



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, 19 de febrero 2019

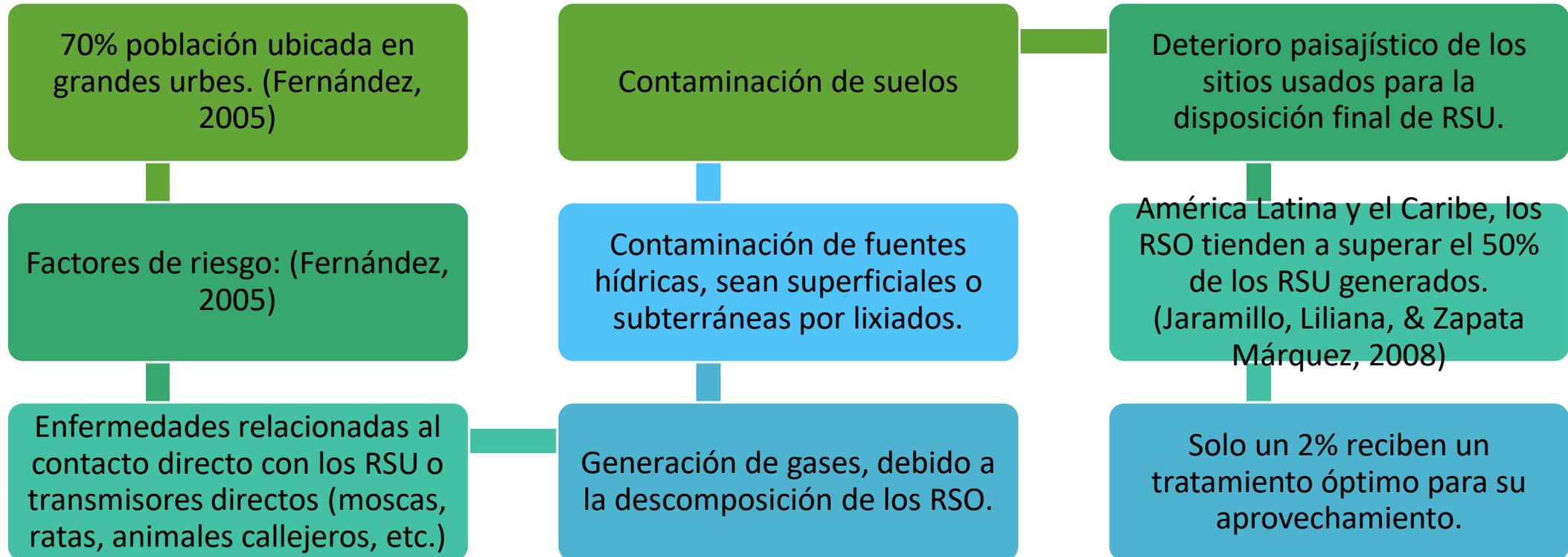


TEMA

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



PROBLEMÁTICA



OBJETIVO GENERAL



Categorizar los RSU y evaluar la generación de metano teórico en la parroquia el Vecino - Cuenca mediante un balance estequiométrico en función del carbono orgánico contenido en los RSO .

OBJETIVOS

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.

Determinar la concentración de CH_4 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.

Determinar el aporte de RSU y GEI de la parroquia el Vecino – Cuenca, al Relleno Sanitario de Pichacay.

HIPÓTESIS

La parroquia El Vecino – Cuenca, contribuye con una cantidad mínima, menor al 10% de RSU y CH_4 generados en el Relleno Sanitario de Pichachay.



RSU EN CUENCA

Recolecta
alrededor de
15.000 toneladas
de RSU/mes

115 corresponden
a residuos que
pueden ser
reutilizados.

Pichacay recibe
diariamente entre
490 – 500
toneladas/día RSU

Más del 50 por
ciento de residuos
que se desechan
son orgánicos.

Índice de
clasificación de
RSU del 43,15%

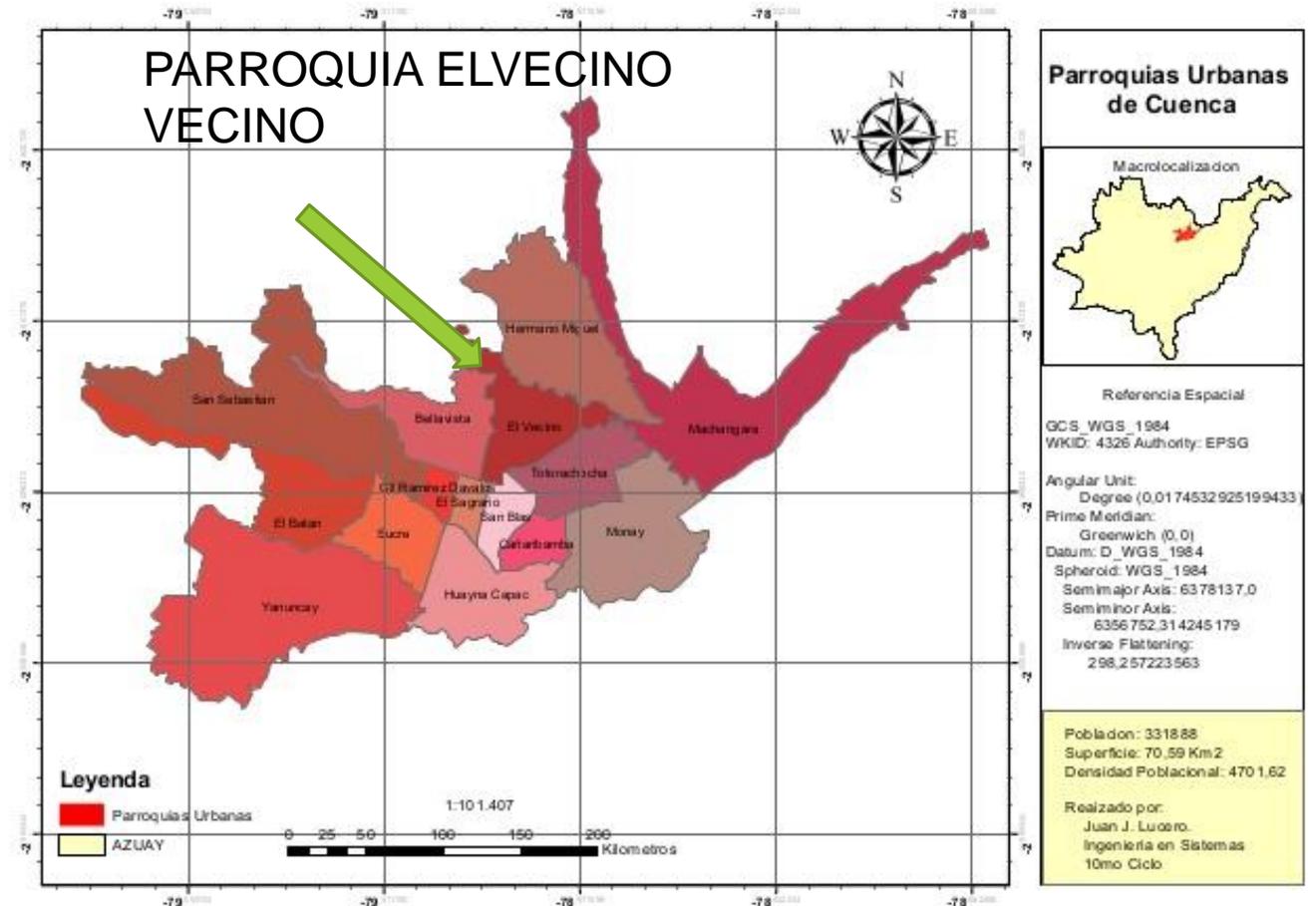
ÁREA DE ESTUDIO

Una de las 15 parroquias urbanas.

Ubicada en la zona norte del centro histórico

Superficie de 3,6 Km²

Población de 30 737 habitantes (9%)



ÁREA DE ESTUDIO – MUESTRA

Población total: 30.737

Hombres: 14.954

Mujeres: 15.783

Total hogares: 8145

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

Ecuación 1 Porcentaje de Carbono - Orellana (2011)

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

Muestra: 367 hogares



METODOLOGÍA



Para la toma de muestras, se consideró como metodología el Análisis de Residuos Sólidos desarrollado por el Dr. Kunitoshi Sakurai (Orellana, 2011), de la siguiente manera:

METODOLOGÍA



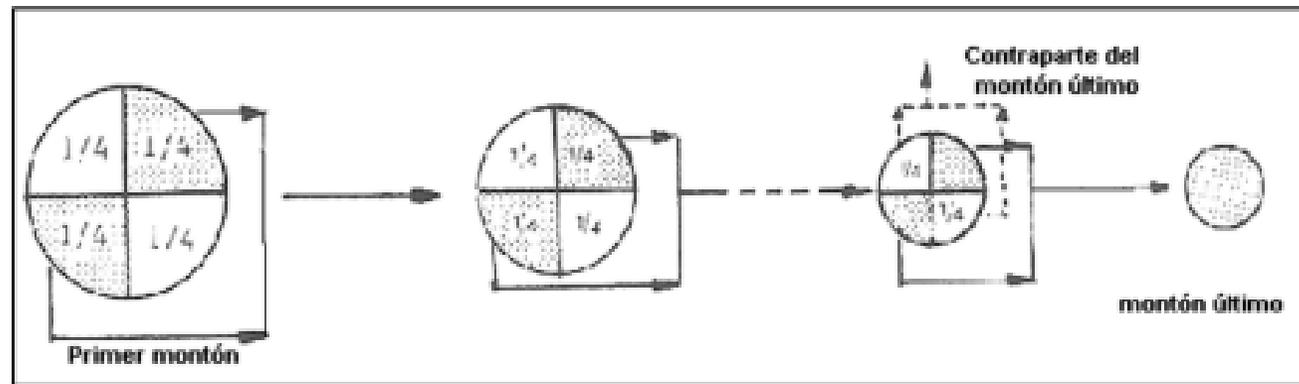
METODOLOGÍA



METODOLOGÍA

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

TÉCNICA DE MUESTREO DE RSU DEL DR. KUNITOSHI SAKURAI



METODOLOGÍA



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.

Los crisoles de 150mL, fueron pesados en una balanza analítica, antes y después de la colocación de las muestras en los mismos.

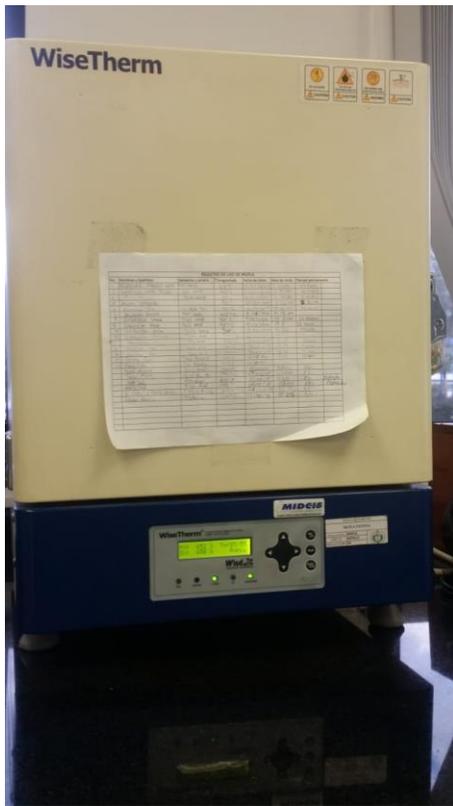


METODOLOGÍA

De forma inmediata, se colocó la muestra de RSO y sus respectivos crisoles en una estufa a 105° durante 24 horas, con el fin de eliminar la humedad de contenida en las muestras.



METODOLOGÍA



Una vez evaporada la humedad, se colocan las muestras secas a 650° durante 4 horas, volatizando de esta forma toda la materia orgánica compuesta de carbono.

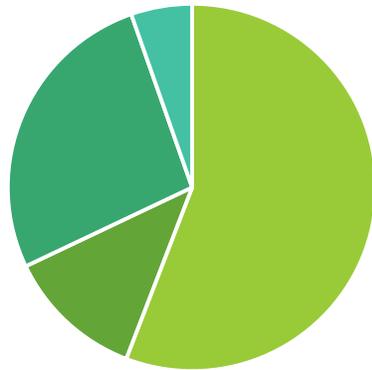


RESULTADOS CARACTERIZACIÓN

Día	Categoría				Total por día
	Orgánico	Papel higiénico	Plástico, papel, cartón, vidrio	Textiles	
	kg	kg	kg	kg	
4-dic	208,6	45,0	113,6	10	377,3
5-dic	159,1	37,3	60,5	27,7	284,5
6-dic	158,6	35,9	94,5	16,4	305,5
7-dic	178,2	39,1	81,4	15,9	314,5
8-dic	175,5	33,6	70,9	14,5	294,5
TOTAL	880,0	190,9	420,9	84,5	1576,4

RESULTADOS CARACTERIZACIÓN

Tipos de RSU



- ❖ 55,82% – Orgánicos
- ❖ 12,11% – Sanitarios
- ❖ 26,70% – Papel, cartón y vidrio
- ❖ 5,36% – Textiles

■ Orgánico ■ P. Sanitario ■ Papel, cartón y vidrio ■ Textiles

RESULTADOS - LOI

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

RESULTADOS – CÁLCULO DEL CARBONO

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

$$\%C = \frac{\text{Muestra seca (g)} - \text{Muestra calcinada (g)}}{\text{Muestra seca (g)}} \times 100 \quad \text{Ecuación 2 Porcentaje de Carbono}$$

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

Porcentaje de CO₂ de la muestra #1

Fuente: Propia

RESULTADOS – CÁLCULO METANO

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

El cálculo se obtiene a partir de la siguiente reacción



Ecuación 3 Formación de Metano a Partir del Carbono

RESULTADOS – CÁLCULO METANO

x g muestra	(Dato Previo) g C	1 mol C	1 mol CH4	16 g CH4	R= g CH4
	100 g muestra	12 g C	1 mol C	1 mol CH4	

Ecuación 4: Cálculo de gramos de metano a partir del dato de carbono de la muestra

$$g CO_2 eq = 33,14 * \frac{45,93g C}{109,37g muestra} * \frac{1 mol C}{12g C} * \frac{1 mol CH4}{1 mol C} * \frac{16g CH4}{1 mol CH4} = 18,56g CH4 * 21(PCG) \frac{g CO_2 eq}{g CH4} = 389,70$$

CO₂ de la muestra #1

Fuente: Propia

METANO POR 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

METANO 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:

$$CO_2 \text{ eq El Vecino} = \frac{\text{Dato de generación (g/día) lugar de estudio} * g \text{ CO}_2 \text{ eq c/muestra}}{g \text{ muestra seca}}$$

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

$$CO_2 \text{ eq El Vecino} = \frac{880000 \frac{g}{\text{día}} \text{ generados El Vecino} * 389,7 \text{ g CO}_2 \text{ eq}}{33,14 \text{ g muestra seca}} = 10348126 \text{ g CO}_2 \frac{eq}{\text{día}} = 10,35t \text{ CO}_2 \frac{eq}{\text{día}}$$

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

Fuente: Propia

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

Representa el 0,35% de la producción Cantonal de metano

METANO GENERADO EN EL CANTÓN CUENCA

$$CO_2 \text{ eq Cuenca} = \frac{\text{Dato de generación (g/día) lugar de estudio} * g \text{ CO}_2 \text{ eq muestra seca}}{g \text{ muestra seca}}$$

$$CO_2 \text{ eq Cuenca} = \frac{250000000 \frac{g}{\text{día}} \text{ generados Cuenca} * 389,7 \text{ g CO}_2 \text{ eq}}{33,14 \text{ g muestra seca}} = 2939808501 \text{ g CO}_2 \frac{\text{eq}}{\text{día}} = 2939,81 \text{ t CO}_2 \frac{\text{eq}}{\text{día}}$$

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

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

Representa el 5,06% de la producción nacional de metano

METANO PRODUCIDO EN ECUADOR

Muestra #	M. Seca	CO2 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

Población: 17 096 789 (INEC 2018)
 Produccion diaria: 0,58 kg RSU/hab
 50% organicos

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

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

Ponderación del CO2 eq del promedio de las muestras para el Ecuador

Promedio de muestra seca y CO₂ eq

Fuente: Propia

TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE HANSSSEN

Establecer una relación lineal con pendiente negativa entre la probabilidad de ocurrencia y el parámetro bajo control, en este caso la generación de RSO.

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

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

Ecuación 5: frecuencia de cada valor

$$\%P = f * 100$$

Ecuación 6: Probabilidad de ocurrencia

$$Y = b + mx$$

Ecuación 7: Ecuación de la recta

Pendiente: - 0,24

TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE HANSSSEN

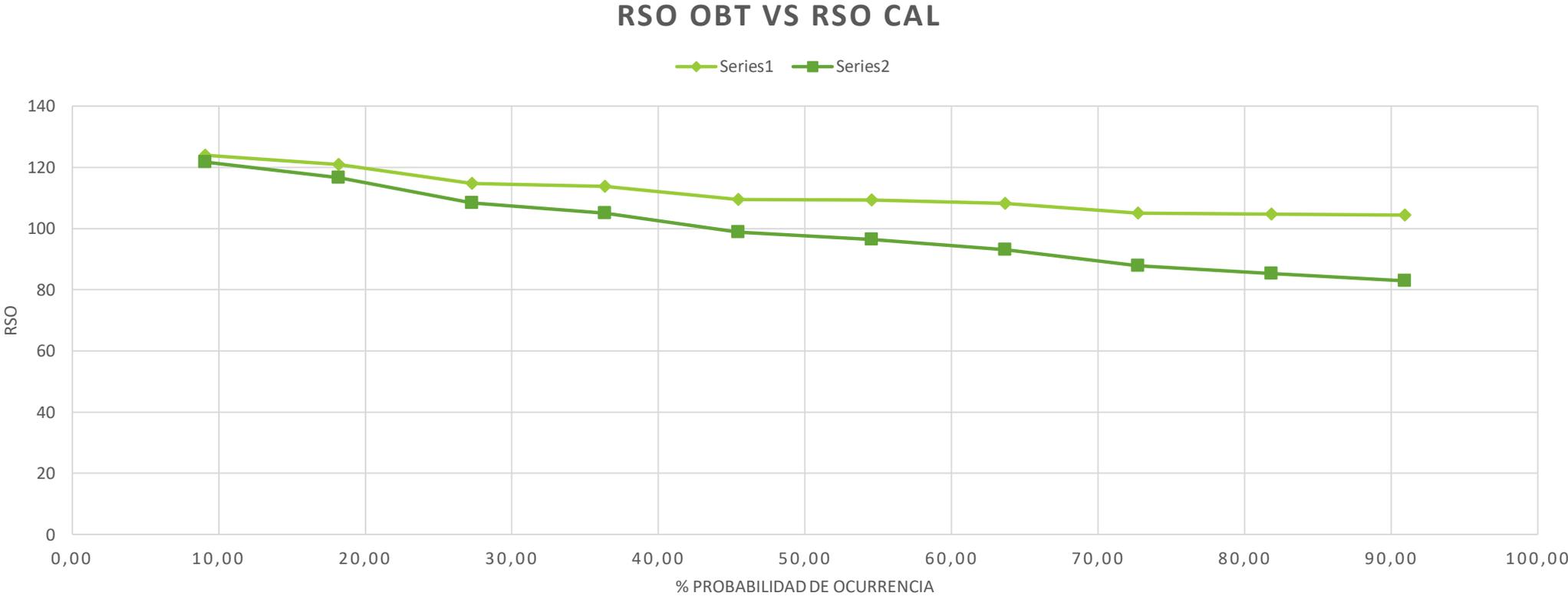
N	F	%P	RSO	M. Calculada
1	0,09090909	9,09	123,95	121,80
2	0,18181818	18,18	120,95	116,65
3	0,27272727	27,27	114,8	108,34
4	0,36363636	36,36	113,71	105,10
5	0,45454545	45,45	109,54	98,78
6	0,54545455	54,55	109,37	96,46
7	0,63636364	63,64	108,24	93,18
8	0,72727273	72,73	105,05	87,84
9	0,81818182	81,82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

Probabilidad de ocurrencia para las muestras de RSO

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

} Valores persistentes

DIAGRAMA DE HANSSEN - PROBABILIDAD DE OCURRENCIA



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.

CONCLUSIONES

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.

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.

CONCLUSIONES

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.

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/>

Artega, 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

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>

BIBLIOGRAFÍA

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 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.