gestión de los RSU y los GEI.

- Título II – Políticas Nacionales de Residuos Sólidos.
- Título III – Comité de Coordinación y Cooperación Interinstitucional para la Gestión de Residuos Sólidos.
- Título V – Reglamento para la prevención y contaminación por desechos peligrosos.
- Título VII – Cambio Climático.

Ordenanza que regula la gestión integral de los desechos y residuos sólidos en el Cantón Cuenca (Arteaga & Cabrera, 2014)

- Todos los ciudadanos tienen la obligación de mantener una conducta ejemplar con respecto al manejo de los residuos sólidos, es decir: contribuir a las tareas de limpieza, clasificación de los desechos, denunciar infracciones sobre aseo público, proteger el mobiliario de aseo, etc. (Art. 3)

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

- Los ciudadanos tienen la obligación de mantener hábitos de limpieza, en el margen de los siguientes requerimientos: no depositar desechos fuera de los lugares establecidos para ello, respetar los horarios de recolección establecidos, mantener limpias las calles, veredas y áreas verdes correspondientes a la parte frontal de cada inmueble, etc. (Art. 4)

Adicional la presente ordenanza abarca las siguientes áreas clave para la gestión de residuos sólidos:

- Sitios baldíos
- Almacenamiento y recolección de los residuos y desechos
- Manejo de residuos de construcción y escombros

Ordenanza para la gestión y manejo externo de desechos sólidos, infecciosos y especiales generados en el Cantón Cuenca (Artega & Cabrera, 2014)

Art. 2.- Esta ordenanza rige a los establecimientos tanto públicos como privados ubicados dentro del cantón Cuenca que sean generadores de residuos infecciosos/o especiales, entre estos se encuentran:

- Establecimientos de salud
- Centros o clínicas veterinarias
- Centros estéticos faciales y corporales
- Otros similares.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Metodología

Área de estudio

La ciudad de Cuenca, es considerada la tercera en importancia dentro del país, se ubica en la zona sur andina y la capital de la provincia del Azuay.

La ciudad de Cuenca, cuenta con 15 parroquias urbanas y 22 rurales. El presente proyecto investigativo se desarrolló en la parroquia urbana “El Vecino”, ubicada en la zona norte del centro histórico, cuenta con una superficie de 3,6 km² y una población de 30 737 habitantes, que representan el 9% del total poblacional del Cantón Cuenca.

Es necesario mencionar una serie de datos clave referentes a los RSU del Cantón Cuenca, para así comprender de mejor forma la situación real en torno al área de estudio. (Cáseres, 2018)

- Se recolectan alrededor de 15.000 toneladas de RSU/mes.
- 115 corresponden a residuos que pueden ser reutilizados.
- El Relleno Sanitario de Pichacay recibe diariamente entre 490 y 500 toneladas/día de RSU.
- Más del 50% de los residuos que se desechan son orgánicos.

En la Ilustración 1, se muestra un mapa de las parroquias urbanas del Cantón Cuenca, entre ellas “El Vecino”, misma que corresponde al área de estudio.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

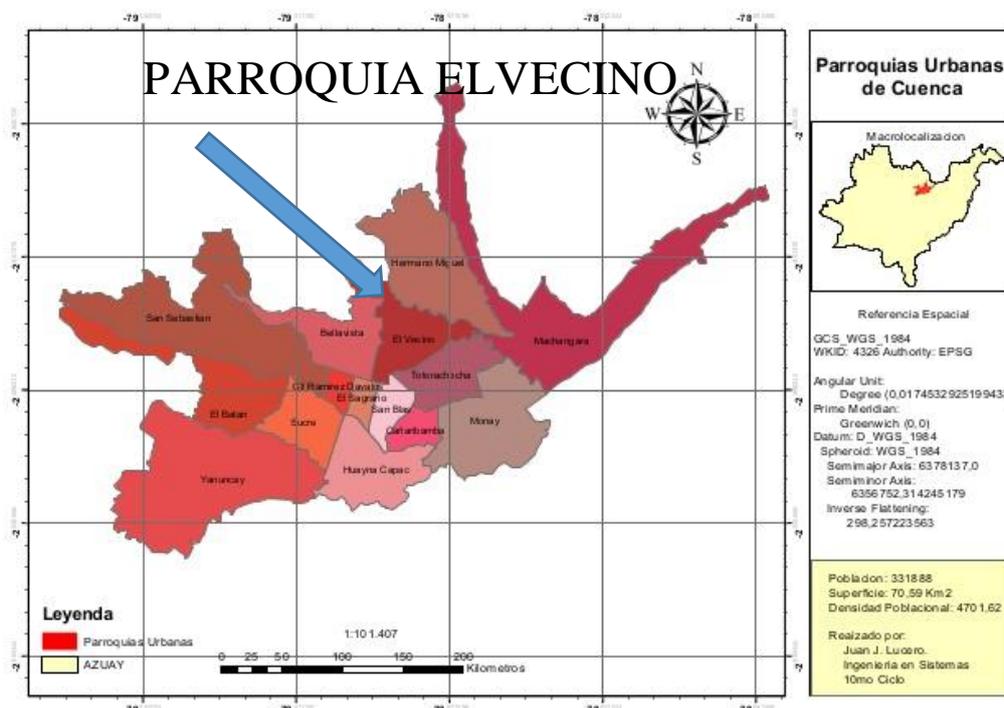


Ilustración 1: Mapa de referencia de la parroquia El Vecino

Fuente: (Lucero, 2014)

Muestreo y análisis de laboratorio

Para la toma de muestras, se consideró como metodología el Análisis de Residuos Sólidos desarrollado por el Dr. Kunitoshi Sakurai (CEPIS, 1983), de la siguiente manera:

- Se determinó población correspondiente a la parroquia El Vecino – Cuenca, teniendo así: 30737 habitantes, distribuidos en 8145 hogares.
- A partir del número de hogares, se estableció la muestra necesaria para la presente investigación, mediante la siguiente fórmula (Orellana, 2011):

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{Z^2 P Q + N e^2}$$

Ecuación 1: Cálculo del número de muestras

Fuente: (Orellana, 2011)

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Donde:

n = tamaño de la muestra

Z = nivel de confianza

P = probabilidad de éxito

Q = probabilidad de fracaso

N = tamaño de la población

e = error muestral

Para la variable confianza, se cuentan con valores de 90%, 95% y 97,7%, sin embargo, cuando no se cuenta previamente con este valor, se debe usar el 95% mismo que corresponde a 1,96 el cual será remplazado en la formula.

En caso de no contar con el valor para el error muestral, este será del 5%.

En cuanto los valores de éxito o fracaso (P y Q), el valor estándar para cada uno de ellos es del 50%.

$$n = \frac{1,96^2 0,5 * 0,5 * 8145}{1,96^2 (0,5)(0,5) + 8145 * 0,005^2} = 367 \text{ hogares}$$

Calculo 1: obtención del tamaño de la muestra

Fuente: Propia

- El proceso de muestro de RSU, fue ejecutado en un periodo de 5 días, comprendidos entre el 03 – 05 de diciembre del 2018, dando un promedio de muestras de 73,4 hogares/día.
- El método de muestreo de RSU, fue la recolección a pie de vereda.
- Una vez completado el proceso de muestreo, se procedió a la clasificación de los RSU, en 4 categorías, teniendo así: 1) RSO, 2) reciclables (papel, cartón, vidrio y plástico), 3) desechos textiles y 4) papel sanitario.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

- Posteriormente se procedió a la fase de laboratorio, para lo cual se tomó una muestra de 50 kg de RSO, la cual fue dividida en tres cuarteos opuestos, como lo indica la Ilustración 2, dando un aproximado de 6 kg de RSO, mismos que fueron llevados al laboratorio de la UISEK - Quito.

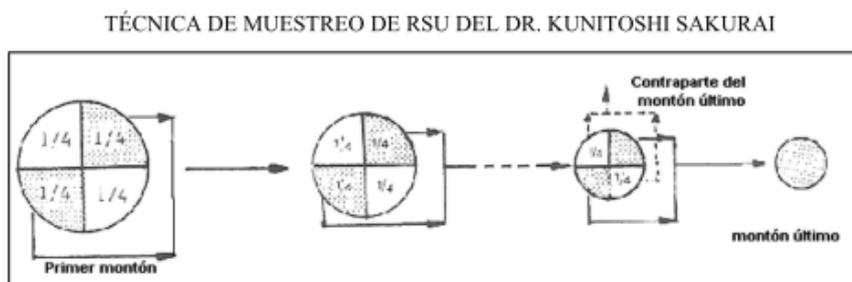


Ilustración 2: Método Sencillo del Análisis de los Residuos Sólidos

Fuente: (CEPIS, 1983)

- En el laboratorio se trituró la muestra de 6kg del monto último de RSO, y se procedió a la toma de 10 muestras aleatorias de aproximadamente 100 – 120 g cada una.
- A continuación, se procede a detallar de forma práctica el desarrollo de la metodología empleada en la presente investigación, para determinar la cantidad de CH_4 generada en función del contenido de carbono en la parroquia El Vecino.
- Una vez concluido el muestreo, se procedió a la fase de análisis en el laboratorio de la UISEK – Quito, para dicha fase, se emplearon los equipos detallados en la Tabla 1:

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Tabla 1: Equipos de laboratorio empleados para las pruebas de calcinación

Ítem	Equipo	Función
1	Triturador	Obtener una muestra triturada, apta para proceder a la calcinación
2	Crisoles de 50 y 150mL	Colocar las muestras para el secado y calcinación en los respectivos equipos
3	Balanza analítica	Pesar las muestras.
4	Estufa	Eliminación de la humedad contenida en los RSO
5	Mufla	Calcinación de los RSO

Fuente: Propia

- Los crisoles de 150mL, fueron pesados en una balanza analítica, antes y después de la colocación de las muestras en los mismos.
- De forma inmediata, se colocó las muestras de RSO y sus respectivos crisoles en una mufla a 105° durante 24 horas, con el fin de eliminar la humedad de contenida en las muestras.
- Una vez evaporada la humedad, se colocaron las muestras secas en crisoles de 50ml a 650° durante cuatro horas, volatizando de esta forma toda la materia orgánica compuesta por carbono.
- Una vez realizada la fase de laboratorio, se procedió a la estimación del carbono orgánico total (COT) contenido por las muestras secas, para ello se estimó el 60% que el cual corresponde al COT.(Greenpeace España, 2009)

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

- ***Cálculo de carbono***

Se obtuvo el contenido de carbono de la muestra mediante la siguiente ecuación:

$$\%C = \frac{\text{Muestra seca (g)} - \text{Muestra calcinada (g)}}{\text{Muestra seca (g)}} \times 100$$

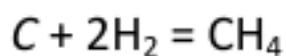
Ecuación 2: Cálculo del porcentaje de carbono

Fuente: (Orellana, 2011)

- ***Cálculo del metano***

Una vez definida la cantidad de carbono de los RSO, se pudo calcular el metano concebido por la muestra mediante estequiometría en los productos y reactantes de la reacción natural que forma dicho compuesto.

El cálculo se obtuvo a partir de la siguiente reacción



Ecuación 3: Formación de Metano a partir del carbono

Fuente: (Orellana, 2011)

Esta reacción fue escogida debido a que es la forma en la que el carbono se transforma en metano en procesos de biodegradación anaerobia de la materia orgánica.

Como valor agregado a la presente investigación, se elaboró una estimación del aporte de t CO₂ eq en Cuenca versus la producción a nivel país. Los resultados se encuentran en el numeral 6.7.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Tratamiento estadístico de Hanssen

Para el procesamiento de las muestras de RSO, se empleó el método estadístico de Hanssen, dicho método permitió establecer una relación lineal con pendiente negativa entre la probabilidad de ocurrencia y el parámetro bajo control, en este caso la generación de RSO.

Los datos tomados para la aplicación del método antes mencionado se indican a continuación:

g RSO
109,37
109,54
104,66
114,80
104,43
108,24
113,71
120,95
105,05
123,95

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

El primer paso consiste en ordenar los datos de manera descendente

g RSO
123,95
120,95
114,80
113,71
109,54
109,37
108,24
105,05
104,66
104,43

Los datos fueron ordenados de forma descendente, pues el método proporciona valores de probabilidad de ocurrencia, bajo la premisa que los organismos estatales y ciudadanía gestionarán de mejor forma la generación de RSU y RSO.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Una vez ordenados los datos, se les otorgo un numero de orden, mismo que coincide con los valores asignados cuando las muestras fueron tomadas

N	f	g RSO
1		123,95
2		120,95
3		114,80
4		113,71
5		109,54
6		109,37
7		108,24
8		105,05
9		104,66
10		104,43

De manera posterior, se determinó la frecuencia de cada valor, mediante la siguiente formula:

$$f = \frac{N_i}{N_{t+1}}$$

Ecuación 4: frecuencia de cada valor

Fuente: (Coral, 2013)

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Una vez obtenida la frecuencia, se determinó los valores correspondientes a la probabilidad de ocurrencia para cada uno de los valores, para ello se empleó la fórmula a continuación:

$$\%P = f * 100$$

Ecuación 5: Probabilidad de ocurrencia

Fuente: (Coral, 2013)

Los valores obtenidos fueron la base para determinar la ecuación de la recta, siendo (X) la probabilidad de ocurrencia y (Y) la variable a analizar, en este caso los RSO.

La fórmula que se empleó fue la siguiente:

$$Y = b + mx$$

Ecuación 6: Ecuación de la recta

Fuente: (Coral, 2013)

Donde:

b = los valores de la variable analizada (RSO)

m = pendiente (-0,24)

x = probabilidad de ocurrencia

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Usando la anterior ecuación, fue posible calcular los valores persistentes en función de los valores experimentales. Se calculó la probabilidad de ocurrencia para el 25%, 50%, 75% y 90%.

La información relativa al método estadístico de Hanssen, tanto las tablas con los resultados de los cálculos, como los gráficos se encuentran en el apartado de resultados.

Resultados

Categorización de los residuos solidos

Para la presente investigación, se obtuvo una muestra de 367 hogares los cuales fueron divididos en un periodo de 5 días (04 – 08 de diciembre del 2018), la metodología de recolección empleada fue a pie de vereda. La tabla 2 detalla los resultados obtenidos una vez concluido el periodo muestral.

Tabla 2: Resultados de la categorización de las muestras de RSU

Día	Categoría								Recolección diaria
	Orgánico		Papel higiénico		Plástico, papel, cartón, vidrio		Textiles		
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	
4-dic	208,60	55,3	45	11,9	113,6	30,1	10	2,7	377,3
5-dic	159,10	55,9	37,3	13,1	60,5	21,2	27,7	9,7	284,5
6-dic	158,60	51,9	35,9	11,8	94,5	31	16,4	5,4	305,5
7-dic	178,20	56,6	39,1	12,4	81,4	25,9	15,9	5,1	314,5
8-dic	175,50	59,6	33,6	11,4	70,9	24,1	14,5	4,9	294,5
Total por categoría	880,00	55,82	190,9	12,11	420,9	26,7	84,5	5,36	1576,4

Fuente: Propia

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Se pudo determinar que la parroquia El Vecino posee una tasa de generación de RSU promedio de 315,3kg/día. Siendo los RSO la categoría con mayor relevancia a nivel de producción con un 55,82% tal como lo demuestra la figura 1.

En la Ilustración 3 se puede visualizar el porcentaje de RSU por categoría obtenidos al final del muestreo.

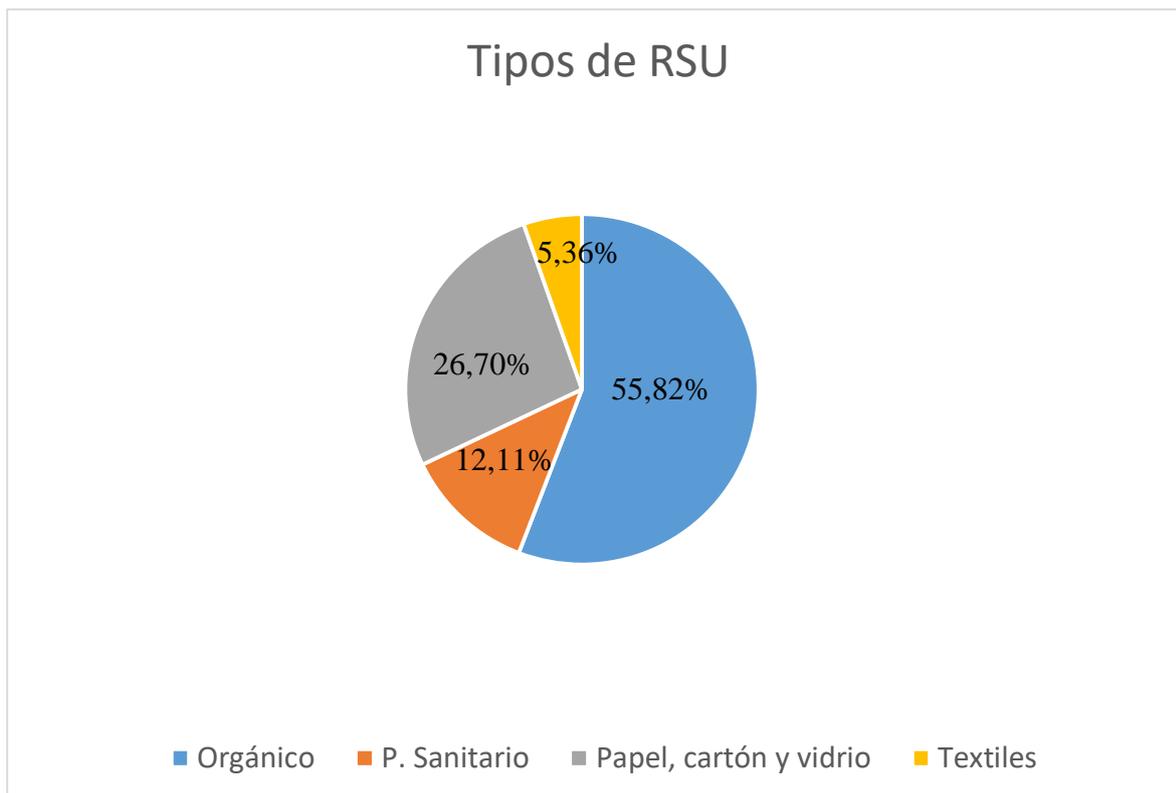


Ilustración 3: Porcentaje de RSU por categoría en la parroquia El Vecino

Fuente: Propia

Cálculo del porcentaje de carbono

En la Tabla 3, se detalla los valores correspondientes a las 10 muestras tomadas el peso antes de dar inicio a la fase de laboratorio, en donde se extrajo la humedad contenida usando una estufa y posteriormente su peso después de ser calcinadas empleando una mufla.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Tabla 3: Peso de la materia orgánica, muestra seca y muestra calcinada.

Muestra #	g M. Orgánica	g M. Seca	g M. Calcinada
1	109,37	33,14	7,77
2	109,54	30,48	7,19
3	104,66	28,76	6,30
4	114,80	32,76	6,20
5	104,43	31,70	7,19
6	108,24	30,71	6,93
7	113,71	32,20	6,40
8	120,95	35,15	6,93
9	105,05	30,07	6,79
10	123,95	35,48	10,08

Fuente: Propia

Una vez obtenidos los valores como peso de la muestra, muestra seca y muestra calcinada, los mismos que sirvieron de base para el cálculo posterior de CO₂ y CH₄. Se usaron los valores correspondientes a la muestra #1, como ejemplo del método aplicado en el procesamiento de la información, sin embargo, la información relacionada a las muestras restantes ha sido adjuntada como anexos dentro de la presente investigación.

Para la obtención del porcentaje de carbono correspondiente a cada muestra, se ha empleado la ecuación # 2 detallada con anterioridad y del resultado de la misma el 60% corresponde a CO₂. (Greenpeace España, 2009) A continuación, se muestra el cálculo:

$$\% C = \frac{(33,14 - 7,77)}{33,14} * 100 = 76,55 * 60\% = 45,93 \%C$$

Calculo 2: Porcentaje de CO₂ de la muestra #1

Fuente: Propia

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

En la tabla 4 se detallan los valores correspondientes al carbono obtenido para cada una de las muestras.

Tabla 4: Porcentaje de carbono obtenido de las muestras

Muestra #	g M. Orgánica	g M. Seca	g M. Calcinada	% CO ₂
1	109,37	33,14	7,77	45,93
2	109,54	30,48	7,19	45,85
3	104,66	28,76	6,30	46,86
4	114,80	32,76	6,20	48,64
5	104,43	31,70	7,19	46,39
6	108,24	30,71	6,93	46,46
7	113,71	32,20	6,40	48,07
8	120,95	35,15	6,93	48,17
9	105,05	30,07	6,79	46,45
10	123,95	35,48	10,08	42,95

Fuente: Propia

Cálculo del metano a partir del porcentaje de carbono de cada muestra

Se usaron los valores del carbono obtenido para cada muestra, y se procedió a realizar un balance estequiométrico entre productos y reactantes de la reacción que produce de manera natural el metano, como se detalló en la ecuación 3, la misma expresa que una mol de carbono produce una mol de metano.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Se procedió a establecer la relación entre el carbono obtenido para cada muestra y el metano que podría generar cada una de ellas, mediante el siguiente cálculo:

x g muestra	(Dato Previo) g C	1 mol C	1 mol CH ₄	16 g CH ₄	R= g CH ₄
	100 g muestra	12 g C	1 mol C	1 mol CH ₄	

Ecuación 7: Cálculo de gramos de metano a partir del dato de carbono de la muestra

Fuente: (Orellana, 2011)

La ecuación 4, fue aplicada a cada una de las muestras obtenidas y de manera posterior se transforman los datos obtenidos a unidades de CO₂ eq. Es necesario mencionar el aporte del CH₄ como GEI, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, ha establecido el potencial de calentamiento global (PCG) para los diferentes gases, considerando como base el CO₂, de esta forma se determinó que el PCG correspondiente al CH₄, tiene un efecto 21 veces superior como retenedor de calor. (Orellana, 2011)

Por lo tanto, una vez obtenidos los datos relacionados al metano para cada muestra, se procedió a multiplicar dicho valor por su PCG, en este caso 21. Teniendo así:

$$g CO_2 eq = 33,14 * \frac{45,93g C}{109,37g muestra} * \frac{1 mol C}{12g C} * \frac{1 mol CH_4}{1 mol C} * \frac{16g CH_4}{1 mol CH_4} = 18,56g CH_4 * 21(PCG) \frac{g CO_2 eq}{g CH_4}$$

$$= 389,70$$

Calculo 3: CO₂ de la muestra #1

Fuente: Propia

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Los resultados de metano para las muestras se detallan a continuación

Tabla 5: Metano obtenido en base al carbono de cada muestra

Muestra #	g M. Orgánica	g M. Seca	g M. Calcinada	% CO2	g CO2 eq
1	109,37	33,14	7,77	45,93	389,70
2	109,54	30,48	7,19	45,85	357,20
3	104,66	28,76	6,30	46,86	360,53
4	114,80	32,76	6,20	48,64	388,68
5	104,43	31,70	7,19	46,39	394,30
6	108,24	30,71	6,93	46,46	369,09
7	113,71	32,20	6,40	48,07	381,18
8	120,95	35,15	6,93	48,17	391,98
9	105,05	30,07	6,79	46,45	372,30
10	123,95	35,48	10,08	42,95	344,27

Fuente: Propia

Metano generado en la parroquia El Vecino

Una vez obtenido el CO₂ eq para para muestra, se realizó la ponderación de las muestras con respecto a la generación diaria de CO₂ eq para la parroquia El Vecino, mediante la siguiente formula:

$$CO_2 \text{ eq El Vecino} = \frac{\text{Dato de generación (g/día) lugar de estudio} * g CO_2 \text{ eq c/muestra}}{g \text{ muestra seca}}$$

Ecuación 8: Ponderación de las muestras en relación a la generación de RSO en la parroquia El Vecino

Fuente: (Orellana, 2011)

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

$$CO_2 \text{ eq El Vecino} = \frac{880000 \frac{g}{\text{día}} \text{ generados El Vecino} * 389,7 \text{ g } CO_2 \text{ eq}}{33,14 \text{ g muestra seca}} = 10348126 \text{ g } CO_2 \frac{eq}{\text{día}}$$

$$= 10,35t \text{ } CO_2 \frac{eq}{\text{día}}$$

Calculo 4: Ponderación del CO2 eq de la muestra #1 para la parroquia El Vecino

Fuente: Propia

Con el propósito de obtener una muestra puntual respecto a la generación de CO₂ eq/día, se promedió las muestras obtenidas.

Tabla 6: Promedio de CO₂ eq/día producido en la parroquia El Vecino

Muestra #	Generación ponderada El Vecino (g CO ₂ eq/día)	Generación ponderada El Vecino (t CO ₂ eq/día)
1	10348126	10,35
2	10312732	10,31
3	11031437	11,03
4	10440811	10,44
5	10945881	10,95
6	10576359	10,58
7	10417347	10,42
8	9813361	9,81
9	10895457	10,90
10	8538774	8,54
Total	10332028,58	10,33

Fuente: Propia

De esta forma se puede calcular el valor promedio de generación para la parroquia El Vecino, que es de 10,33t CO₂ eq/día.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Metano generado en el Cantón Cuenca

Tomando como base la información descrita, se ha usado el valor más alto de generación de RSU, es decir, 500 toneladas/día, de dicho valor se ha obtenido el 50% correspondiente a los RSO, teniendo así un valor de 250 toneladas/día. A continuación, se procedió a realizar la ponderación de las muestras con respecto a la generación diaria de CO₂ eq para el Cantón Cuenca, para ello se empleó la misma fórmula que en el caso anterior.

$$CO_2 \text{ eq Cuenca} = \frac{\text{Dato de generación (g/día) lugar de estudio} * g CO_2 \text{ eq muestra seca}}{g \text{ muestra seca}}$$
$$CO_2 \text{ eq Cuenca} = \frac{250000000 \frac{g}{\text{día}} \text{ generados Cuenca} * 389,7 g CO_2 \text{ eq}}{33,14 g \text{ muestra seca}} = 2939808501 g CO_2 \frac{eq}{\text{día}}$$
$$= 2939,81t CO_2 \frac{eq}{\text{día}}$$

Calculo 5: Ponderación del CO₂ eq de la muestra #1 para el Cantón Cuenca

Fuente: Propia

Al igual que en el caso anterior, con el fin de obtener un valor puntual del CO₂ eq/ para el Cantón Cuenca, fue necesario realizar un promedio de los valores obtenidos para las 10 muestras realizadas, como se describe en la tabla 5.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Tabla 7: Promedio de CO₂ eq/día producido en el Cantón Cuenca.

Muestra #	Generación ponderada CUE (g CO ₂ eq/día)	Generación ponderada CUE (t CO ₂ eq/día)
1	2939808501	2939,81
2	2929753486	2929,75
3	3133930999	3133,93
4	2966139552	2966,14
5	3109625303	3109,63
6	3004647583	3004,65
7	2959473565	2959,47
8	2787886557	2787,89
9	3095300241	3095,30
10	2425788120	2425,79
Total	2935235391	2935,24

Fuente: Propia

Se obtuvo una generación promedio de 2935,24t CO₂ eq/día para el Cantón Cuenca.

Tabla global de parámetros calculados

La tabla 8, detalla la información global sobre los diferentes parámetros analizados para cada una de las 10 muestras.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Tabla 8: Resultados globales obtenidos a partir de las muestras de RSO

Muestra #	M. Orgánica	M. Seca	M. Calcinada	% CO ₂	g CH ₄	CO ₂ eq	Generación ponderada El Vecino (g CO ₂ eq/día)	Generación ponderada El Vecino (t CO ₂ eq/día)	Generación ponderada CUE (g CO ₂ eq/día)	Generación ponderada CUE (t CO ₂ eq/día)
1	109,37	33,14	7,77	45,93	18,56	389,70	10348126	10,35	2939808501	2939,81
2	109,54	30,48	7,19	45,85	17,01	357,20	10312732	10,31	2929753486	2929,75
3	104,66	28,76	6,30	46,86	17,17	360,53	11031437	11,03	3133930999	3133,93
4	114,80	32,76	6,20	48,64	18,51	388,68	10440811	10,44	2966139552	2966,14
5	104,43	31,70	7,19	46,39	18,78	394,30	10945881	10,95	3109625303	3109,63
6	108,24	30,71	6,93	46,46	17,58	369,09	10576359	10,58	3004647583	3004,65
7	113,71	32,20	6,40	48,07	18,15	381,18	10417347	10,42	2959473565	2959,47
8	120,95	35,15	6,93	48,17	18,67	391,98	9813361	9,81	2787886557	2787,89
9	105,05	30,07	6,79	46,45	17,73	372,30	10895457	10,90	3095300241	3095,30
10	123,95	35,48	10,08	42,95	16,39	344,27	8538774	8,54	2425788120	2425,79

Fuente: Propia

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Metano producido a nivel país

Como valor agregado a la presente investigación, se elaboró una comparación del aporte de t CO₂ eq en Cuenca versus la producción a nivel país, con el fin de estimar el volumen de gas aportado por dicho Cantón en la producción nacional. Para ello se consideraron los siguientes datos:

- Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) al 13 de octubre del 2018, el Ecuador cuenta con una población 17 096 789, dicha población genera un promedio de 0,58kg/día (estadísticas de los municipios en el 2016). (El Comercio, 2018)
- Para estimar un valor exacto de generación de RSU en el país se realizó lo siguiente

$$17\ 096\ 789 \text{ (Población)} \times 0,58 \text{ (g generados de RSU/día a nivel país)} = 9916137620\text{g}$$
$$9916.14\text{t}$$

Se debe considerar el valor obtenido de la generación a nivel país de RSU, posterior a esto se tomó el valor en gramos y se calculó el 50% que corresponde al porcentaje RSO dando como resultado 4958068810g (4958.07t) RSO/día.

- De las muestras obtenidas se realizó un promedio de los gramos de muestra seca y CO₂ eq, con el fin de obtener datos puntuales de dichos valores, los resultados se muestran en la tabla 9.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Tabla 9: Promedio de muestra seca y CO₂ eq

Muestra #	M. Seca	CO ₂ eq
1	33,14	389,70
2	30,48	357,20
3	28,76	360,53
4	32,76	388,68
5	31,70	394,30
6	30,71	369,09
7	32,20	381,18
8	35,15	391,98
9	30,07	372,30
10	35,48	344,27
Promedio	32,05	374,92

Fuente: Propia

- Con la información detallada con anterioridad se obtuvo el valor de CO₂ eq/ a nivel país, como se muestra en el cálculo 5.

$$CO_2 \text{ eq Ecuador} = \frac{4958068810 \frac{g}{\text{día}} \text{ generados Ecuador} * 379,92 \text{ g } CO_2 \text{ eq}}{32,05 \text{ g muestra seca}} = 57999349711 \text{ g } CO_2 \frac{eq}{\text{día}}$$

$$= 57999,30 \text{ t } CO_2 \frac{eq}{\text{día}}$$

Cálculo 6: Ponderación del CO₂ eq del promedio de las muestras para el Ecuador

Fuente: Propia

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Tratamiento estadístico de Hanssen

Empleando el método estadístico de Hanssen a cada una de las muestras, se obtuvieron los datos detallados a continuación:

Tabla 10: Método estadístico de Hanssen

N	F	%P	RSO	M. Calculada
1	0,09090909	9,09	123,95	121,80
2	0,18181818	18,18	120,95	116,65
3	0,27272727	27,27	114,8	108,34
4	0,36363636	36,36	113,71	105,10
5	0,45454545	45,45	109,54	98,78
6	0,54545455	54,55	109,37	96,46
7	0,63636364	63,64	108,24	93,18
8	0,72727273	72,73	105,05	87,84
9	0,81818182	81,82	104,66	85,29
10	0,90909091	90,91	104,43	82,91

Fuente: Propia

Tomando como base la tabla anterior, se determinó la probabilidad de ocurrencia para los siguientes valores:

Tabla 11: Probabilidad de ocurrencia para las muestras de RSO

%P	M. RSO Calculada
25%	149,46
50%	99,64
75%	49,82
90%	19,96

Fuente: Propia

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Con el fin de establecer los valores persistentes, se consideraron las probabilidades entre el 25 al 75 %, es decir, los valores tienen una variabilidad entre 49,82 – 149,46g RSO.

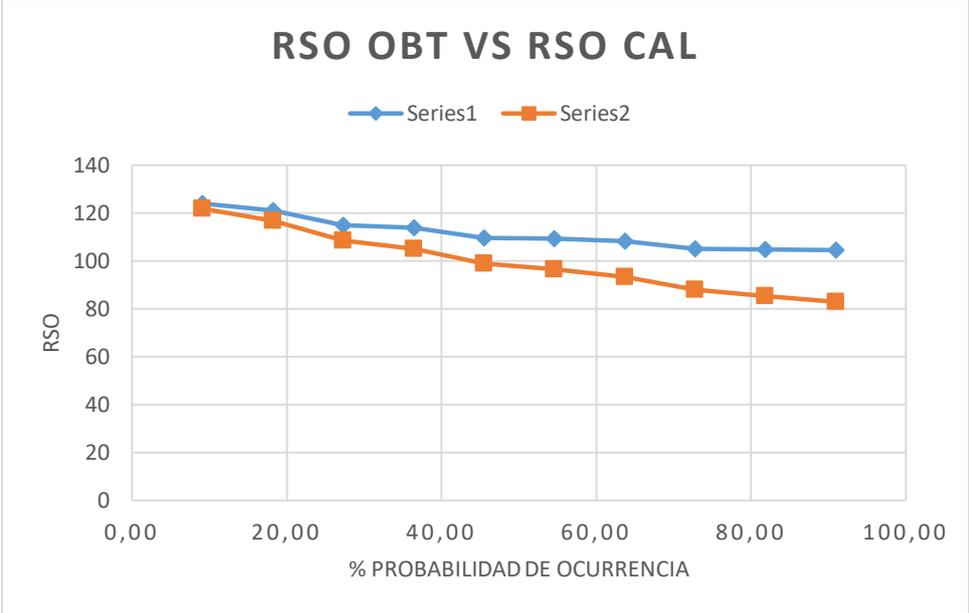


Ilustración 4: Diagrama de Hanssen - Probabilidad de Ocurrencia

Fuente: Propia

Los valores calculados, evidencian una tendencia inferior a los valores muestreados, lo que respalda las iniciativas del gobierno local en pro de reducir la generación de RSU.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Discusión

La producción de residuos orgánicos en el área de estudio sigue una tendencia claramente marcada que se refleja en los índices locales y nacionales, en los cuales, se atribuye un valor igual o superior al 50% del total de RSU. (Jaramillo et al., 2008) Este hecho se encuentra respaldado por el INEC el cual manifiesta que la producción per cápita en zonas urbanas asciende a una cifra del 0,58kg/día por habitante, siendo la mitad de sus desechos materia orgánica.

Pese a los intentos de entidades administrativas en post de reducir el nivel de emisiones de GEI, como reiteradas veces se ha propuesto mediante la firma de convenios internacionales (Sánchez Pérez, n.d.), no existen investigaciones serias que den luz sobre un aspecto crítico como este y permitan el elaborar una estimación real de la contaminación producida por RSU. (Orellana, 2011)

Actualmente ciertos gobiernos locales (Quito y Cuenca), se han planteado como meta el aprovechamiento del metano contenido en sitios de disposición final para la generación de energía verde como una alternativa para la reducción de emisiones a la atmosfera y a su vez dar un segundo uso a sitios que se creían “inservibles” (Holgín, 2017). Pese a que este tipo de iniciativas contribuyen de cierta forma a la reducción de emisiones, no constituyen una solución real, ejemplo de ello son los altos índices de generación de RSO, tan solo para Cuenca (250t/día), esta cifra que se traduce en una producción diaria de 2935,24t CO₂ eq/día. Por lo tanto, el principal aspecto a controlar, no es la producción de metano, sino la disminución de RSU.

La investigación abarca hasta la ponderación del metano producido por los residuos sólidos en el Cantón Cuenca, por lo tanto, se considera como un aporte adicional la generación de este gas a nivel de nacional y su comparación con los datos previamente obtenidos para el área de investigación y a nivel cantonal.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Conclusiones

Una vez desarrollada la fase de muestreo, concluidas las pruebas de laboratorio y analizados los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

- La metodología aplicada en la presente investigación, se considera el procedimiento apto para determinar el potencial de generación de metano a partir de los RSU obtenidos en la parroquia El Vecino. Se ha llegado a esta conclusión usando pruebas de laboratorio con bajos niveles de error, así como la revisión de material bibliográfico.
- A partir de las muestras obtenidas, se estableció el promedio de generación de RSU para la parroquia El Vecino, dando como resultado 315,3kg/día, siendo un valor inapreciable en comparación con la producción cantonal (500t).
- Al final de proceso de categorización, se demostró que el mayor RSU presente en la parroquia El Vecino, está conformado por materia orgánica en un 55%, dicho valor guarda estrecha relación con artículos publicados por medios de comunicación en los cuales se manifiesta que a nivel cantonal y nacional el porcentaje de RSO es igual o superior al 50% del total de RSU.
- El porcentaje de carbono obtenido para cada una de las muestras no guarda una relación directa con el peso de las mismas, sino con el tipo de RSO, esto se demostró al tener muestras con un volumen mayor, pero con un contenido de carbono menor al de muestras con un peso inferior.
- Pese a que el Cantón Cuenca posee un índice de clasificación de RSU del 43,15% (Cáseres, 2018), considerado uno de los más altos del país, durante el proceso de toma de muestras y categorización de los residuos, se pudo evidenciar que dicha cifra difiere ampliamente de la realidad.
- El área de estudio genera 10,33t CO₂ eq/día, cifra que representa el 0,35% de la generación diaria de metano en el Cantón Cuenca.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

- Recalcando los valores obtenidos, concluye que se cumple con la hipótesis planteada, pues el área de estudio aporta con una cifra menor al 10% de la producción cantonal.
- Por otro lado, el valor de CO₂ eq generado en el cantón, asciende a una cifra de 2935,84t/día, es decir, el 5,06% de la producción nacional de metano por RSO (57999,30t CO₂ eq/día).
- Los datos de la presente investigación, se obtuvieron mediante análisis de laboratorio diferentes al proceso de descomposición natural de los RSO en un sitio de disposición final, es por ello, que los datos obtenidos constituyen una aproximación potencial del proceso de generación de CO₂.
- Mediante el método de Hanssen, se estableció la persistencia de las muestras en un rango entre el 25 y 75% (49,82 – 149,46g RSO), además, como se observó en la gráfica, el valor para la masa de residuos calculada es inferior al de las muestras tomadas, lo que implica que a futuro el control realizado por los diferentes organismos que gestores de RSU y la ciudadanía, reguló de cierta manera la producción de los mismos.

Recomendaciones

- Con el fin de dar continuidad a la presente investigación, se recomienda ampliar la búsqueda de metodologías aplicables a la gestión de RSU y de esta forma corroborar la información detallada en el presente documento.
- Se recomienda ampliar la recolección de RSO en la BioEmac, organismo local encargado de realizar el trueque ambiental de materia orgánica por compost, pues cuentan con dos estaciones y una de ellas con una capacidad limitada para el almacenamiento de residuos.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

- Se recomienda a los organismos de regulación tanto locales como nacionales, el desarrollo de investigaciones y estudios en torno a los RSU y su potencial para la generación de GEI con el fin de favorecer los procesos de gestión y reducir la producción de los mismos.
- En pro de cumplir con los acuerdos internacionales para la reducción de GEI a los cuales se encuentra suscrito el país (Acuerdo de París), se deberían aplicar planes de desarrollo urbanístico con miras a la reducción de RSU en especial los orgánicos por su poder para generar dichos gases.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Bibliografía

- Alejandro Fernández Colomina. (2005). *LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE LOCAL*. *Revista Cubana de Química* (Vol. XVII). Dirección de Información Científico-Técnica, Universidad de Oriente. Retrieved from <https://www.redalyc.org/html/4435/443543687013/>
- Arteaga, A., & Cabrera, M. (2014). *Manual de ordenanzas de la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca*. Cuenca. Retrieved from <https://www.emac.gob.ec/sites/default/files/Manual ordenanzas EMAC.pdf>
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi. Retrieved from <https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec030es.pdf>
- Baethgen, W. E., & Martino, D. L. (2007). *Cambio Climático, Gases de Efecto Invernadero e Implicancias en los Sectores Agropecuario y Forestal del Uruguay*. Retrieved from <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/pol/2002/informe-7.pdf>
- Cáseres, D. (2018). En Cuenca falta mayor reciclaje. Retrieved January 25, 2019, from <https://www.eltiempo.com.ec/noticias/cuenca/2/cuenca-falta-reciclaje>
- CEPIS. (1983). Método sencillo del análisis de residuos sólidos. Retrieved December 3, 2018, from <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>
- Coral, K. (2013). Evaluación y control de la contaminación de aguas residuales, 1–69.
- Del Val, Al. (1996). Tratamiento de los residuos sólidos urbanos, 19–47.
- El Comercio. (2018). La población de Ecuador superó los 17 millones de habitantes. Retrieved January 22, 2019, from <https://www.elcomercio.com/actualidad/poblacion-ecuador-supera-millones-habitantes.html>
- Función Ejecutiva. (2018). *CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN, COOTAD*. Quito. Retrieved from www.lexis.com.ec

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

- Gábor, K., & Guillermo, A. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta Ecológica*, 79, 39–51. Retrieved from <http://estudiosterritoriales.org/resumen.oa?id=53907903>
- Greenpeace España. (2009). *Incineración de residuos: Malos humos para el clima*. Madrid. Retrieved from <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/costas/091124-02.pdf>
- Holgín, J. C. (2017). Biogás, alternativa energética para cuidar el ambiente. Retrieved January 25, 2019, from <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/702/51/biogas-alternativa-energetica-para-cuidar-el-ambiente>
- Jaramillo, G., Liliana, H., & Zapata Márquez, M. (2008). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA*. Antioquia. Retrieved from <http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>
- Lucero, J. (2014). Mapa de las Parroquias Urbanas de Cuenca. Retrieved January 12, 2019, from <https://es.slideshare.net/JuAnJoShL/mapa-de-las-parroquias-urbanas-de-cuenca>
- Ministerio del Ambiente. (2016). Ecuador suscribe Acuerdo de París sobre cambio climático | Ministerio del Ambiente. Retrieved October 26, 2018, from <http://www.ambiente.gob.ec/ecuador-suscribe-acuerdo-de-paris-sobre-cambio-climatico/>
- Orellana, D. (2011). Universidad Internacional Sek, 116. Retrieved from http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf?origin=publication_detail%5Cnhttp://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=JpAzAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=Universidad+internacional+sek&ots=b1fiWfTN1M&sig=1ApNXkS4mgpAW0EIY
- Presidencia de la República. (2017a). *Código Orgánico del Ambiente*. Quito . Retrieved from www.lexis.com.ec
- Presidencia de la República. (2017b). *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN*

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE. Quito. Retrieved from www.lexis.com.ec

Sánchez Pérez, G. (n.d.). *Desarrollo y medio ambiente: una mirada a Colombia*. Retrieved from <http://www.ceppia.com.co/Documentos-tematicos/MEDIO-AMBIENTE/politica-ambiental.pdf>

Solorzano-Ochoa, G. (2003). Aportación de gases de efecto invernadero por el manejo de residuos sólidos en México : el caso del metano. *Gaceta Ecológica*, (66), 7–15.

Sotelo, C., Eugenia, S., & Benítez, S. (2013). Gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 7–8.

Tamayo, W. (2012). *Residuos sólidos*. Antioquia.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Anexos

Tanto las fotografías como los cálculos fueron elaborados por Tania Paola García Ortiz.

Anexo A– Fotografías del proceso de muestreo y categorización



Recolección de los RSU



Clasificación de los RSU



Pesaje por categoría



Cuarqueo de los RSO metodología del Dr. Kunitoshi Sakurai

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Anexo B – Fotografías de los equipos de laboratorio empleados



Trituradora



Balanza analítica



Crisoles para las muestras



Estufa

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.



Desecador



Mufla

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Anexo C - Calculo del porcentaje de carbono

Cálculo del CO₂ – Muestra 1

$$\% C = \frac{(33,14 - 7,77)}{33,14} * 100 = 76,55 * 60\% = 45,93 \%C$$

Cálculo del CO₂ – Muestra 2

$$\% C = \frac{(30,48 - 7,19)}{30,48} * 100 = 76,41 * 60\% = 45,85 \%C$$

Cálculo del CO₂ – Muestra 3

$$\% C = \frac{(28,76 - 6,30)}{28,76} * 100 = 78,09 * 60\% = 46,86 \%C$$

Cálculo del CO₂ – Muestra 4

$$\% C = \frac{(32,76 - 6,20)}{32,76} * 100 = 81,07 * 60\% = 48,64 \%C$$

Cálculo del CO₂ – Muestra 5

$$\% C = \frac{(31,70 - 7,19)}{31,70} * 100 = 77,32 * 60\% = 46,39 \%C$$

Cálculo del CO₂ – Muestra 6

$$\% C = \frac{(30,71 - 6,93)}{30,71} * 100 = 77,43 * 60\% = 46,46 \%C$$

Cálculo del CO₂ – Muestra 7

$$\% C = \frac{(32,20 - 6,40)}{32,20} * 100 = 80,12 * 60\% = 48,07 \%C$$

Cálculo del CO₂ – Muestra 8

$$\% C = \frac{(35,15 - 6,93)}{35,15} * 100 = 80,28 * 60\% = 48,17 \%C$$

Cálculo del CO₂ – Muestra 9

$$\% C = \frac{(30,07 - 6,79)}{30,07} * 100 = 77,42 * 60\% = 46,45 \%C$$

Cálculo del CO₂ – Muestra 10

$$\% C = \frac{(35,48 - 10,01)}{35,48} * 100 = 71,59 * 60\% = 42,95 \%C$$

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Anexo D – Cálculo del metano obtenido a partir del carbono de las muestras

CO₂ eq – muestra 1

$$g CO_2 eq = 33,14 * \frac{45,93g C}{109,37g muestra} * \frac{1 mol C}{12g C} * \frac{1 mol CH_4}{1 mol C} * \frac{16g CH_4}{1 mol CH_4} = 18,56g CH_4 * 21(PCG) \frac{g CO_2 eq}{g CH_4}$$
$$= 389,70$$

CO₂ eq – muestra 2

$$g CO_2 eq = 30,48 * \frac{45,85g C}{109,54g muestra} * \frac{1 mol C}{12g C} * \frac{1 mol CH_4}{1 mol C} * \frac{16g CH_4}{1 mol CH_4} = 17,01g CH_4 * 21(PCG) \frac{g CO_2 eq}{g CH_4}$$
$$= 357,20$$

CO₂ eq – muestra 3

$$g CO_2 eq = 28,76 * \frac{46,86g C}{104,66g muestra} * \frac{1 mol C}{12g C} * \frac{1 mol CH_4}{1 mol C} * \frac{16g CH_4}{1 mol CH_4} = 17,17g CH_4 * 21(PCG) \frac{g CO_2 eq}{g CH_4}$$
$$= 360,50$$

CO₂ eq – muestra 4

$$g CO_2 eq = 32,76 * \frac{48,64g C}{114,80g muestra} * \frac{1 mol C}{12g C} * \frac{1 mol CH_4}{1 mol C} * \frac{16g CH_4}{1 mol CH_4} = 18,51g CH_4 * 21(PCG) \frac{g CO_2 eq}{g CH_4}$$
$$= 388,60$$

CO₂ eq – muestra 5

$$g CO_2 eq = 31,70 * \frac{46,39g}{104,43g muestra} * \frac{1 mol C}{12g C} * \frac{1 mol CH_4}{1 mol C} * \frac{16g CH_4}{1 mol CH_4} = 18,78g CH_4 * 21(PCG) \frac{g CO_2 eq}{g CH_4}$$
$$= 394,30$$

CO₂ eq – muestra 6

$$g CO_2 eq = 30,71 * \frac{46,46g}{108,24g muestra} * \frac{1 mol C}{12g C} * \frac{1 mol CH_4}{1 mol C} * \frac{16g CH_4}{1 mol CH_4} = 17,58g CH_4 * 21(PCG) \frac{g CO_2 eq}{g CH_4}$$
$$= 369,00$$

CO₂ eq – muestra 7

$$g CO_2 eq = 32,20 * \frac{48,07g}{113,71g muestra} * \frac{1 mol C}{12g C} * \frac{1 mol CH_4}{1 mol C} * \frac{16g CH_4}{1 mol CH_4} = 18,15g CH_4 * 21(PCG) \frac{g CO_2 eq}{g CH_4}$$
$$= 381,10$$

CO₂ eq – muestra 8

$$g CO_2 eq = 35,15 * \frac{48,17g}{120,95g muestra} * \frac{1 mol C}{12g C} * \frac{1 mol CH_4}{1 mol C} * \frac{16g CH_4}{1 mol CH_4} = 18,67g CH_4 * 21(PCG) \frac{g CO_2 eq}{g CH_4}$$
$$= 391,90$$

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

CO₂ eq – muestra 9

$$g CO_2 eq = 30,07 * \frac{46,45g}{105,05g muestra} * \frac{1 mol C}{12g C} * \frac{1 mol CH_4}{1 mol C} * \frac{16g CH_4}{1 mol CH_4} = 17,73g CH_4 * 21(PCG) \frac{g CO_2 eq}{g CH_4}$$
$$= 372,30$$

CO₂ eq – muestra 10

$$g CO_2 eq = 35,48 * \frac{42,95g}{123,95g muestra} * \frac{1 mol C}{12g C} * \frac{1 mol CH_4}{1 mol C} * \frac{16g CH_4}{1 mol CH_4} = 16,39g CH_4 * 21(PCG) \frac{g CO_2 eq}{g CH_4}$$
$$= 344,20$$

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Anexo E - Ponderación de las muestras en relación a la generación de RSO en la parroquia El Vecino

Muestra 1

$$\begin{aligned} CO_2 \text{ eq El Vecino} &= \frac{880000 \frac{g}{\text{día}} \text{ generados El Vecino} * 389,7 \text{ g } CO_2 \text{ eq}}{33,14 \text{ g muestra seca}} = 10348126 \text{ g } CO_2 \frac{eq}{\text{día}} \\ &= 10,35t \text{ } CO_2 \frac{eq}{\text{día}} \end{aligned}$$

Muestra 2

$$\begin{aligned} CO_2 \text{ eq El Vecino} &= \frac{880000 \frac{g}{\text{día}} \text{ generados El Vecino} * 357,20 \text{ g } CO_2 \text{ eq}}{30,48 \text{ g muestra seca}} = 10312732 \text{ g } CO_2 \frac{eq}{\text{día}} \\ &= 10,31t \text{ } CO_2 \frac{eq}{\text{día}} \end{aligned}$$

Muestra 3

$$\begin{aligned} CO_2 \text{ eq El Vecino} &= \frac{880000 \frac{g}{\text{día}} \text{ generados El Vecino} * 360,53 \text{ g } CO_2 \text{ eq}}{28,76 \text{ g muestra seca}} = 11031437 \text{ g } CO_2 \frac{eq}{\text{día}} \\ &= 11,03t \text{ } CO_2 \frac{eq}{\text{día}} \end{aligned}$$

Muestra 4

$$\begin{aligned} CO_2 \text{ eq El Vecino} &= \frac{880000 \frac{g}{\text{día}} \text{ generados El Vecino} * 388,68 \text{ g } CO_2 \text{ eq}}{32,76 \text{ g muestra seca}} = 10440811 \text{ g } CO_2 \frac{eq}{\text{día}} \\ &= 10,44t \text{ } CO_2 \frac{eq}{\text{día}} \end{aligned}$$

Muestra 5

$$\begin{aligned} CO_2 \text{ eq El Vecino} &= \frac{880000 \frac{g}{\text{día}} \text{ generados El Vecino} * 394,30 \text{ g } CO_2 \text{ eq}}{31,70 \text{ g muestra seca}} = 10945881 \text{ g } CO_2 \frac{eq}{\text{día}} \\ &= 10,95t \text{ } CO_2 \frac{eq}{\text{día}} \end{aligned}$$

Muestra 6

$$\begin{aligned} CO_2 \text{ eq El Vecino} &= \frac{880000 \frac{g}{\text{día}} \text{ generados El Vecino} * 369,09 \text{ g } CO_2 \text{ eq}}{30,71 \text{ g muestra seca}} = 10576359 \text{ g } CO_2 \frac{eq}{\text{día}} \\ &= 10,58t \text{ } CO_2 \frac{eq}{\text{día}} \end{aligned}$$

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LA PARROQUIA EL VECINO – CUENCA Y ESTIMACIÓN DEL METANO TEÓRICO GENERADO POR LOS MISMOS.

Muestra 7

$$\begin{aligned} CO_2 \text{ eq El Vecino} &= \frac{880000 \frac{g}{día} \text{ generados El Vecino} * 381,18 \text{ g } CO_2 \text{ eq}}{32,20 \text{ g muestra seca}} = 10417347 \text{ g } CO_2 \frac{eq}{día} \\ &= 10,42t \text{ } CO_2 \frac{eq}{día} \end{aligned}$$

Muestra 8

$$\begin{aligned} CO_2 \text{ eq El Vecino} &= \frac{880000 \frac{g}{día} \text{ generados El Vecino} * 391,98 \text{ g } CO_2 \text{ eq}}{35,15 \text{ g muestra seca}} = 9813361 \text{ g } CO_2 \frac{eq}{día} \\ &= 9,81t \text{ } CO_2 \frac{eq}{día} \end{aligned}$$

Muestra 9

$$\begin{aligned} CO_2 \text{ eq El Vecino} &= \frac{880000 \frac{g}{día} \text{ generados El Vecino} * 372,30 \text{ g } CO_2 \text{ eq}}{30,07 \text{ g muestra seca}} = 10895457 \text{ g } CO_2 \frac{eq}{día} \\ &= 10,9t \text{ } CO_2 \frac{eq}{día} \end{aligned}$$

Muestra 10

$$\begin{aligned} CO_2 \text{ eq El Vecino} &= \frac{880000 \frac{g}{día} \text{ generados El Vecino} * 344,27 \text{ g } CO_2 \text{ eq}}{35,48 \text{ g muestra seca}} = 8538774 \text{ g } CO_2 \frac{eq}{día} \\ &= 8,54t \text{ } CO_2 \frac{eq}{día} \end{aligned}$$