



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de fin de carrera titulado:
**“CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS
CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA
PARROQUIA DE LIMONCOCHA”**

Realizado por:

LESLIE JOHANNA CANO CHÁVEZ

Director del proyecto:

ING. JORGE ESTEBAN OVIEDO

Como requisito para la obtención del título de:

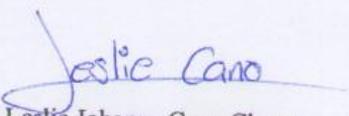
INGENIERA AMBIENTAL

Quito, 25 de julio del 2016

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, LESLIE JOHANNA CANO CHÁVEZ, con cédula de identidad # 1718947045, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o 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.



Leslie Johanna Cano Chavez
C.C.: 1718947045

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA DE LIMONCOCHA”

Realizado por:

LESLIE JOHANNA CANO CHAVEZ

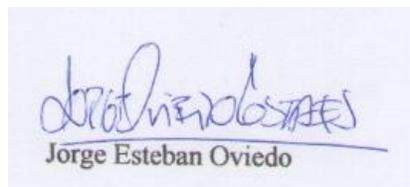
como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERA AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

JORGE ESTEBAN OVIEDO

quién considera que constituye un trabajo original de su autor



Jorge Esteban Oviedo

DIRECTOR

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

KATTY CORAL

ANA RODRÍGUEZ

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador



Katty Coral

Ana Rodríguez

Quito, 12 de julio de 2016

AGRADECIMIENTO

A mi director Esteban Oviedo por ser más que un profesor un amigo, por compartir sus conocimientos, su apoyo y sobre todo por la paciencia que supo tenerme para poder culminar con gran éxito este trabajo de investigación.

A Katty Coral, por su apoyo incondicional durante toda la carrera y por todas sus enseñanzas tanto académicas como en la vida diaria. Por ser un pilar fundamental en el desarrollo de esta tesis.

A Ana Rodríguez, por su apoyo en la elaboración de este trabajo.

A mis amigos, principalmente a Sebastián Toro por su amistad sincera y única, por todas las experiencias y lecciones vividas juntos.

Por ultimo a todos los profesores de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la UISEK por sus conocimientos impartidos y por formarme no solo como profesional sino también como persona de bien.

DEDICATORIA

A mis padres, que con su amor incondicional, su apoyo y dedicación me han ayudado a salir adelante, a enfrentar cada reto que Dios pone en mi camino.

A mi tía Ivonne, que mas que una tía una segunda madre, por su apoyo y amor incondicional.

A mis hermanos Patricio y Nicole que siempre estuvieron ahí para mi apoyándome en cada paso de mi vida.

A mis amigos, por brindarme su amistad sincera durante estos 5 años de carrera, por siempre estar ahí cuando mas lo he necesitado y por poder cumplir esta meta juntos.

RESUMEN

El constante aumento de los residuos sólidos urbanos RSU que se generan hoy en día, ha hecho que el ser humano trate de encontrar soluciones para el correcto manejo de los mismos; en la Reserva Biológica de Limoncocha RBL no hay un correcto manejo de residuos, estos simplemente son depositados en el relleno sanitario ubicado en Shushufindi, provincia de Sucumbíos. Es por esto que se ha considerado a los tratamientos térmicos, cuyos propósitos se centran en la disminución de volúmenes a disponer en rellenos sanitarios, la disminución de vectores y principalmente, el aprovechamiento de recursos con su debido valor intrínseco y posible valoración energética contenida en los residuos, como soluciones.

El presente trabajo investigativo se basó, principalmente, en la determinación de porcentajes de humedad y cenizas para analizar la viabilidad de utilizar los residuos con el fin de tener un aprovechamiento energético. La metodología que se empleó en esta investigación fue la del Dr. Kunitoshi Sakurai, la cual se basa en la obtención de muestras de campo mediante cuarteos tras la homogenización de los residuos, lo que permitió obtener una base de datos en cuanto a la caracterización de los mismos. Durante todo el tiempo que se realizó la investigación, de Agosto del 2015 a Mayo del 2016, se pudo determinar que el porcentaje de humedad que contienen los RSU en la RBL superaron el valor óptimo de 55% de humedad establecido por Alonso, Martínez & Olías (2003), que es el valor máximo que deben tener los residuos para que sean viables para un proceso de incineración; se pudo determinar que la climatología del lugar, así como la humedad molecular y superficial que posee cada material, son factores determinantes.

Para el porcentaje de cenizas los resultados demuestran que los valores más bajos de cenizas que se obtuvieron fueron en los meses de Diciembre 2015 y Marzo 2016 con 2.08% y 2.35% respectivamente, y los meses con valores más altos fueron Septiembre 2015 y Febrero 2016 con 8.68% y 6.09% respectivamente. Por último, en la determinación del porcentaje de reducción de peso y volumen de los residuos, en todos los meses de estudio, se pudo observar que los valores fueron entre el 97% y 99% demostrando la efectividad del proceso de incineración.

Palabras clave: Residuos Sólidos, Humedad, Cenizas, Incineración

ABSTRACT

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

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

The results also show that the percentage of ash measured by the samples were lower in the months of December 2015 and March 2016, with a concentration of 2.08% and 2.35% respectively, and the months with the highest concentration were measured in September 2015 and February 2016, with 8.68% and 6.09% respectively. Lastly, throughout the entire research timeframe, it was also possible to determine the effectiveness of the incineration process by observing a reduction of volume and weight of the waste of around 98%.

Keywords: *Solid Waste, Humidity, Ashes, Incineration*

ÍNDICE

RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xv
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 DESCRIPCION DEL TEMA.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	9
1.4 OBJETIVOS.....	10
1.4.1 Objetivo General.....	10
1.4.2 Objetivos Específicos.....	10
1.5 CARACTERISTICAS DEL SITIO DE ESTUDIO.....	10
CAPITULO II.....	16
MARCO TEORICO.....	16
2.1 ESTUDIOS PREVIOS Y ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO 16	
2.2 MARCO LEGAL AMBIENTAL.....	18
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador.....	18
2.2.2 Código Orgánico de la Organización Territorial (COOTAD).....	19
2.2.3 Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA).....	19
2.2.4 Ley de Gestión Ambiental.....	20
2.2.5 Ley Organica de Salud.....	20
2.2.6 Manejo Integral de Residuos Sólidos en el Cantón Shushufindi.....	21
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	21
2.3.1 Humedad.....	21
2.3.2 Cenizas.....	22
2.3.3 Incineración.....	23

2.3.4	Perdida por calcinación	24
CAPITULO III		25
METODOLOGIA		25
3.1	TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO: Tamaño muestral.....	25
3.2	PROCEDIMIENTO DE CAMPO	26
3.2.1	Obtención de muestras	26
3.3	PRESERVACIÓN Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS	28
3.4	PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO.....	29
3.4.1	Preparación de las muestras para el análisis.....	29
3.5	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS: PORCENTAJE DE HUMEDAD (%H) Y PORCENTAJE DE CENIZAS (%C)	29
3.5.1	Determinación del Porcentaje de Humedad (%H)	29
3.5.2	Determinación del porcentaje de cenizas (%C)	31
3.6	CÁLCULOS ADICIONALES	33
3.6.1	Reducción en volumen de los residuos después de la incineración	33
3.7	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	34
3.8	PROCESAMIENTO DE DATOS	35
CAPITULO IV		36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		36
4.1	LEVANTAMIENTO DE DATOS	36
4.1.1	Levantamiento de datos en Campo	36
4.1.2	Levantamiento de datos en el laboratorio.....	47
4.2	DATOS COMPARATIVOS ENTRE MUESTRAS MENSUALES	62
4.2.1	Cuantificación del porcentaje de humedad contenida en las muestras mensuales de RSU de la Reserva Biológica Limoncocha	62
4.2.2	Cuantificación del porcentaje de cenizas obtenidas del proceso de incineración de los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha.	63
4.2.3	Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha	64
4.2.4	Comparación mensual de la composición de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha.....	65
4.2.5	Determinación de la desviación estándar en la composición mensual de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha.....	67

4.2.6 Comparación mensual de los datos obtenidos de los porcentajes de humedad, cenizas y pérdida por calcinación contenidos en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha	68
4.2.7 Protocolo para la determinación del porcentaje de humedad y cenizas	70
CAPITULO V	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1 CONCLUSIONES	72
5.2 RECOMENDACIONES	73
CAPITULO VI	76
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	76
CAPITULO VII	82
ANEXO FOTOGRÁFICOS	82
PROCEDIMIENTO DE CAMPO: MUESTREOS AGOSTO 2015 – MAYO 2016	82
PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO: MUESTREOS AGOSTO 2015 – MAYO 2016	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Horarios de recolección y transporte de RSU en la parroquia de Limoncocha.	8
Tabla II. Datos de la provincia de Limoncocha	11
Tabla III. Tabla climática	13
Tabla IV. Porcentaje de humedad de los residuos	21
Tabla V. Formato de reporte de datos de laboratorio para humedad	30
Tabla VI. Formato de reporte de datos de laboratorio para cenizas	32
Tabla VII. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 2.	38
Tabla VIII. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 3.	39
Tabla IX. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 4.	40

Tabla X. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha.	
Muestreo No. 5.....	41
Tabla XI. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha.	
Muestreo No. 6.....	42
Tabla XII. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha.	
Muestreo No. 7.....	43
Tabla XIII. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha.	
Muestreo No. 8.....	44
Tabla XIV. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha.	
Muestreo No. 9.....	45
Tabla XV. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha.	
Muestreo No. 10.....	46
Tabla XVI. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 2.	48
Tabla XVII. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 2.....	48
Tabla XVIII. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 2.	49
Tabla XIX. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 3.	49
Tabla XX. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 3.	50
Tabla XXI. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 3.	50
Tabla XXII. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 4.....	51
Tabla XXIII. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 4.	51
Tabla XXIV. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 4.	52
Tabla XXV. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 5.	52
Tabla XXVI. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 5.	53
Tabla XXVII. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 5.	53
Tabla XXVIII. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 6.	54
Tabla XXIX. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 6.	54

Tabla XXX. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 6.	55
Tabla XXXI. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 7.	55
Tabla XXXII. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 7.....	56
Tabla XXXIII. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 7.	56
Tabla XXXIV. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 8.	57
Tabla XXXV. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 8.	57
Tabla XXXVI. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 8.	58
Tabla XXXVII. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 9.	58
Tabla XXXVIII. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 9.	59
Tabla XXXIX. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 9.	59
Tabla XL. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 10.....	60
Tabla XLI. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 10.	60
Tabla XLII. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 10.	61
Tabla XLIII. Comparación mensual de la composición de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha.....	65
Tabla XLIV. Desviación estándar por categoría de RSU	67
Tabla XLV. Comparación mensual de los datos obtenidos de los porcentajes de humedad, cenizas y pérdida por calcinación contenidos en los RSU.	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Generación de desechos.	4
Figura 2. Tecnologías para convertir residuos en energía.....	5
Figura 3. División Política Parroquial.....	11
Figura 4. Reserva Biológica Limoncocha	12
Figura 5. Climograma de la parroquia de Limoncocha.....	13

Figura 6. Composición étnica.....	15
Figura 7. Método del cuarteo de muestras	27
Figura 8. Método para la obtención de muestras de RSU	27
Figura 9. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 2	38
Figura 10. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 3	39
Figura 11. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 4	40
Figura 12. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 5	41
Figura 13. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 6	42
Figura 14. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 7	43
Figura 15. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 8	44
Figura 16. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 9	45
Figura 17. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 10	46
Figura 18. Cuantificación del porcentaje de humedad contenida en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha	62
Figura 19. Cuantificación del porcentaje de cenizas delos RSU de la Reserva Biológica Limoncocha	63
Figura 20. Cuantificación del porcentaje de Perdida por calcinación contenido en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha.....	64
Figura 21. Comparación mensual de la composición de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha.....	66
Figura 22. Comparación mensual de los datos obtenidos de los porcentajes de humedad, cenizas y pérdida por calcinación contenidos en los RSU	69

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de Porcentaje de pérdida por calcinación.	24
Ecuación 2. Tamaño muestral	25
Ecuación 3. Determinación del porcentaje de humedad.	31
Ecuación 4. Determinación del porcentaje de cenizas	33
Ecuación 5. Determinación de la reducción de volumen	34
Ecuación 6. Promedio	34

Ecuación 7. Desviación estándar.....34
Ecuación 8. Error relativo35

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCION DEL TEMA

Los residuos sólidos a lo largo de la historia han sido parte del ciclo de la naturaleza, ya sea de abono o de alimentos para ciertos animales, e incluso los arrojados a los ríos han sido depurados por las propias aguas. El único tratamiento que se les da a los residuos es su recolección y su posterior traslado a lugares de acopio en los cuales estos desechos son depositados sin ningún tratamiento previo, esperando que su descomposición sea realizada por microorganismos a lo largo del tiempo. Toda esta capacidad de regeneración natural se ha visto afectada con el paso del tiempo debido a la inadecuada utilización de las materias primas por parte del hombre (Acosta, 2005).

El Ecuador, así como otros países en vías de desarrollo, ha enfrentado un problema ambiental cada vez mayor con el paso de los años, como es la sobreproducción de desechos sólidos. Esto se debe al crecimiento demográfico urbano no planificado, al crecimiento industrial y al consumismo al que están acostumbradas las personas.

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

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

atender, almacenar, recoger y disponer los residuos de una manera técnicamente adecuada (Gallardo,2014).

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

Por lo mencionado anteriormente, la cuantificación del porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas contenidos en los RSU de la RBL propone un intento de aprovechamiento de los residuos para una buena gestión integrada de los mismos, comenzando por una recolección de datos, que se cree es escasa, para así poder tener en cuenta nuevos tratamientos o nuevas medidas en cuanto a su disposición final.

Conociendo la disposición final que se les da a los RSU de la Reserva Biológica de Limoncocha así como la calidad de vida de los pobladores, esta investigación tiene el propósito de obtener una base de datos actualizada y una posible guía de gestión de los residuos, con el fin de proponer tratamientos para poder lograr el aprovechamiento del valor intrínseco de los residuos, mediante la implementación de una gestión, tratamientos y aprovechamientos energético ya sean total o parcial de los residuos generados en la Parroquia de Limoncocha, para poder disminuir la contaminación ambiental y mejorar las condiciones sanitarias.

1.2 ANTECEDENTES

André & Cerdá (2004) en su artículo “Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas” dice que el ambiente tiene tres funciones económicas fundamentales: como proveedor de factores productivos en forma de materiales o de energía, como fuente de servicios de ocio y bienestar (mejorando la calidad de vida, permitiendo el

disfrute de parajes naturales, agua y aire limpios, etc.) y como sumidero de residuos generados por la actividad económica. En los años 70, la crisis del petróleo generó una preocupación asociada principalmente a la primera función. Mientras el descubrimiento de nuevos yacimientos de recursos y el avance tecnológico fue mitigando en parte esta preocupación, el aumento de la contaminación en sus diversas formas suscitó un nuevo motivo de interés asociado con la segunda y tercera funciones, ambas directamente relacionadas con la calidad ambiental y, por tanto, con la generación y emisión de residuos al medio natural.

Un residuo es algo que carece de valor de uso, y por tanto, de valor de cambio. Más aún, como los desperdicios resultan molestos y los seres humanos están dispuestos a pagar para liberarse de ellos, se puede decir que tienen un valor negativo. El volumen de RSU es relativamente pequeño comparado con otros residuos pero su interés puede explicarse por el gran aumento que han experimentado en los últimos años debido al incremento poblacional y los hábitos de consumo. Por otra parte, la concentración demográfica en los núcleos urbanos provoca la necesidad de adoptar métodos de gestión sostenibles, incluyendo como un aspecto esencial el debido tratamiento o eliminación de las basuras (André & Cerdá, 2004).

El problema de la gestión de los residuos sólidos provienen de la falta de reconocimiento hacia la naturaleza económica del problema, esta situación está empezando a cambiar, pero este cambio ha sido demasiado lento para evitar la crisis actual (Goddard, 1995).

Un sistema de gestión de residuos adecuadamente planteado consiste en el conjunto de actividades relacionadas con la manipulación, el tratamiento, la eliminación o reciclaje de los materiales de desecho; por lo que parte de dichas actividades de gestión incluyen la recolección, transporte, tratamiento, reciclaje o eliminación, y la supervisión de los materiales de desecho. Sin embargo, un sistema típico de gestión de residuos comprende únicamente la recolección, transporte, pre- tratamiento, la transformación, y reducción final de residuos. Algunas de las fuentes más comunes de los residuos son: los residuos domésticos, residuos comerciales, cenizas, desechos animales, desechos biomédicos, desechos de construcción, residuos sólidos industriales, alcantarillado, residuos biodegradables, los residuos no biodegradables, y los desechos peligrosos (Demirbas, 2011).

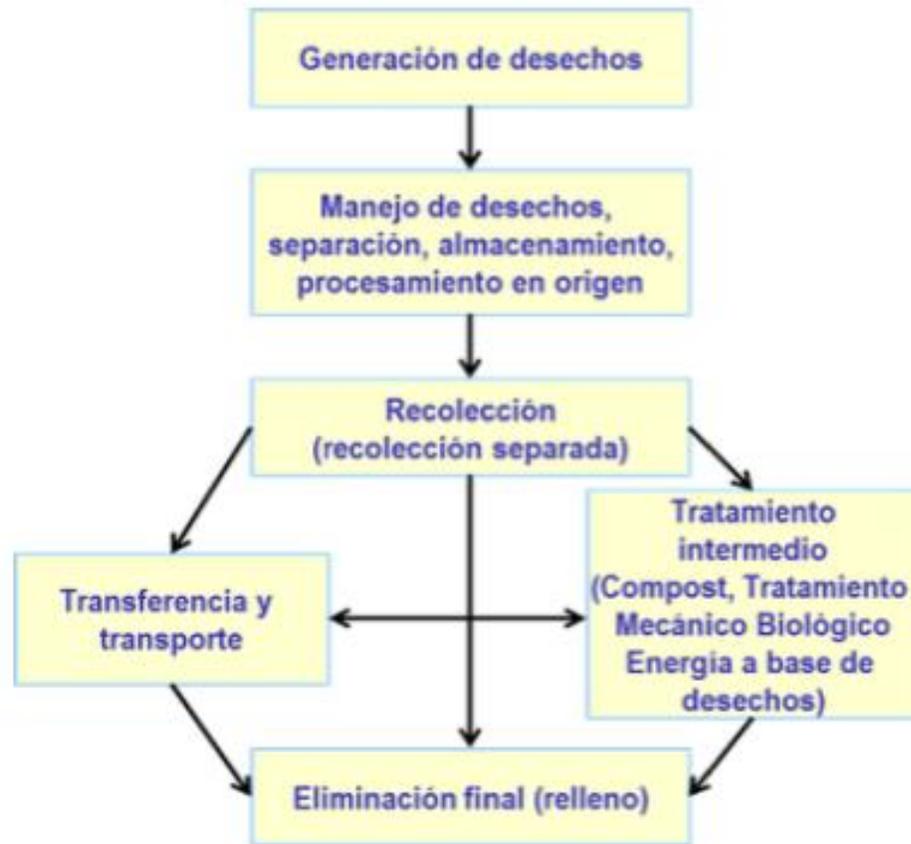


Figura 1. Generación de desechos.

Fuente: Dong-Hoon, 2015

La importancia económica de la gestión de residuos se ha ido haciendo más y más patente en los últimos años y ello ha provocado una considerable expansión, por lo que diferentes países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo, han llevado a cabo proyectos que involucren el manejo y aprovechamiento de los RSU (Dong-Hoon, 2015)

Como por ejemplo en Indonesia, las frutas que antes se desperdiciaban ahora son transformadas en biogás para la producción de electricidad (Plogander, 2012). En la ciudad de Boras en Suecia, se dio un aprovechamiento intensivo de los residuos, el propósito de esto era el de conseguir un aprovechamiento de los recursos, además de contribuir con mejoras para la ciudad, ya que se eliminaría el hedor de la descomposición de los residuos y se reducirían las emisiones de gas con efecto invernadero. El modelo resultante reflejó grandes cambios con pocos recursos, y a su vez le dio a la ciudad no sólo un ambiente más limpio sino también mejores condiciones de vida para la ciudad. Cualquier cosa reciclable se reutiliza, y los residuos que

deben quemarse se usan para calentar el agua que se distribuye en el sistema de caños bajo tierra que van a las casas y edificios de Boras. Por lo tanto, Boras se convirtió en una especie de autoridad internacional en el manejo de residuos, y su modelo se difunde en todo el mundo (Plogander, 2012).

El enfoque europeo al igual que algunos países como Japón, Estados Unidos y otros; es evitar la generación de desechos tanto como sea posible, recuperar las materias primas valiosas, generar energía mediante la incineración de los desechos residuales, y sólo entonces, deshacerse de lo que sobra de una manera ambientalmente amistosa (Bastiaenen, S/F)

El objetivo principal de la gestión de residuos mediante la incineración es prevenir cualquier impacto en la salud o el medio ambiente causado por partículas, gases y/o emisiones de soluto, como también la acumulación de desperdicios; lo cual además de causar un impacto paisajístico, lo hace también sobre la salud de la población y su calidad de vida (Sabbas *et al.*, 2003). La gestión de los residuos mediante tratamiento térmico es una parte integral de los sistemas de gestión de los mismos.

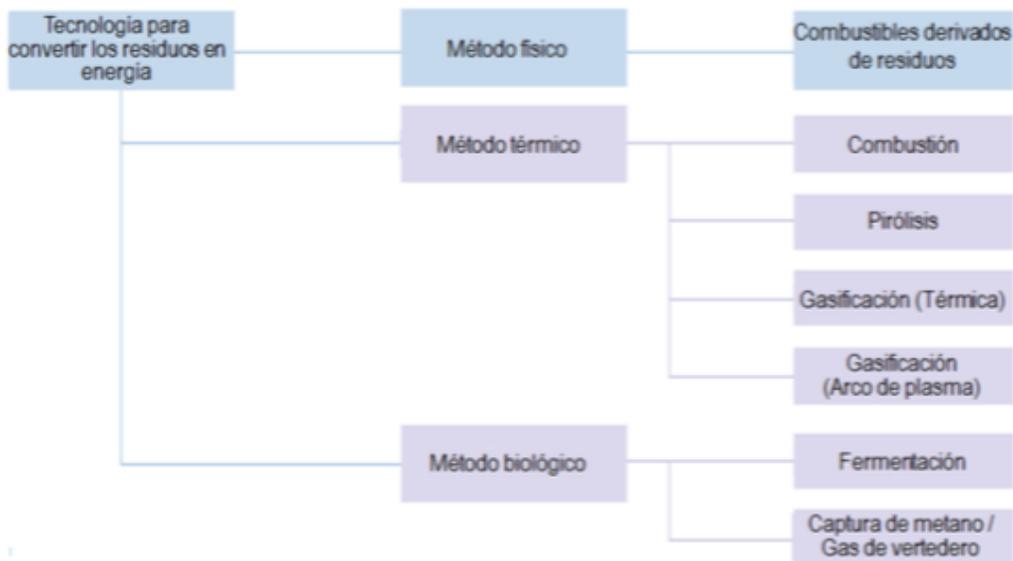


Figura 2. Tecnologías para convertir residuos en energía.

Fuente: Dong-Hoon, 2015

La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA) considera a los residuos como una fuente de energía renovable, pero si a estos no se les da una gestión y uso secundario (como el aprovechamiento energético), serán enviados a rellenos sanitarios, desaprovechando su potencial. En la actualidad, los niveles de generación de residuos son tan altos que los sistemas de eliminación tradicionales no son suficientes, además que se desperdicia el valor intrínseco de estos materiales, por lo que se ha apostado por un aprovechamiento de los mismos, disminuyendo de esta manera la contaminación ambiental y explotación de los recursos naturales, así como los costos del manejo de los desechos (Ibáñez *et al.*, 2006).

Para seleccionar el sistema adecuado de disposición final hay que tener en cuenta las características de los residuos, el lugar en donde va a ser tratados, de la población y de las capacidades técnicas y económicas de la zona. Es por esto que de los distintos métodos de disposición final, el que parece ser el más adecuado a la realidad técnica y económica es el relleno sanitario, ya que no se necesita separación previa ni análisis de los RSU (Sakurai, 2000).

Cuando se trata de seleccionar otros sistemas tales como compostaje, incineración y pirólisis, es indispensable analizar debidamente las características de los residuos a disponer, a fin de identificar la factibilidad técnica y económica de estos sistemas en el medio. Sin embargo, los métodos estándares de análisis de residuos sólidos desarrollados en los países industrializados son bastante complicados y podrían estar fuera de alcance por la carencia de recursos físicos y humanos de las ciudades medianas y pequeñas que abundan en América Latina (Sakurai, 2000).

En el caso de América Latina y el Caribe, los gobiernos se encuentran frente a una problemática cada vez más grande sobre la gestión de los residuos y sus impactos, en un contexto de preocupación mundial por la sostenibilidad económica, ambiental y social de los servicios. Temas como la adecuada disposición final de residuos, la difícil y compleja realidad de los trabajadores informales de la basura, la minimización y el reciclado de los residuos, el cambio climático, los mercados de carbono y el rol de las entidades nacionales, regionales y municipales en la planificación y regulación de los servicios, se han convertido, en la actualidad, en los principales puntos de discusión de las agendas gubernamentales (Risso & Grimberg, 2005).

Adicionalmente, según el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos realizado por la Organización Panamericana de la Salud (2002), la falta de infraestructura y la carencia de servicios eficientes para el manejo de los residuos son el motivo primordial para que la contaminación por desechos sólidos sea considerada como un problema crítico.

Actualmente en el país se generan alrededor de 4,06 millones de toneladas métricas al año de residuos y una generación per cápita de 0,74 kg y se estima que para el 2017 el país genere 5,4 millones de toneladas métricas anuales. De este total, 1.800 ton/diarias son generadas en el Distrito Metropolitano de Quito, por lo que se requiere de un manejo integral planificado de los residuos en todo el país (PNGIDS, 2015)

Enfocándose en la región Amazónica del país, los niveles de contaminación y la incorrecta gestión de los RSU sigue creciendo en forma significativa y su inadecuado aprovechamiento constituye un grave problema que causa un impacto propio en el entorno natural y deteriora a largo plazo la salud de los pobladores (Gallardo, 2014).

A nivel del Cantón Shushufindi, no se cuenta con sitios establecidos para el almacenamiento temporal de los desechos sólidos, y el único para la disposición final se encuentra ubicado a 5 km del centro, en la vía a Limoncocha; donde la disposición final de los Residuos Sólidos se da en un botadero a cielo abierto, los mismos que no son tratados ni manejados técnicamente (CONJUPAS, 2011).

El municipio de Shushufindi es el encargado de brindar los servicios de recolección y transporte de los residuos de los diferentes cantones y parroquias, entre las cuales se encuentra la parroquia rural de Limoncocha. La siguiente tabla representa los días y horarios de recolección de los mismos.

Tabla I. Horarios de recolección y transporte de RSU en la parroquia de Limoncocha.

DÍAS	HORARIOS	PARROQUIA, RECINTOS, PRECOOPERATIVAS
Martes	08H00 a 12H00	Parroquia de Limoncocha
Viernes	08H00 a 12H00	Parroquia de Limoncocha

Fuente: Gallardo, 2014

Sin embargo, acorde con el INEC (2010), solamente el 13,30% de los habitantes de la parroquia tiene acceso al servicio de recolección de basura, el 29,06% eliminan la basura en terrenos baldíos, mientras que el 30,66% la queman, y el porcentaje de pobladores restantes opta por otras formas de eliminación, mismas que son: enterrar, arrojar a ríos, entre otras.

Finalmente, gracias a los datos recolectados por Marañon (2015) se ha podido establecer que la aportación de basura de un habitante de la cabecera cantonal es de 0,60 kg/ día, tomando en cuenta a la población actual de Limoncocha se determinó que la generación diaria de basura en la cabecera parroquial es de 428.26 kg/día y en un año se generan aproximadamente 156.31 ton/año.

Sabiendo las condiciones de vida en las cuales se encuentra la población de la parroquia y la disposición que se les da a los RSU, la presente investigación supone dar una base de datos y posible gestión a los desechos, para de esta sugerir tratamientos óptimos que puedan mejorar las condiciones sanitarias y el aprovechamiento de sus residuos.

Cabe mencionar que en el Ecuador se han realizado escasos estudios referentes al aprovechamiento energético de los RSU, sin embargo la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK, a partir del año 2012, ha realizado investigaciones científicas basadas en los RSU del DMQ. Es así que las metodologías aplicadas han sido probadas y validadas a lo largo de estos años y por lo cual la presente investigación ha

enfocado su objetivo de estudio en la cuantificación del porcentaje de humedad y cenizas contenidas en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha utilizando dichas metodologías.

1.3 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Los Residuos Sólidos Urbanos y su mal manejo son una de las principales causas de contaminación a nivel mundial, esto se debe al crecimiento exponencial de los pobladores y por ende una mayor producción industrial y una mayor tasa de consumismo. Los RSU son una problemática que involucra tanto a los pobladores de un determinado lugar como a los municipios que, por una parte son los encargados de proveer una gestión y manejo de dichos residuos y por otra de asegurar una adecuada calidad de vida a sus habitantes.

En cuanto a la Municipalidad de Shushufindi, encargada de la recolección de desechos de la parroquia de Limoncocha, la gran mayoría de los residuos urbanos se desechan sin una separación previa que los haga viables para el reciclaje. Gracias al aumento demográfico acelerado, se ha sobrepasado la capacidad de manejo, lo que cual ha llevado a una creciente utilización de malas prácticas o carencias en todos los segmentos del proceso de gestión de RSU como reducción, separación, recolección y transferencia, representando así un gran riesgo para la salud y la calidad de vida, como también una constante amenaza para los ecosistemas (Solano & Vera, 2011).

Las condiciones actuales de saneamiento de la Reserva Biológica Limoncocha, determinadas en el proceso previo de estudio, no se encuentran reguladas dentro de un sistema técnico ambiental eficiente que permita a los pobladores ejercer su derecho de vivir en un ambiente saludable (Gallardo, 2014). Por lo que es de vital importancia la investigación técnica y científica enfocada en la cuantificación del porcentaje de humedad y cenizas contenidos en los RSU; contribuyendo así con el ecosistema mediante tratamiento de los materiales y su posible aprovechamiento como potencial energético (Solano & Vera, 2011).

A través de la presente investigación se aportan datos relevantes acerca del estado en el cual se encuentran actualmente los RSU generados en Limoncocha, así como la cuantificación del porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas que estos poseen, adicionalmente, se

contribuye con la bibliografía de referencia para futuras investigaciones relacionadas con el tema. Con dicha información recopilada se pretende tratar de mejorar la calidad de vida de los pobladores de la parroquia de Limoncocha mediante la propuesta de un sistema de gestión de RSU adecuado para así poder tener un beneficio en el desarrollo socioeconómico de la comunidad.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

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

1.4.2 Objetivos Específicos

- Cuantificación del porcentaje de humedad contenido en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha a través de métodos gravimétricos para disponer de datos reales en una base de datos.
- Cuantificación del porcentaje de cenizas contenido en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha mediante la determinación de la pérdida por calcinación para valorar su porcentaje de reducción en caso de disposición en un relleno sanitario.
- Determinar si la incineración de los RSU es un proceso técnicamente viable que permite el aprovechamiento energético de los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

1.5 CARACTERISTICAS DEL SITIO DE ESTUDIO

El cantón Shushufindi esta ubicado en la provincia de Sucumbíos, el cual tiene una extensión territorial de 2463,1 km². El cantón Shushufindi cuenta con varias parroquias rurales las cuales son; Limoncocha, Pañacocha, San Roque, San Pedro De Los Cofanes y Siete De Julio (Almeida *et al*, 2013)



Figura 3. División Política Parroquial

Fuente: Almeida *et al*, 2013

La Reserva Biológica Limoncocha esta ubicada en la provincia de Sucumbíos, en el cantón Shushufindi, en la parroquia de Limoncocha. Esta se halla a una altura de 230 msnm y cuenta con una superficie total de 59.853,32 ha. Sus límites geográficos son al norte con las parroquias de Shushufindi y San Roque, al sur con la Provincia de Orellana, al este con la parroquia de Pañacocha y la Provincia de Orellana y al oeste con la Provincia de Orellana (Albuja, 2004).

Tabla II. Datos de la provincia de Limoncocha

Parroquia	Limoncocha
Cantón	Shushufindi
Población al año 2001	3.819 hab.
Población al año 2010	6.817 hab.
Superficie cabecera	30.36 has
Superficie total de la parroquia	59.853,32 has
Densidad poblacional 2011	15,5 hab/ha
Tasa de crecimiento parroquial anual	3,48%

Fuente: (Almeida *et al*, 2013)

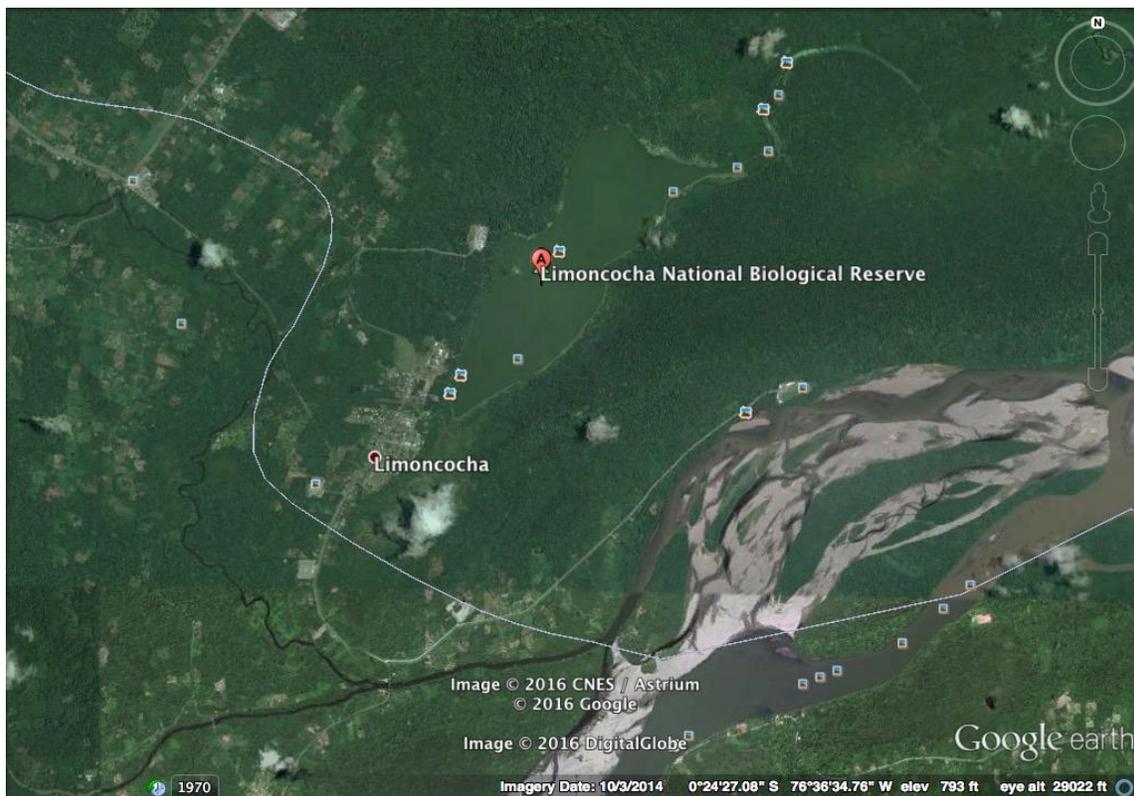


Figura 4. Reserva Biológica Limoncocha

Fuente: Google Earth, 2016.

La Laguna está certificada como sitio RAMSAR, es decir, un humedal de alta importancia internacional debido a su diversidad en cuanto a aves, peces, reptiles, siendo el lugar de hábitat del caimán negro y de las tortugas charapas. Varios estudios han revelado que en la Reserva Biológica de Limoncocha existen 464 especies de aves, 74 de mamíferos, 92 de anfibios y reptiles junto a miles de insectos de diferentes formas y tamaños entre la densa vegetación. (Albuja, 2004)

Como explican Almeida *et al*, se identifican dos diferentes tipos de clima en Limoncocha. En el lado oeste de la parroquia se puede encontrar el tipo de clima Tropical Mega térmico muy húmedo, que normalmente se encuentra en zonas altas de relieve. Y por otro lado, al este de la parroquia, se registra un clima tropical lluvioso en los cuales las condiciones climáticas hacen que no existan variaciones significativas durante el año, por lo tanto son constantes las caídas de lluvias y homogénea la temperatura en todos los meses del año. Sin embargo la temperatura

media anual que presenta el sector es de 24.8 °C con una precipitación anual que alcanza los 3.447 milímetros.

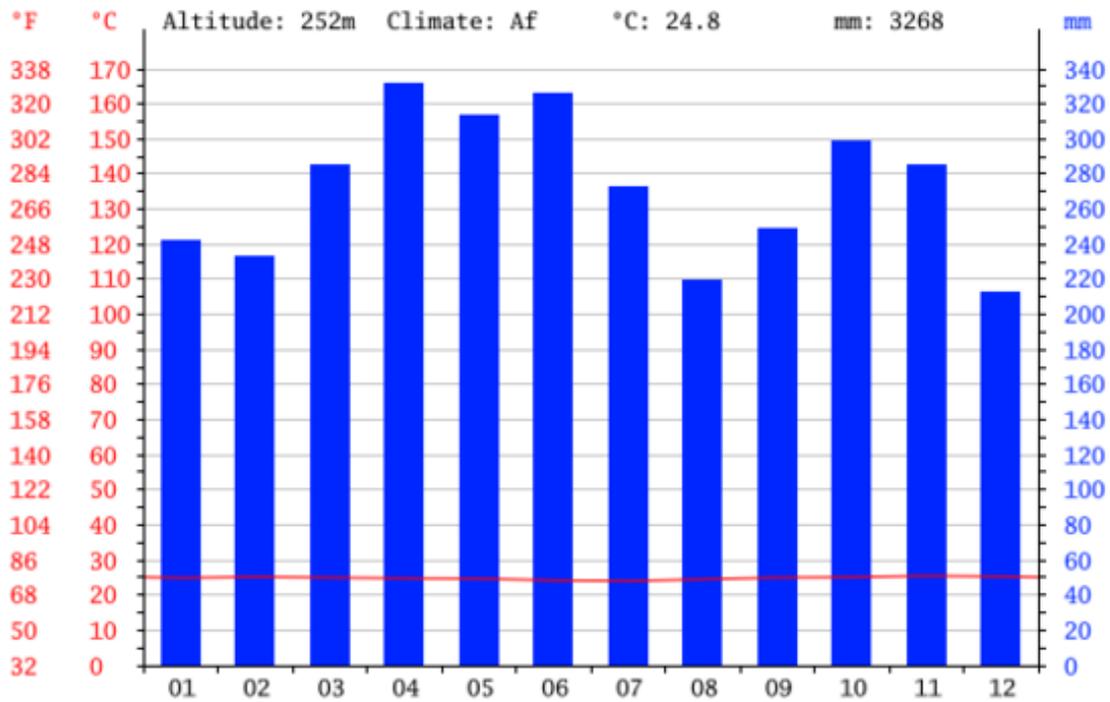


Figura 5. Climograma de la parroquia de Limoncocha

Fuente: Climate-data.org, 2016.

El mes más seco es diciembre con 213 mm, mientras que la caída media de abril es de 33 mm siendo el mes con mayor precipitación en el año.

Tabla III. Tabla climática

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	242	233	285	331	313	326	273	219	249	299	285	213
°C	24.9	25.2	25.0	24.8	24.7	24.2	24.0	24.5	25.0	25.1	25.5	25.3
°C (min)	20.0	20.3	20.4	20.4	20.3	19.9	19.6	19.5	19.8	19.9	20.4	20.1
°C (max)	29.9	30.1	29.7	29.3	29.1	28.6	28.4	29.5	30.2	30.4	30.7	30.5

Fuente: Climate-data.org, 2016.

El mes más caluroso del año con un promedio de 25.5 °C es noviembre. Mientras que el mes más frío del año es julio con un promedio de aproximadamente 24 °C.

En la parroquia, la actividad extractiva se circunscribe a la explotación de material de río para obtener arena, y piedras que sirven para la construcción. La explotación de grava es otro de los recursos que se encuentran dentro de la parroquia. El afloramiento a poca profundidad de material de formaciones geológicas, como lajas, sirven principalmente para la construcción. El rubro más importante lo constituye la producción de petróleo en la Amazonia, lo que la convierte en la principal región generadora de recursos energéticos y económicos del país. Las diversas fases de la industria hidrocarburífera: explotación, producción, transporte y almacenamiento e industrialización, han incidido directa e indirectamente sobre los aspectos principalmente socio-económicos y culturales de la parroquia. En la parroquia Limoncocha se encuentran localizadas 3 estaciones de bombeo y 21 pozos. Así mismo, por el territorio de la parroquia es atravesada por infraestructura de transporte de gas y petróleo (Narváez, 2009).

La parroquia posee una variedad de atractivos aptos para el turismo y la recreación, que no han sido adecuadamente difundidos, sin embargo cabe mencionar que si se llegara a fortalecer la actividad turística resultaría de suma importancia, ya que se lograría beneficios socio-económicos para la población. Existe la reserva de producción faunística “Laguna de Limoncocha”, alrededor de ella habitan los “takarache” árboles esqueleto o palos separados, humedal de importancia manejado por el MAE, la comunidad es también partícipe del manejo de forma complementaria. Desde el cuerpo de agua de la laguna a tierra firme se suceden especies herbáceas (totora y mandi), palmáceas (morete, pambil), árboles (guarumos y ceibos) (MAE, 2016).

De acuerdo a datos del censo 2010 realizado por el INEC, la parroquia de Limoncocha cuenta con 6.817 habitantes, distribuidos en 4.086 hombres y 2.731 mujeres. De los cuales 1341 habitantes están ubicados en la cabecera parroquial la cual es el área de estudio de esta investigación.

Marañón (2015), en su proyecto de investigación cita a Bastidas & Lasso (2008), el cual indica que la población Económicamente Activa (PEA) representa 57,4% de la población total, donde el 49% de la PEA se dedica principalmente al estudio y 21%, a la agricultura. Otras actividades importantes son el trabajo en petroleras, el cuidado de la casa y la docencia.

En la forma de vida que llevan los habitantes de Limoncocha, generalmente es el hombre el que provee de recursos financieros al hogar, mientras que la mujer cumple con los roles tradicionales como el cuidado de la casa, la chacra y los hijos (Bastidas *et al.*, 2014).

En cuanto a los ingresos económicos que tiene la población, hay familias que viven con menos de USD 100 mensuales. Es por esto que la agricultura es su principal fuente de alimentos básicos como son la yuca, el maíz, el arroz y el plátano (Bastidas *et al.*, 2014).

En el campo de la salud existe un Subcentro que cuenta con personal médico interdisciplinario, enfermería y servicio de ambulancia, de igual manera varios de los habitantes de la parroquia cuentan con afiliación a algún tipo de seguro (AME, 2014) .

En la composición étnica de los habitantes como se da a conocer en el siguiente gráfico en su gran mayoría los habitantes se consideran indígenas, sin embargo existe un porcentaje considerable de mestizos, con el 43,39%, entre otras etnias como: negros, mulatos, blancos y montubios (INEN, 2010)

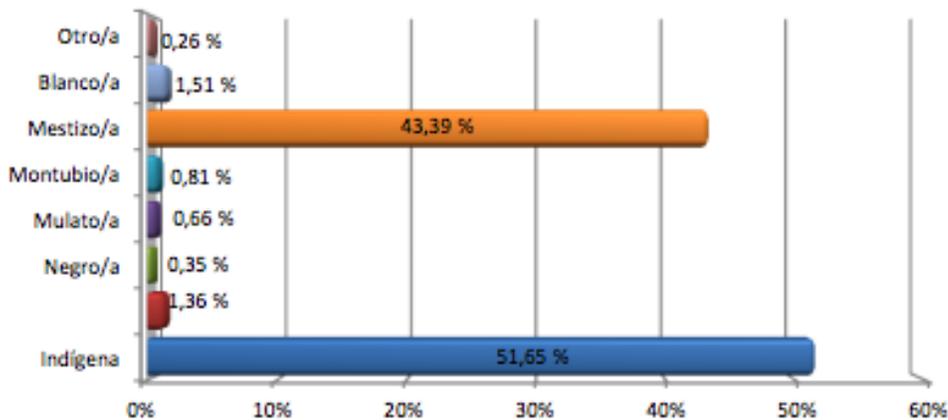


Figura 6. Composición étnica

Fuente: INEC 2010

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ESTUDIOS PREVIOS Y ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

El medio ambiente y la salud de la población se ven afectados negativamente por la deficiencia en la gestión de los residuos sólidos urbanos. Los poblados disminuyen su capacidad de acogida cuando el entorno se vuelve insalubre por la mala disposición de los desechos, ya que se da la proliferación de plagas, malos olores, deterioro del paisaje, etc. (MINAM, 2014).

La importancia de un tratamiento térmico radica en la existencia de tecnologías robustas desarrolladas a partir de la incineración, las cuales procesan grandes volúmenes de residuos mezclados, a partir de los cuales se puede recuperar la energía contenida en dichos recursos y de esta manera, extender significativamente la vida útil de los rellenos sanitarios (Carabias, Provencio & Cortinas de Nava, 1999).

La presente investigación, enfoca las problemáticas ambientales, técnicos y sociales, por lo que la mejor forma de analizarlas es mediante metodologías que incluyan la recolección de muestras de RSU de la RBL de forma mensual. Las muestras recogidas fueron sometidas a procesos físicos como el secado y la incineración, para arrojar datos que determinen la factibilidad de la gestión de los mismos mediante un sistema de tratamiento térmico.

Para esto se han considerado aquellas metodologías previamente aplicadas al manejo de residuos sólidos urbanos, las cual han sido aplicadas a nivel del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) por la UISEK y recientemente ha sido aplicada en un estudio previo en la Reserva Biológica de Limoncocha. Dichos estudios se mencionan a continuación:

La investigación desarrollada por Dueñas (2012), titulada “VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y PORCENTAJE DE

CENIZAS CONTENIDO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO 2013”. Esta investigación tuvo como objetivo aportar con la cuantificación de dos parámetros fisicoquímicos de los RSU del DMQ, los cuales son humedad y cenizas, ya que dicha información es importante al momento de elegir un tratamiento térmico para los residuos, ya que son opciones de gestión de los desechos con una alta posibilidad de recuperación de energía.

Por otro lado, Mazzilli (2013), elabora la continuación del trabajo de investigación realizado por Dueñas (2012), “VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y PORCENTAJE DE CENIZAS CONTENIDO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO 2013”; y con los mismos objetivos planteados, concluye que dicho método se valida después de análisis estadísticos mediante la utilización de intervalos de confianza. La media aritmética obtenida por Dueñas se encuentra dentro del intervalo de confianza lo que indica que los datos que se obtuvieron mediante la metodología son consistentes y por lo tanto el método “MÉTODO SENCILLO DEL ANÁLISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS” desarrollada por el Dr. Kunitoshi Sakurai, utilizado fue validado.

El proyecto de investigación desarrollado por Tobar (2015) como trabajo de fin de Carrera de Ingeniería Ambiental, titulado “DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZAS Y HUMEDAD CONTENIDO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”, se enfoca en la valoración fisicoquímica de los residuos sólidos urbanos del DMQ, con el fin de saber si se puede dar un aprovechamiento energético y una reducción de gases de efecto invernadero. Dicha investigación se basa en los dos estudios previos de Dueñas (2012) y Mazzilli (2014). Esta investigación se enfocó en cuantificar dos parámetros principales de los residuos: el porcentaje de humedad y de cenizas, planteando como una posibilidad de gestión la adopción de un sistema de tratamiento térmico como es la incineración.

Por último la investigación desarrollada por Baca (2015) como trabajo de fin de Carrera de Ingeniería Ambiental titulado “CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y

CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA” con el objetivo de determinar si la incineración es un proceso técnicamente viable, que permita el aprovechamiento energético de los RSU de la Parroquia de Limoncocha. La cual tenía planteado tomar 20 muestreos en un periodo de dos años, se completaron 7 en el año 2015, por lo que la presente investigación continúa con los muestreos y análisis de laboratorio para disponer de datos significativos.

Es por esto que, la metodología establecida en la Guía HDT 17 “METODO SENCILLO DEL ANALISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS” del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 2000), desarrollada por el Dr. Kunitoshi Sakurai, y aplicada en las investigaciones mencionadas, resulta ser óptima para los residuos generados en la Parroquia de Limoncocha.

2.2 MARCO LEGAL AMBIENTAL

El presente marco legal aplicable para Residuos Sólidos Urbanos de la Reserva Biológica de Limoncocha refleja las bases sobre las cuales debe diseñarse y aplicarse el sistema de gestión de los RSU.

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Registro Oficial # 449, Asamblea Constituyente 2008

En cuanto a la Constitución, en su Artículo 264, Capítulo cuarto, establece que es responsabilidad de los gobiernos municipales “...prestar servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.” Por otro lado, en el Artículo 415, sección séptima, establece que “...Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos...” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.2.2 Código Orgánico de la Organización Territorial (COOTAD)

Registro Oficial Suplemento # 303, 19 de Octubre 2010

El código orgánico de la organización territorial, en su Artículo 55, establece que los gobiernos autónomos descentralizados tienen la competencia exclusiva, entre otras cosas, de prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley. (COOTAD, 2015).

Por otro lado en el Artículo 431, establece que *“los gobiernos autónomos descentralizados de manera concurrente establecerán las normas para la gestión integral del ambiente y de los desechos contaminantes que comprende la prevención, control y sanción de actividades que afecten al mismo.”* (COOTAD, 2015).

2.2.3 Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)

Registro Oficial Suplemento # 2, 31 de Marzo 2003

Ultima modificación: 21 de enero 2016

En el Artículo 52 del TULSMA, se establece que la autoridad ambiental es la encargada de elaborar y ejecutar programas, planes y proyectos sobre la materia, así como analizar e impulsar las iniciativas de otras instituciones tendientes a conseguir un manejo ambiental racional de residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales en el país. Por otro lado también tiene como objetivo principal, la aplicación de la jerarquización de residuos, la incorporación de tecnologías que no causen impactos negativos en el ambiente y la eliminación o disposición final de los residuos (TULSMA, 2016).

En el Artículo 54 se habla de prohibiciones. Las cuales son de disponer residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales sin la autorización administrativa ambiental correspondiente. Disponer residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales en el dominio hídrico público, aguas marinas, en las vías

públicas, a cielo abierto, patios, predios, solares, quebradas o en cualquier otro lugar diferente al destinado para el efecto de acuerdo a la norma técnica correspondiente. Y por último quemar a cielo abierto residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales (TULSMA, 2016).

2.2.4 Ley de Gestión Ambiental

Registro Oficial Suplemento # 419, 10 de Septiembre 2004

Como está descrito en la Ley de Gestión Ambiental, en el Artículo 2, se dice que “La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y practicas tradicionales.” (Ley de Gestión Ambiental, 2004).

También, en el Artículo 9 literal j, se establece que le corresponde al ministerio del ramo “Coordinar con los organismos competentes sistemas de control para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes” (Ley de Gestión Ambiental, 2004).

2.2.5 Ley Orgánica de Salud

Registro Oficial # 423, Viernes 22 de Diciembre del 2006

En la Ley Orgánica de Salud, en sus Artículos 97, 98 y 100 se establecen las normas básicas para la prevención del ambiente en cuanto a materias relacionadas con la salud humana, como por ejemplo el manejo de desechos que serán de cumplimiento obligatorio. Además, se coordinará con las entidades publicas o privadas para promover programas y campañas de información y educación para el manejo de desechos. Así mismo expone la competencia de los municipios respecto a la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos (Ley Orgánica de salud, 2006).

2.2.6 Manejo Integral de Residuos Sólidos en el Cantón Shushufindi

Ordenanza Municipal #2

Registro Oficial Suplemento # 119, 8 de Noviembre 2013

En el Artículo 2 de la Ordenanza de esta ciudad, se establecen las políticas, lineamientos, principios, fines, normas, instrucciones y mecanismos que permitirán la adecuada gestión integral de los desechos y residuos sólidos de tipo doméstico no peligroso, comercial, industrial no peligroso, institucionales, peligrosos, hospitalarios y escombros; siendo aplicable en toda la geografía del Cantón Shushufindi.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 Humedad

Coral (2015), en su documento de “Residuos sólidos y residuos tóxicos y peligrosos” cita al Manual para la gestión de Residuos Urbanos en el cual dice que la humedad es el contenido de agua que posee un residuo. Los RSU contienen un porcentaje considerable de agua, que varía de acuerdo a la composición del residuo, el lugar geográfico donde se genera, y la estación del año. Los RSU contienen entre un 25 y un 60 % de humedad. Este contenido de agua influye directamente sobre el poder calorífico de los residuos y proviene principalmente de la materia orgánica. Los valores de humedad típica para los residuos son los siguientes:

Tabla IV. Porcentaje de humedad de los residuos

<i>RESIDUO</i>	<i>% Humedad</i>
Materia Orgánica	70
Papel	6
Cartón	5
Plásticos	2
Textiles	10
Madera	24
Vidrio	2

Fuente: Coral, 2015. Obtenido del manual para la gestión de Residuos Urbanos

Al momento de realizar tratamientos térmicos para el manejo de residuos sólidos, es importante tener en cuenta el porcentaje de humedad contenida en los mismos, ya que la misma se presenta en distintos tipos, los cuales son: (Arrechea *et al.*, 2009)

- Humedad del residuo sólido o humedad superficial: es aquella en la cual se contempla el agua intrínseca de los residuos como la humedad que se ha absorbido de la atmósfera o de la lluvia cuando los contenedores de almacenamiento no están completamente cerrados o porque los residuos se encuentran a la intemperie.
- Humedad del material de cobertura o molecular, contempla la cantidad de agua que entra con estos materiales, la cual dependerá del tipo, del origen y la estación del año del lugar de estudio en cuestión.

Hay que tomar en cuenta que la humedad contenida en los RSU es fundamental al momento de querer enfocarse en tratamientos para su gestión, ya que puede llegar a constituir una problemática en cuanto al manejo inadecuado de los mismos, debido a que está relacionada con la contaminación tanto atmosférica como del suelo, y las aguas superficiales y subterráneas.

2.3.2 Cenizas

Como explica García-Valcarce, (1998), las cenizas son los residuos sólidos muy finos que proceden de la combustión. Estos se presentan bajo la forma de un polvo fino de color gris, suave y susceptible de ser arrastradas por la acción del viento. La ceniza residual es un producto de la incineración de los residuos sólidos. La porción inorgánica no combustible de los residuos sólidos (como latas, frascos, polvo, etc.) y la materia orgánica no combustible (hollín) son los constituyentes de la ceniza.

Según el Manual de Gestión Integral (CEMPRE, 2012), durante la incineración se generan dos tipos de ceniza: la ceniza de fondo y la ceniza suspendida en el gas de combustión. La ceniza de fondo está compuesta por el material no combustible que pasa por la cámara de combustión. Esta ceniza constituye del 75 al 90% de toda la ceniza generada, según la tecnología que se emplee. La ceniza suspendida en el gas de combustión es un material más ligero recolectado por el equipo de control de contaminación.

Las cenizas generadas de los residuos sólidos municipales tienen una alta presencia de metales pesados especialmente de plomo y cadmio, que proceden de elementos como baterías de plomo-ácido, equipos electrónicos y algunos plásticos. Debido a los efectos potencialmente perjudiciales del desecho de ceniza, es necesario evaluarla en los estadios iniciales del proyecto. La lixiviación en los rellenos es la preocupación principal, ya que los metales solubles pueden contaminar el nivel freático. Las dioxinas asociadas con la ceniza suspendida en el gas de combustión, se pueden controlar bastante a través de buenas prácticas de combustión. (CEMPRE, 2012).

2.3.3 Incineración

El proceso de incineración consiste en un proceso de combustión controlado, que convierte la fracción orgánica de los Residuos sólidos en materiales inertes y gases. Se trata de una opción a considerar para residuos inevitables, no reutilizables ni reciclables. La incineración es un procedimiento válido para la eliminación de residuos cuando éstos son combustibles; puede aplicarse a suelos contaminados, desechos sólidos, líquidos o gaseosos (Coral, 2015)

Coral (2015) explica que la destrucción térmica de los residuos implica la exposición controlada de los mismos a elevadas temperaturas, normalmente de 900 a 1200 °C o incluso más, y en medio oxidante. La incineración se utiliza tanto en la eliminación de residuos tóxicos y peligrosos como también en la eliminación de residuos urbanos, permitiendo una gran eficacia en cuanto a su reducción. Su grave inconveniente es la contaminación del aire.

Incinerar los residuos sólidos tiene varias ventajas: mata organismos transmisores de enfermedades, reduce entre un 60 – 70 % del peso y entre un 80 – 90 % el volumen de los desechos que van a los rellenos o terraplenados, reduce la necesidad de espacios de relleno y no exige cambios en los hábitos de desecho de los consumidores, fabricantes o transportistas de basura. Sin embargo, en vez de reducir la cantidad total de desperdicios, deja pasar algo de ellos a la atmósfera como contaminantes gaseosos (CO₂, SO₂ y NO₂), y produce cenizas tóxicas, volantes y depositantes, que se deben alojar en rellenos o terraplenados. Aunque la cantidad del material a enterrar disminuye, aumenta su toxicidad. (Coral, 2015)

Garrigues (2003) en el Manual para la Gestión de los Residuos Urbanos dice que existen tres tipos de residuo que se podrían utilizar en este proceso:

- El primero es el residuo en bruto, que son los residuos que se recogen en masa sin separación de la fracción orgánica.
- El segundo es el uso de los residuos derivados de rechazo, que son residuos que han sido clasificados, separando los componentes reciclables por un lado y, por otro, la fracción orgánica, para fines tales como el compostaje.
- El tercero son restos no orgánicos separados en la fuente previo a su tratamiento en una planta incineradora.

2.3.4 Pérdida por calcinación

La pérdida por calcinación es uno de los parámetros analíticos que se utiliza en las rocas, sin embargo también es aplicada en diversos cálculos que tienen enfoques en la determinación de material orgánico e inorgánico incinerable a una cierta temperatura. Este valor se obtiene calcinando la muestra y midiendo la diferencia de peso entre la muestra sin calcinar y la calcinada siendo expresada en forma porcentual. Dicho valor refleja el contenido de la muestra en componentes volátiles, como agua, carbonatos (que se descomponen liberando CO₂), sulfatos y sulfuros (que se descomponen liberando SO₂), etc. (UCLM, S/F).

Para la determinación de este parámetro se puede emplear la siguiente ecuación establecida en la NTE INEN 0498 (1981):

$$\% \text{ Pérdida por calcinación} = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Ecuación 1. Determinación de Porcentaje de pérdida por calcinación.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO: Tamaño muestral

Para determinar el tamaño de la población, es decir el número de muestras a tomar, se aplicó la ecuación estadística aplicada a poblaciones finitas, es decir menos de 99.999 individuos. Estas poblaciones se las considera pequeñas y de tamaño que se puede considerar exacto y conocido. (Morales, 2012)

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

Ecuación 2. Tamaño muestral

Fuente: Morales, 2012

Donde:

n = tamaño de la muestra

z = nivel de confianza

p = probabilidad de poseer el atributo

q = probabilidad de no poseer el atributo

N = tamaño de la población

e = error muestral

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

- **Cálculo**

$$n = ?$$

$$z = 1.96$$

$$p = 0.5$$

$$q = 0.5$$

$$N = 24 \text{ meses}$$

$$e = 10\%$$

$$n = \frac{24}{1 + \frac{(0,1)^2 (24 - 1)}{1,96^2(0,5)(0,5)}}$$

$n = 19,36 \text{ meses}$

Esto quiere decir que durante un periodo de dos años se debe realizar el muestreo durante 19 meses o 10 muestreos por año. Cabe mencionar que en la investigación anterior realizada por Baca, 2015, se tomaron 7 muestras desde enero del 2015 hasta julio del mismo año, es por eso que la presente investigación continuó desde agosto del 2015 hasta mayo del 2016 dando un total de 17 muestras. Las muestras restantes serán cubiertas por los siguientes investigadores.

3.2 PROCEDIMIENTO DE CAMPO

3.2.1 Obtención de muestras

La metodología de la presente investigación se basa en la establecida en la Guía HDT 17 “METODO SENCILLO DEL ANALISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS” del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 2000) la cual fue desarrollada por el Dr. Kunitoshi Sakurai.

Esta metodología utilizada para los residuos sólidos urbanos que se generan en la Reserva Biológica de Limoncocha consiste en tomar fundas al azar, romperlas y mezclarlas con el fin de obtener una muestra homogénea y alcanzar un total de 50 kg en peso de residuo. Después de haber obtenido la muestra representativa se procedió a realizar un cuarteo del cual se toman los dos cuartos opuestos de la muestra; este procedimiento de cuarteo se lo realiza una vez más. La siguiente gráfica muestra el procedimiento anteriormente descrito.

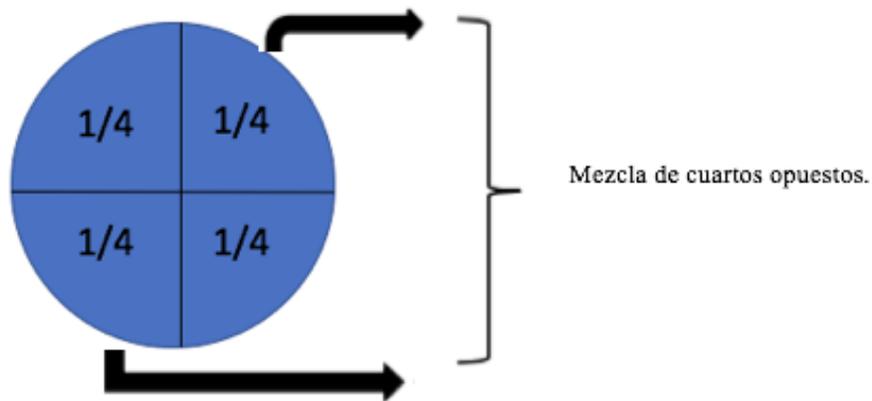


Figura 7. Método del cuarteo de muestras

Elaborado por: Cano, 2016

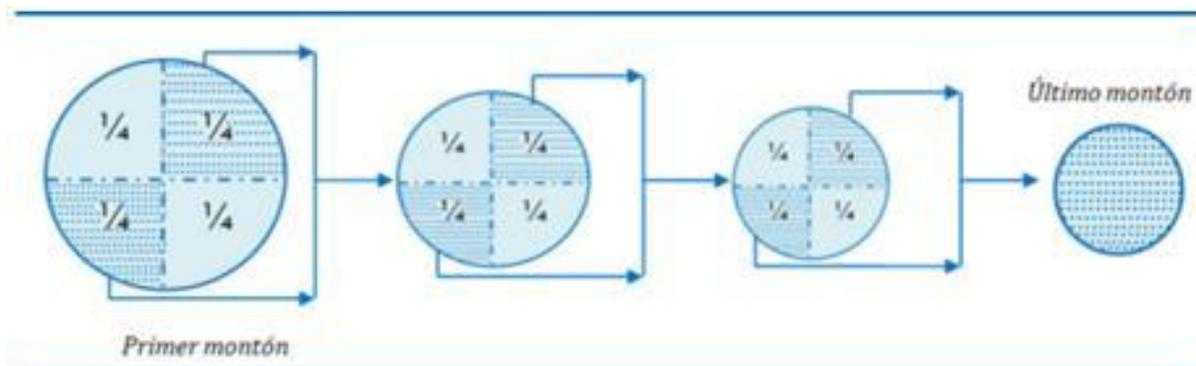


Figura 8. Método para la obtención de muestras de RSU

Fuente: CEPIS, 2000

Finalmente se obtuvo una muestra final de aproximadamente 12.5 kg, la cual se procedió a separarla en dos fundas plásticas, una para materia orgánica y otra para las demás categorías, con el fin de que la humedad de la materia orgánica no afecte a las demás. Posterior a esto, las fundas plásticas se les coloca en un cooler, el cual es sellado y embalado para evitar manipulación de la muestra, y finalmente su traslado hacia el laboratorio.

Como uno de los principales requisitos en cuanto a seguridad para el muestreo fue la utilización de equipos de protección personal (EPP) los cuales son:

- Mascarilla de filtro de carbono
- Gafas de seguridad
- Botas de caucho
- Guantes de nitrilo

Equipos utilizados para el muestreo son:

- Palas para el mezclado y separación en cuartos
- Fundas plásticas para la separación y recolección de las categorías en las que fueron clasificados los residuos
- Pesa digital
- Cuaderno de campo y esfero para anotaciones
- Cooler

3.3 PRESERVACIÓN Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

Después de hacer los respectivos cuarteos, una vez obtenidas las muestras, estas son colocadas en un cooler y selladas para evitar la contaminación y facilitar su traslado hacia Quito. Una vez en el laboratorio de la Universidad Internacional SEK se depositan las muestras en un refrigerador adaptado a 8°C de temperatura. De esta manera, se evita pérdidas de humedad por evaporación o reacciones aceleradas de descomposición.

3.4 PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO

3.4.1 Preparación de las muestras para el análisis

Una vez obtenidas las muestras en el laboratorio, se procedió a realizar la caracterización de la misma, esto quiere decir que se pesa cada categoría de residuo para obtener cuál es su porcentaje en peso respecto al total de la muestra.

Después de saber cuál es el porcentaje de cada categoría de residuo, se hace una relación respecto a los 100g que se necesita de muestra para los análisis de laboratorio, con el fin de tener una muestra representativa. Posteriormente se realiza el picado de las muestras de cada categoría en pedazos no mayores a 1cm con la ayuda de tijeras para después trasladarlas a los crisoles de porcelana.

3.5 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS: PORCENTAJE DE HUMEDAD (%H) Y PORCENTAJE DE CENIZAS (%C)

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

3.5.1 Determinación del Porcentaje de Humedad (%H)

3.5.1.1 Procedimiento en laboratorio

Para la determinación del porcentaje de humedad se continuó con procedimientos y técnicas de laboratorio. La siguiente tabla presenta un ejemplo del formato utilizado para la toma de datos de las muestras.

Tabla V. Formato de reporte de datos de laboratorio para humedad

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso neto residuos (g)	Peso crisol + residuos secos (g)	Peso neto de residuos sin humedad (g) (residuos - peso crisol)	%Humedad total
1						

Elaborado por: Cano, 2016

Después de picar la muestra y obtener los 100g de residuos homogenizado, se procede de la siguiente manera:

- Se toman tres crisoles de porcelana de 50 mL, se los etiqueta y se los pesa en la balanza analítica.
- Se anota el peso con las cifras que proporciona la balanza en peso crisol.
- Se procede a aforar el crisol con la muestra húmeda y se anota con 2 cifras significativas en Peso crisol + Muestra húmeda.
- Se introducen los crisoles en la estufa automática.
- La estufa se la programa a 105 °C durante un periodo de 24 horas.
- Pasado este periodo de tiempo, se espera durante aproximadamente 10 minutos antes de abrir la estufa. Luego se retira cada crisol con pinzas y se los pesa nuevamente, su valor se lo anota en Peso crisol + residuo seco.
- Una vez llenados los datos en la **Tabla V** y basados en la ecuación (**Ecuación 3**) se halló el porcentaje de humedad contenido en los RSU.

3.5.1.2 Cálculo para la determinación del porcentaje de humedad

Para calcular el porcentaje de humedad se emplea la fórmula utilizada por Dueñas (2012) el cual cita el laboratorio de Suelos y Aguas de Sáenz Peña (2005), la fórmula a aplicar es la siguiente:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{A - B}{A - C} * 100$$

Ecuación 3. Determinación del porcentaje de humedad.

Fuente: Dueñas, 2012

Donde:

A = Peso del crisol mas la muestra húmeda (g).

B = Peso del crisol mas la muestra seca (g).

C = Peso del crisol (g).

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

3.5.2 Determinación del porcentaje de cenizas (%C)

3.5.2.1 Procedimiento de Laboratorio

Se trató de simular un proceso de incineración en el laboratorio, con tiempo, presencia de oxígeno y temperaturas controladas. Con el fin de desarrollar una metodología lo más cercana posible para la incineración, se realizó una adaptación de varios procedimientos aplicados anteriormente por Dueñas (2012), quien basó sus experiencias en referencias empleadas por diferentes autores.

Esta investigación utiliza la metodología utilizada anteriormente por Baca (2015), en la cual descarta del proceso de incineración la categoría de plásticos, vidrio y metales ya que al ser un proceso a 900 °C, para estas categorías no es posible el aprovechamiento de su poder calórico, pudiendo generar dioxinas y furanos los plásticos, en tanto que el vidrio y los metales no cambian sus características.

Tabla VI. Formato de reporte de datos de laboratorio para cenizas

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso neto de residuos (g)	Peso crisol + cenizas (g)	Peso neto cenizas (cenizas - crisol) (g)	Porcentaje de cenizas (%)
1						

Elaborado por: Cano, 2016

- Se toma tres crisoles de porcelana de 50 mL, se los etiqueta y se los pesa en la balanza analítica.
- Se anota el peso con 2 cifras significativas en Peso crisol.
- Se procede a aforar el crisol con la muestra húmeda y se anota el valor con 2 cifras significativas en Peso crisol + muestra.
- Se introduce los crisoles en la mufla automática.
- Se programa la mufla a 900 °C durante un periodo de 6 horas.
- Pasado este periodo de tiempo, se espera mínimo 45 minutos antes de extraer los crisoles de la mufla. Este procedimiento se lo realiza con las pinzas para el crisol.
- Pesar y anotar el peso.
- Una vez llenado los datos en la **Tabla #6** y basados en la ecuación (**Ecuación # 4**), se procede a determinar el porcentaje de cenizas obtenidas del proceso de incineración de los RSU.

3.5.2.2 Cálculo para la determinación del porcentaje de cenizas

Para obtener el porcentaje de cenizas se emplea la fórmula utilizada por Dueñas (2012), el cual cita a la norma Peruana NTE 0.544 (2006).

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{CC - W}{CS - W} * 100$$

Ecuación 4. Determinación del porcentaje de cenizas

Fuente: Dueñas, 2012

Donde:

CC = Peso del crisol mas la ceniza (g).

W = Peso del crisol vacío (g).

CS = Peso del crisol con la muestra seca (g).

3.6 CÁLCULOS ADICIONALES

Como cálculo adicional a los objetivos planteados al principio de esta investigación, durante el desarrollo del mismo se decidió utilizar los datos obtenidos para realizar aportes adicionales que son de interés para efectuar esta y otras investigaciones.

3.6.1 Reducción en volumen de los residuos después de la incineración

3.6.1.1 Procedimiento en laboratorio

Siguiendo el principio anterior, se procedió a calcular una relación entre los volúmenes, es decir el volumen antes de la incineración y el volumen final. Para su determinación se debe considerar:

- Antes de poner a incinerar la muestra, esta se la coloca en una probeta graduada para calcular el volumen inicial de los residuos.
- Posterior a la incineración se trasvasa las cenizas en una probeta graduada de 15 mL para calcular el volumen final de los residuos.
- Finalmente para el cálculo de la reducción de volumen se utiliza la siguiente formula

3.6.1.2 Cálculo para la determinación de la reducción en volumen de los RSU

La metodología para determinar la reducción de volumen de los residuos después de la calcinación fue previamente establecida por Dueñas (2012) la cual consiste en:

$$\% \text{ Reducción de volumen} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100$$

Ecuación 5. Determinación de la reducción de volumen

Donde:

V_i = Volumen inicial antes de la incineración (mL).

V_f = Volumen final de cenizas obtenido después de la incineración (mL).

3.7 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Después de haber obtenido la totalidad de los resultados, se procedió a representarlos como promedios siguiendo la ecuación descrita por Castillo (2011).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Ecuación 6. Promedio

Donde:

\bar{X} = Promedio

X_i = Valores obtenidos

n = Numero de datos

Paralelamente a esto, se calculó la desviación estándar de los promedios con el fin de estimar la variabilidad de los datos, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación mencionada por Castillo (2011).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n - 1}}$$

Ecuación 7. Desviación estándar

σ = Desviación estándar

\bar{X} = Promedio

X_i = Valores obtenidos

n = Numero de datos

Por último, se calculó el error relativo existente, para poder estimar si las variaciones fueron resultado de errores sistemáticos de laboratorio.

Para esto se utilizó la ecuación mencionada en la Cátedra de “Teoría de Errores” de la Universidad de Cantabria (2010).

$$Er = \left| \frac{x - X}{X} \right|$$

Ecuación 8. Error relativo

Donde:

Er = Error relativo

x = Valor real

X = Valor calculado

3.8 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos que se obtuvieron mediante los experimentos de laboratorio, cálculos y tratamientos estadísticos fueron procesados mediante los programas de Office como son Microsoft Word y Microsoft Excel, elaborando y documentándolos en tablas y gráficos los cuales ayudan la organización y obtención de resultados.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 LEVANTAMIENTO DE DATOS

A cada muestra se le realizó el cálculo del porcentaje de humedad y el cálculo del porcentaje de cenizas obtenidas en el proceso de incineración para la totalidad de las categorías asignadas a los RSU, al igual que la determinación de la reducción en volumen de los residuos después del tratamiento térmico.

Los datos presentados en las siguientes tablas son los cálculos realizados para los parámetros anteriormente mencionados y representan únicamente resultados de los datos primarios, es decir los porcentajes calculados por cada muestra.

Sin embargo, los resultados no fueron analizados individualmente, es decir muestra por muestra, más fueron sometidos a un tratamiento estadístico para presentar resultados procesados y significativos. Los resultados se presentaron en forma de tablas y gráficos para su interpretación.

4.1.1 Levantamiento de datos en Campo

- **Primer muestreo: Agosto 2015**

En la primera fecha fijada para el muestreo, el día 28 de agosto del 2015, el grupo de investigación realizó únicamente el cuarteo de 50 kg de desechos, cantidad establecida en el método de Sakurai mencionado anteriormente. Se trasladó a Quito una muestra de 12.5 kg, mismos que fueron procesados en el laboratorio. Como en este muestreo no se realizó la respectiva caracterización de los residuos es considerado como prueba piloto.

- **Segundo muestreo: Septiembre 2015**

A partir del segundo muestreo realizado en adelante se llevó a cabo la caracterización de la composición de los residuos sólidos urbanos de la Parroquia, la misma que se siguió la metodología previamente descrita. De esta manera, e influenciada directamente por las condiciones climáticas y desenvolvimiento social, se obtuvieron los siguientes resultados, acorde a cada muestreo realizado mensualmente:

Tabla VII. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 2.

Composición de los RSU de la RBL			
Muestreo No. 2			
Fecha: 25/09/2015			
Tipo de Residuo		Peso (kg)	Porcentajes (%)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	9.00	72.00
	Papel	0.40	3.20
	Cartón	0.24	1.92
	Madera	0.16	1.28
	Textiles	0.16	1.28
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	0.90	7.20
Otros	(Residuos sanitarios, Electrónicos, Medicamentos, etc.)	1.64	13.12
Total		12.5	100.00

Elaborado por: Cano, 2016

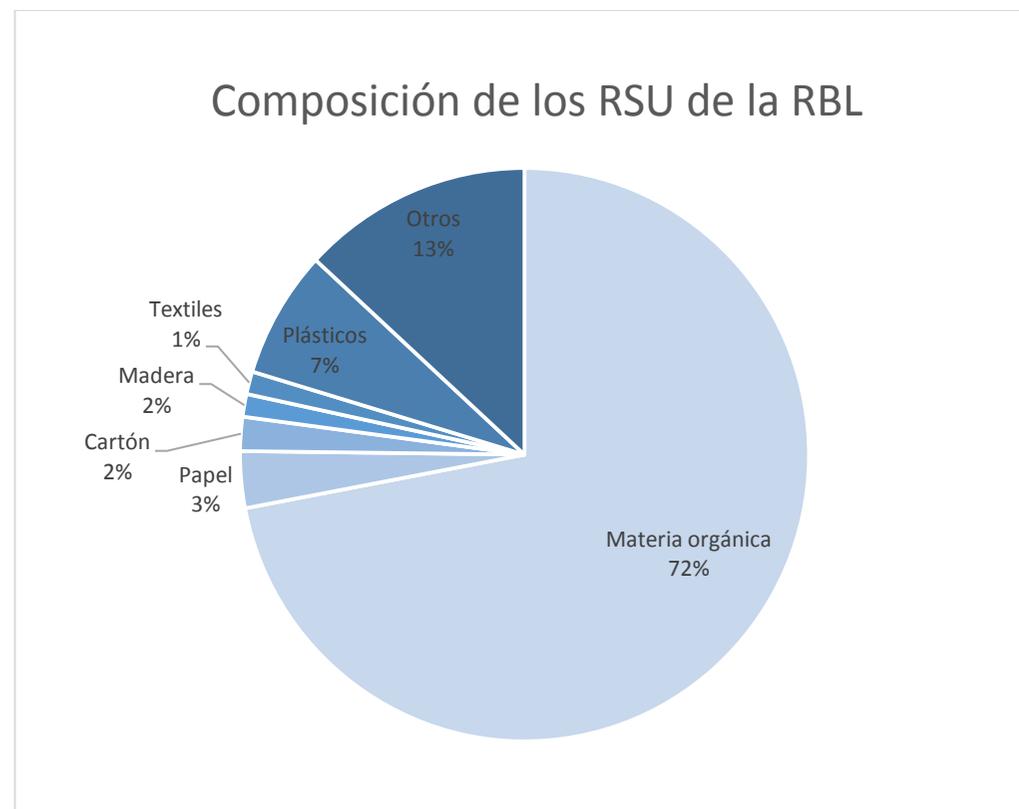


Figura 9. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 2

Elaborado por: Cano, 2016

- Tercer muestreo: Octubre 2015

Tabla VIII. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 3.

Composición de los RSU de la RBL			
Muestreo No. 3			
Fecha: 16/10/2015			
Tipo de Residuo		Peso (kg)	Porcentajes (%)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	7.36	58.88
	Papel	0.06	0.48
	Cartón	0.48	3.84
	Madera	0.50	4.00
	Textiles	0.16	1.28
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	2.50	20.00
Otros	(Residuos sanitarios, Electrónicos, Medicamentos, etc.)	1.44	11.52
Total		12.5	100.00

Elaborado por: Cano, 2016

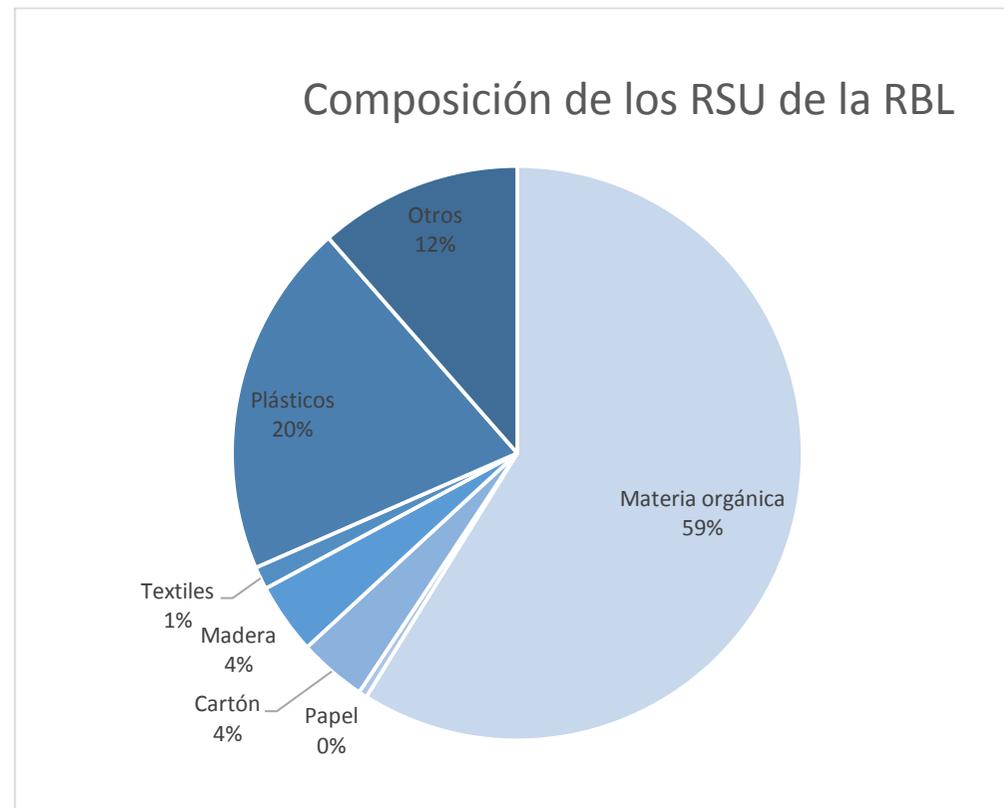


Figura 10. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 3

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuarto muestreo: Noviembre 2015**

Tabla IX. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 4.

Composición de los RSU de la RBL			
Muestreo No. 4			
Fecha: 20/11/2015			
Tipo de Residuo		Peso (kg)	Porcentajes (%)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	5.62	44.96
	Papel	0.16	1.28
	Cartón	0.20	1.60
	Madera	0.10	0.80
	Textiles	0.46	3.68
Reciclables Inorgánico	Plásticos	0.48	3.84
Otros	(Residuos sanitarios, Electrónicos, Medicamentos, etc.)	5.48	43.84
Total		12.5	100.00

Elaborado por: Cano, 2016

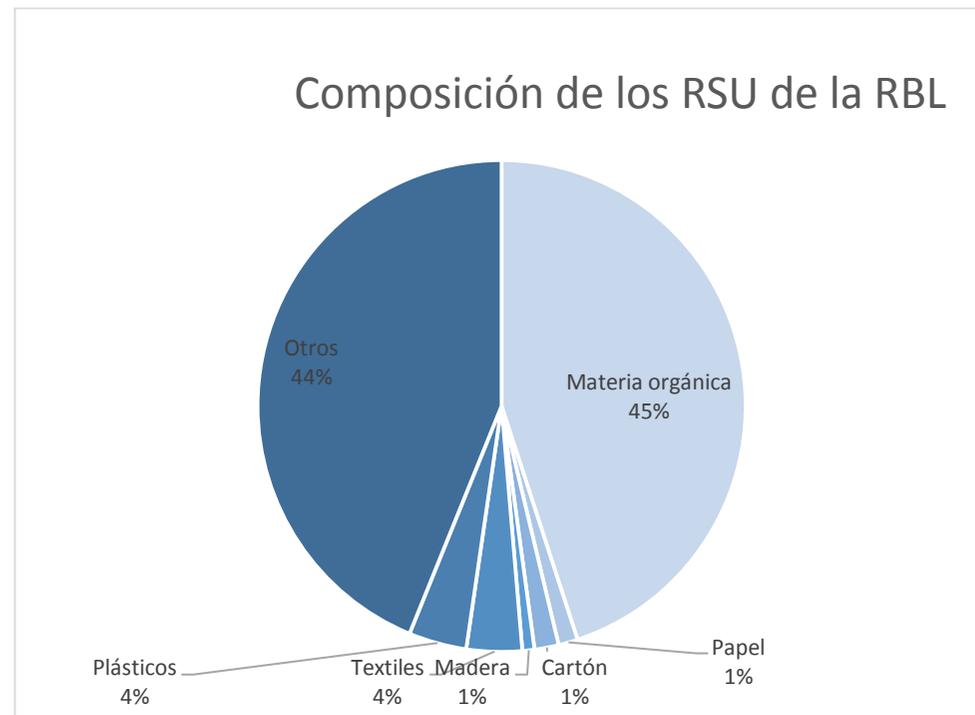


Figura 11. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 4

Elaborado por: Cano, 2016

- **Quinto muestreo: Diciembre 2015**

Tabla X. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 5

Composición de los RSU de la RBL			
Muestreo No. 5			
Fecha: 04/12/2015			
Tipo de Residuo		Peso (kg)	Porcentajes (%)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	10.72	85.76
	Papel	0.06	0.48
	Cartón	0.10	0.80
	Madera	0.50	4.00
	Textiles	0.30	2.40
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	0.70	5.60
Otros	(Residuos sanitarios, Electrónicos, Medicamentos, etc.)	0.12	0.96
Total		12.5	100.00

Elaborado por: Cano, 2016

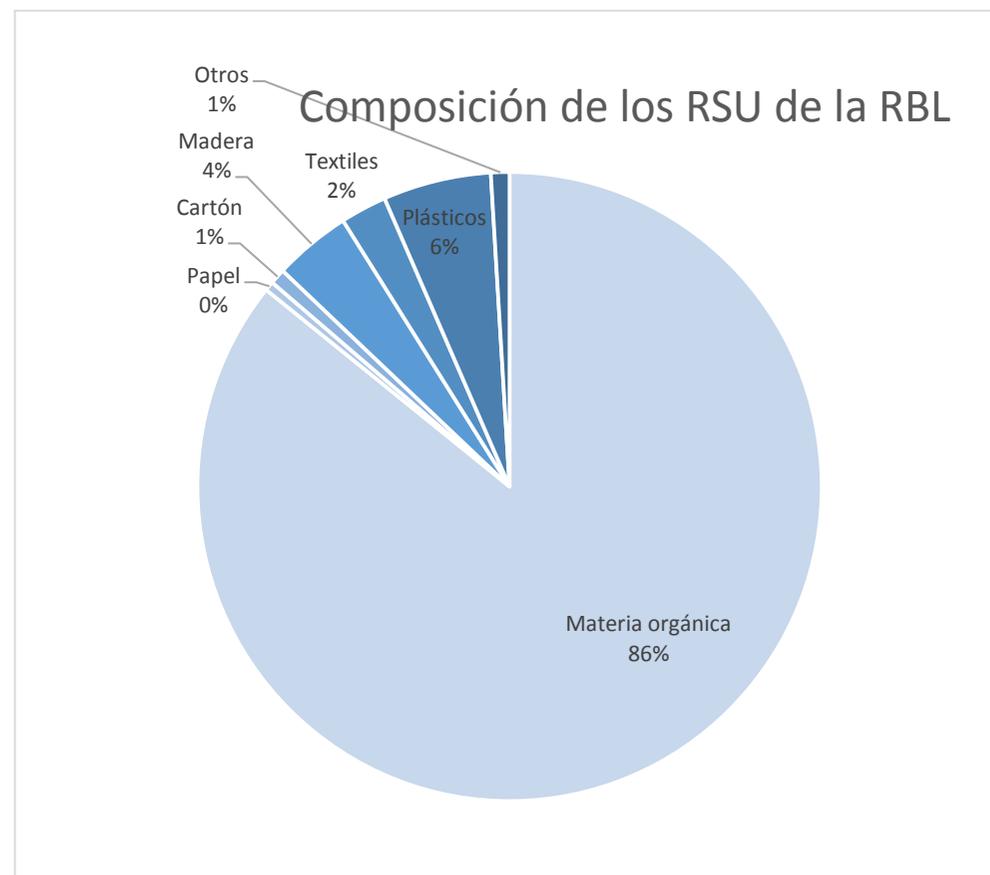


Figura 12. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 5

Elaborado por: Cano, 2016

- **Sexto muestreo: Enero 2016**

Tabla XI. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 6

Composición de los RSU de la RBL Muestreo No. 6			
Fecha: 26/01/2016			
Tipo de Residuo		Peso (kg)	Porcentajes (%)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	10.80	86.40
	Papel	0.04	0.32
	Cartón	0.28	2.24
	Madera	0.10	0.80
	Textiles	0.48	3.84
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	0.75	6.00
Otros	(Residuos sanitarios, Electrónicos, Medicamentos, etc.)	0.05	0.40
Total		12.5	100.00

Elaborado por: Cano, 2016

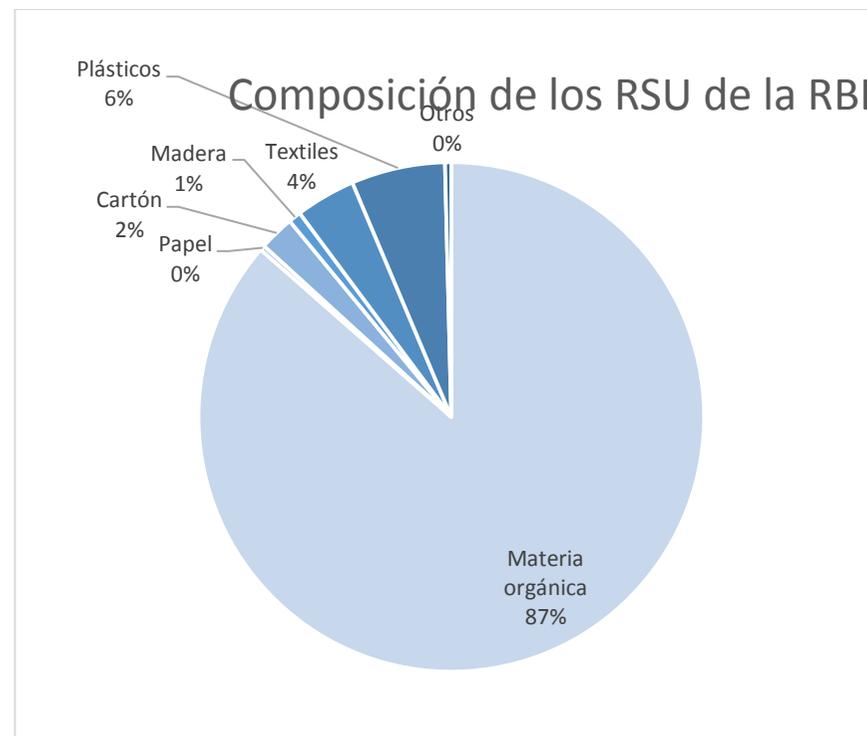


Figura 13. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 6

Elaborado por: Cano, 2016

- **Séptimo muestreo: Febrero 2016**

Tabla XII. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 7

Composición de los RSU de la RBL			
Muestreo No. 7			
Fecha: 19/02/2016			
Tipo de Residuo		Peso (kg)	Porcentajes (%)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	10.00	61.05
	Papel	0.44	2.69
	Cartón	0.70	4.27
	Madera	0.04	0.24
	Textiles	4.00	24.42
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	1.00	6.11
Otros	(Residuos sanitarios, Electrónicos, Medicamentos, etc.)	0.20	1.22
Total		16.38	100.00

Elaborado por: Cano, 2016

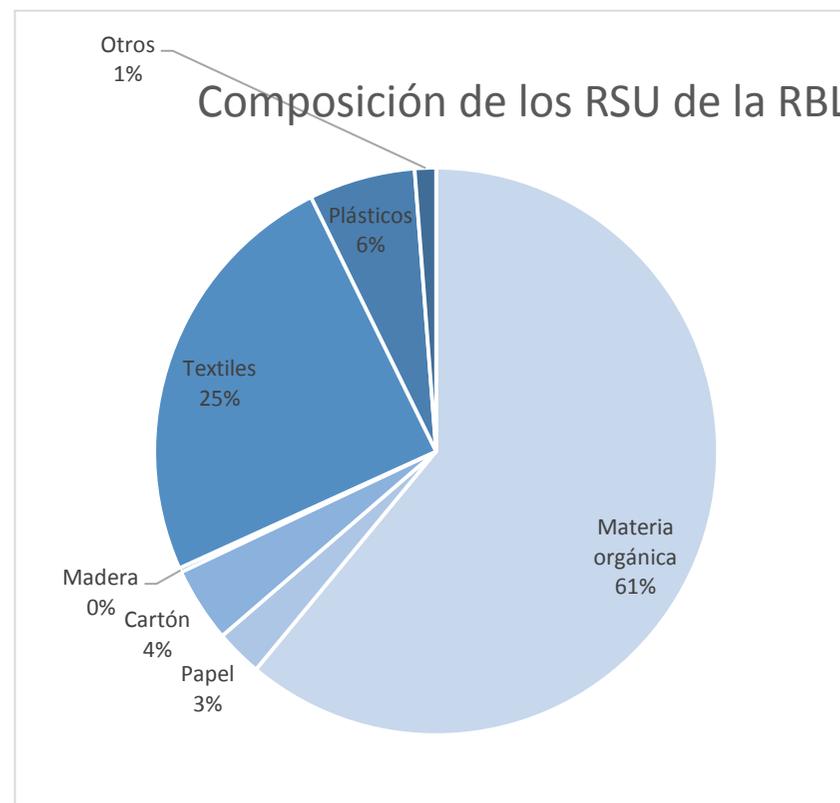


Figura 14. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 7

Elaborado por: Cano, 2016

- **Octavo muestreo: Marzo 2016**

Tabla XIII. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 8

Composición de los RSU de la RBL			
Muestreo No. 8			
Fecha: 15/03/2016			
Tipo de Residuo		Peso (kg)	Porcentajes (%)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	9.50	76.00
	Papel	0.14	1.12
	Cartón	0.10	0.80
	Madera	0.02	0.16
	Textiles	0.42	3.36
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	2.00	16.00
Otros	(Residuos sanitarios, Electrónicos, Medicamentos, etc.)	0.32	2.56
Total		12.5	100.00

Elaborado por: Cano, 2016

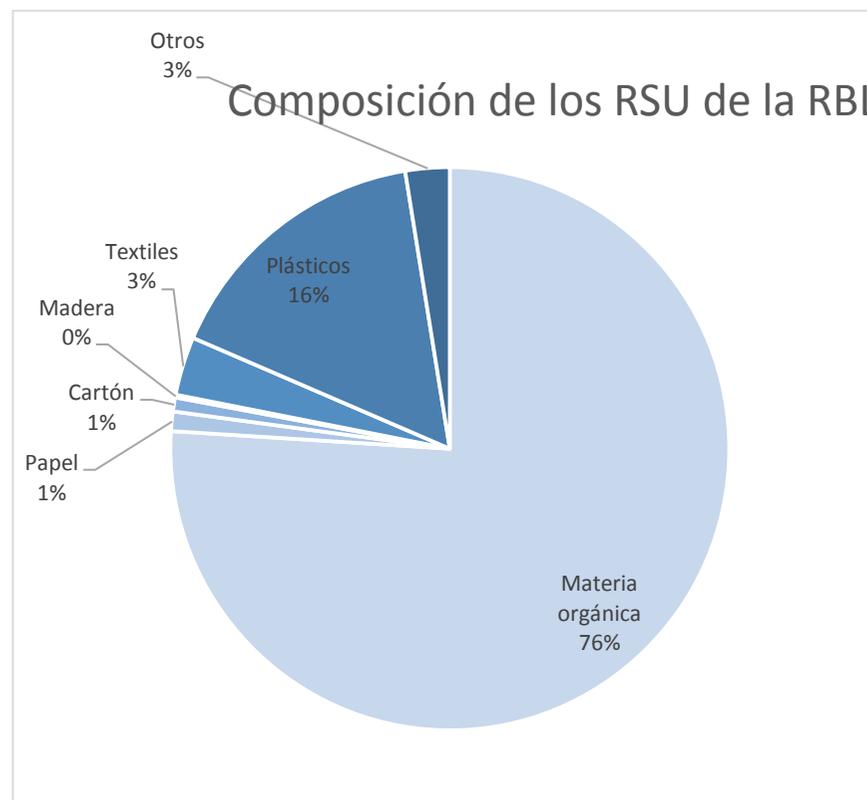


Figura 15. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 8

Elaborado por: Cano, 2016

- **Noveno muestreo: Abril 2016**

Tabla XIV. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 9

Composición de los RSU de la RBL			
Muestreo No. 9			
Fecha: 15/04/2016			
Tipo de Residuo		Peso (kg)	Porcentajes (%)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	7.48	59.84
	Papel	0.20	1.60
	Cartón	0.28	2.24
	Madera	0.08	0.64
	Textiles	0.00	0.00
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	3.46	27.68
Otros	(Residuos sanitarios, Electrónicos, Medicamentos, etc.)	1.00	8.00
Total		12.5	100.00

Elaborado por: Cano, 2016

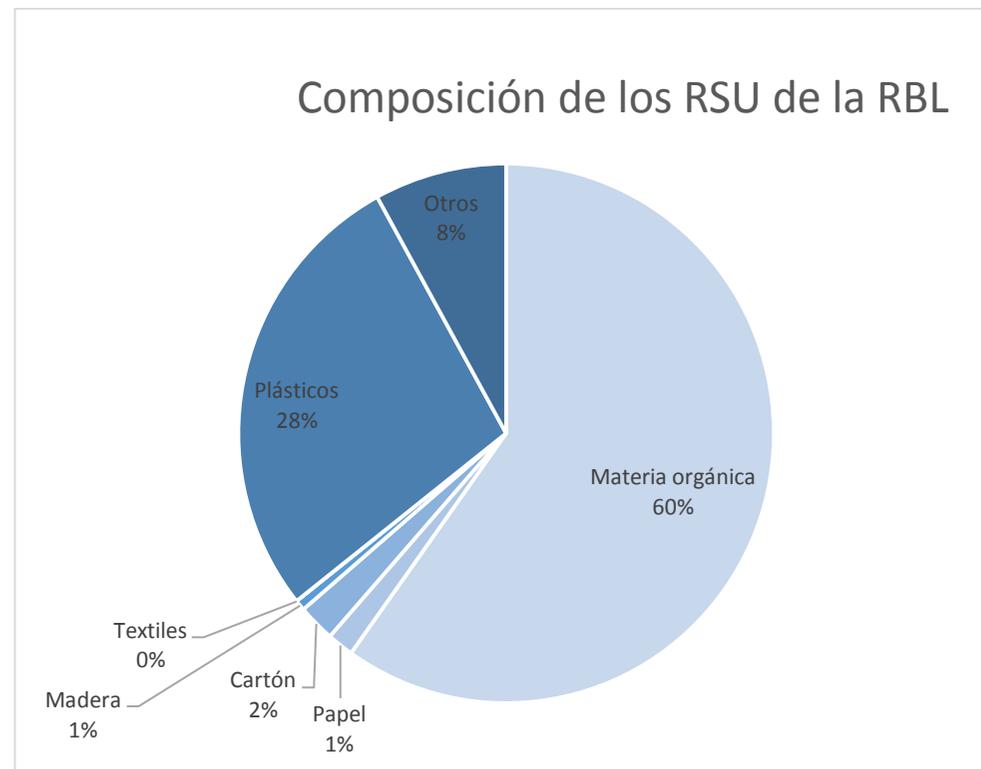


Figura 16. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 9

Elaborado por: Cano, 2016

- **Decimo muestreo: Mayo 2016**

Tabla XV. Composición de los Residuos Sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 10

Composición de los RSU de la RBL			
Muestreo No. 10			
Fecha: 13/05/2016			
Tipo de Residuo		Peso (kg)	Porcentajes (%)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	10.00	80.00
	Papel	0.30	2.40
	Cartón	0.10	0.80
	Madera	0.10	0.80
	Textiles	0.00	0.00
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	1.00	8.00
Otros	(Residuos sanitarios, Electrónicos, Medicamentos, etc.)	1.00	8.00
Total		12.5	100.00

Elaborado por: Cano, 2016

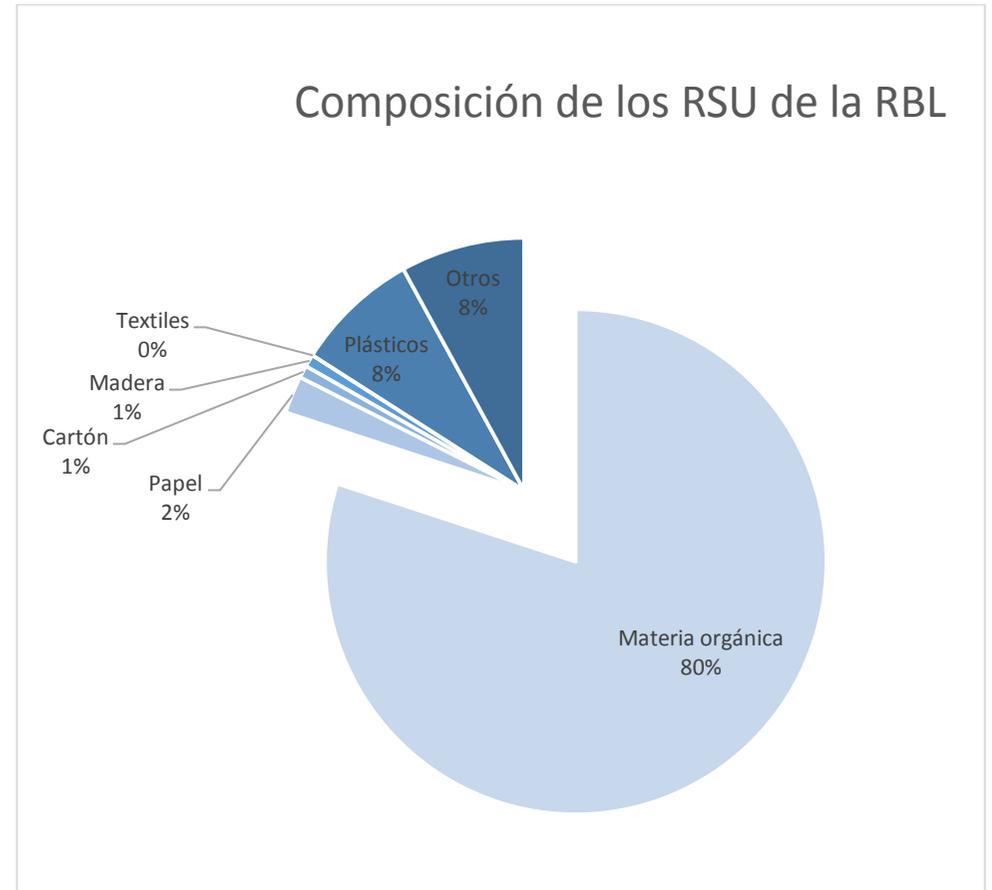


Figura 17. Composición de los Residuos Sólidos. Muestreo No. 10

Elaborado por: Cano, 2016

4.1.2 Levantamiento de datos en el laboratorio

La experimentación se llevó a cabo según lo descrito en el Capítulo III: Metodología. Sin embargo, cabe mencionar que el mes de agosto de 2015 es considerado como prueba piloto, ya que al no contar con la caracterización de los residuos, las muestras realizadas en el laboratorio no fueron representativas. Por lo cual, en los 10 meses de muestreo (Agosto- mayo) se obtuvieron los siguientes resultados:

Segundo muestreo: Septiembre 2015

- **Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU.**

Tabla XVI. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 2.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso neto residuos (g)	Peso crisol + residuos secos (g)	Peso neto de residuos sin humedad (g) (residuos - peso crisol)	%Humedad total
1	37.18	87.18	50.00	49.51	12.33	73.24
2	39.56	89.56	50.00	53.99	14.43	
Total			100.00		26.76	

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU**

Tabla XVII. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 2.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso neto de residuos (g)	Peso crisol + cenizas (g)	Peso neto cenizas (cenizas - crisol) (g)	Porcentaje de cenizas (%)	Reducción en Vol. después de calcinación <i>Rv</i> (%)
1	33.90	67.90	34.00	35.76	1.86	6.95	95.33333333
2	40.51	74.51	34.00	42.89	2.38	8.89	
3	35.09	67.09	32.00	37.82	2.73	10.20	
Total			100.00		6.97	8.68	95.33

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación**

Tabla XVIII. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 2.

% Pérdida por calcinación=	93.03
-----------------------------------	--------------

Elaborado por: Cano, 2016

Tercer muestreo: Octubre 2015

- **Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU.**

Tabla XIX. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 3.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso neto residuos (g)	Peso crisol + residuos secos (g)	Peso neto de residuos sin humedad (g) (residuos - peso crisol)	%Humedad total
1	39.59	71.09	31.50	54.78	15.19	55.38
2	37.20	67.25	30.05	49.51	12.31	
3	36.51	75.30	38.79	53.78	17.27	
Total			100.34		44.77	

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU**

Tabla XX. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 3.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso neto de residuos (g)	Peso crisol + cenizas (g)	Peso neto cenizas (cenizas - crisol) (g)	Porcentaje de cenizas (%)	Reducción en Vol. después de calcinación <i>Rv</i> (%)
1	35.19	75.01	39.82	38.49	3.30	7.42	92.66666667
2	40.64	74.76	34.12	42.85	2.21	4.97	
3	40.01	65.72	25.71	41.54	1.53	3.44	
Total			99.65		7.04	5.28	92.67

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de Perdida por calcinación**

Tabla XXI. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 3.

% Pérdida por calcinación=	92.94
-----------------------------------	--------------

Elaborado por: Cano, 2016

Cuarto muestreo: Noviembre 2015

- **Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU.**

Tabla XXII. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 4.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso neto residuos (g)	Peso crisol + residuos secos (g)	Peso neto de residuos sin humedad (g) (residuos - peso crisol)	%Humedad total
1	37.93	68.46	30.53	48.64	10.71	63.55
2	39.78	75.94	36.16	51.70	11.92	
3	36.19	69.66	33.47	50.07	13.88	
Total			100.16		36.51	

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU**

Tabla XXIII. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 4.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso neto de residuos (g)	Peso crisol + cenizas (g)	Peso neto cenizas (cenizas - crisol) (g)	Porcentaje de cenizas (%)	Reducción en Vol. después de calcinación Rv (%)
1	35.25	67.09	31.84	38.18	2.93	8.01	96.66666667
2	36.72	74.09	37.37	38.85	2.13	5.82	
3	40.53	71.69	31.16	41.46	0.93	2.54	
Total			100.37		5.99	5.46	96.67

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación**

Tabla XXIV. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 4.

% Pérdida por calcinación=	94.03
-----------------------------------	--------------

Elaborado por: Cano, 2016

Quinto muestreo: Diciembre 2015

- **Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU.**

Tabla XXV. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 5.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso neto residuos (g)	Peso crisol + residuos secos (g)	Peso neto de residuos sin humedad (g) (residuos - peso crisol)	%Humedad total
1	39.82	75.89	36.07	50.07	10.25	60.77
2	37.20	67.99	30.79	45.49	8.29	
3	36.41	69.02	32.61	56.89	20.48	
Total			99.47		39.02	

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU**

Tabla XXVI. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 5.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso neto de residuos (g)	Peso crisol + cenizas (g)	Peso neto cenizas (cenizas - crisol) (g)	Porcentaje de cenizas (%)	Reducción en Vol. después de calcinación <i>Rv</i> (%)
1	35.32	63.97	28.65	37.24	1.92	1.92	95.06666667
2	36.81	67.08	30.27	38.93	2.12	2.12	
3	37.87	78.74	40.87	40.07	2.20	2.20	
Total			99.79		6.24	2.08	95.07

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación**

Tabla XXVII. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 5.

% Pérdida por calcinación=	93.75
-----------------------------------	--------------

Elaborado por: Cano, 2016

Sexto muestreo: Enero 2016

- **Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU.**

Tabla XXVIII. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 6.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso neto residuos (g)	Peso crisol + residuos secos (g)	Peso neto de residuos sin humedad (g) (residuos - peso crisol)	%Humedad total
1	36.24	72.54	36.30	52.21	15.97	60.47
2	37.20	66.76	29.56	52.49	15.29	
3	39.83	73.67	33.84	47.98	8.15	
Total			99.70		39.41	

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU**

Tabla XXIX. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 6.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso neto de residuos (g)	Peso crisol + cenizas (g)	Peso neto cenizas (cenizas - crisol) (g)	Porcentaje de cenizas (%)	Reducción en Vol. después de calcinación <i>Rv</i> (%)
1	35.25	67.09	31.84	38.18	2.93	7.39	96.8
2	36.72	74.09	37.37	38.85	2.13	5.37	
3	40.53	71.69	31.16	41.46	0.93	2.34	
Total			100.37		5.99	5.03	96.80

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de Perdida por calcinación**

Tabla XXX. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 6.

% Pérdida por calcinación=	94.03
-----------------------------------	--------------

Elaborado por: Cano, 2016

Séptimo muestreo: Febrero 2016

- **Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU.**

Tabla XXXI. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 7.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso neto residuos (g)	Peso crisol + residuos secos (g)	Peso neto de residuos sin humedad (g) (residuos - peso crisol)	%Humedad total
1	39.82	69.10	29.28	49.09	9.27	71.97
2	36.26	73.28	37.02	45.18	8.92	
3	37.21	70.93	33.72	47.06	9.85	
Total			100.02		28.04	

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU**

Tabla XXXII. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 7.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso neto de residuos (g)	Peso crisol + cenizas (g)	Peso neto cenizas (cenizas - crisol) (g)	Porcentaje de cenizas (%)	Reducción en Vol. después de calcinación <i>Rv</i> (%)
1	36.790	68.76	31.97	38.44	1.65	5.87	96.458
2	39.36	76.68	37.32	40.56	1.20	4.27	
3	36.55	67.45	30.90	38.83	2.28	8.12	
Total			100.19		5.13	6.09	96.46

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación**

Tabla XXXIII. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 7.

% Pérdida por calcinación=	94.88
-----------------------------------	--------------

Elaborado por: Cano, 2016

Octavo muestreo: Marzo 2016

- **Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU.**

Tabla XXXIV. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 8.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso neto residuos (g)	Peso crisol + residuos secos (g)	Peso neto de residuos sin humedad (g) (residuos - peso crisol)	%Humedad total
1	37.18	69.28	32.10	47.26	10.08	73.99
2	39.82	68.93	29.11	48.77	8.95	
3	36.24	74.71	38.47	43.14	6.90	
Total			99.68		25.93	

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU**

Tabla XXXV. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 8.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso neto de residuos (g)	Peso crisol + cenizas (g)	Peso neto cenizas (cenizas - crisol) (g)	Porcentaje de cenizas (%)	Reducción en Vol. después de calcinación <i>R_v</i> (%)
1	36.595	70.56	33.96	37.23	0.64	2.49	99.333
2	33.27	65.85	32.58	33.86	0.59	2.33	
3	39.29	70.76	31.46	39.86	0.57	2.23	
Total			98.01		1.80	2.35	99.33

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación**

Tabla XXXVI. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 8.

% Pérdida por calcinación=	98.16
-----------------------------------	--------------

Elaborado por: Cano, 2016

Noveno muestreo: Abril 2016

- **Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU.**

Tabla XXXVII. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 9.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso neto residuos (g)	Peso crisol + residuos secos (g)	Peso neto de residuos sin humedad (g) (residuos - peso crisol)	%Humedad total
1	37.19	65.16	27.97	42.90	5.71	77.78
2	36.32	74.60	38.28	44.84	8.52	
3	39.82	73.27	33.45	47.75	7.92	
Total			99.69		22.15	

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU**

Tabla XXXVIII. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 9.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso neto de residuos (g)	Peso crisol + cenizas (g)	Peso neto cenizas (cenizas - crisol) (g)	Porcentaje de cenizas (%)	Reducción en Vol. después de calcinación Rv (%)
1	36.849	72.37	35.52	37.82	0.97	4.39	98.500
2	41.08	68.25	27.18	41.78	0.70	3.16	
3	40.36	77.29	36.93	41.46	1.10	4.96	
Total			99.62		2.77	4.17	98.50

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de Perdida por calcinación**

Tabla XXXIX. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 9.

% Pérdida por calcinación=	97.22
-----------------------------------	--------------

Elaborado por: Cano, 2016

Decimo muestreo: Mayo 2016

- **Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU.**

Tabla XL. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU, Muestreo No 10.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso neto residuos (g)	Peso crisol + residuos secos (g)	Peso neto de residuos sin humedad (g) (residuos - peso crisol)	%Humedad total
1	39.59	67.78	28.19	45.90	6.31	68.76
2	37.20	73.57	36.37	46.84	9.64	
3	36.51	71.78	35.27	51.75	15.24	
Total			99.83		31.19	

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU**

Tabla XLI. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU, Muestreo No 10.

No.	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso neto de residuos (g)	Peso crisol + cenizas (g)	Peso neto cenizas (cenizas - crisol) (g)	Porcentaje de cenizas (%)	Reducción en Vol. después de calcinación Rv (%)
1	35.19	72.37	37.18	36.58	1.39	4.44	96.719
2	40.64	68.25	27.61	41.64	1.00	3.21	
3	40.01	75.29	35.28	41.76	1.75	5.60	
Total			100.07		4.14	4.42	96.72

Elaborado por: Cano, 2016

- **Cuantificación del porcentaje de Perdida por calcinación**

Tabla XLII. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU, Muestreo No 10.

<i>% Pérdida por calcinación=</i>	95.86
--	--------------

Elaborado por: Cano, 2016

4.2 DATOS COMPARATIVOS ENTRE MUESTRAS MENSUALES

4.2.1 Cuantificación del porcentaje de humedad contenida en las muestras mensuales de RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

A continuación se expone gráficamente la variación del porcentaje de humedad contenida en las distintas muestras de RSU tomadas mensualmente, para así poder llegar a recomendar una apropiada gestión de los mismos.

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

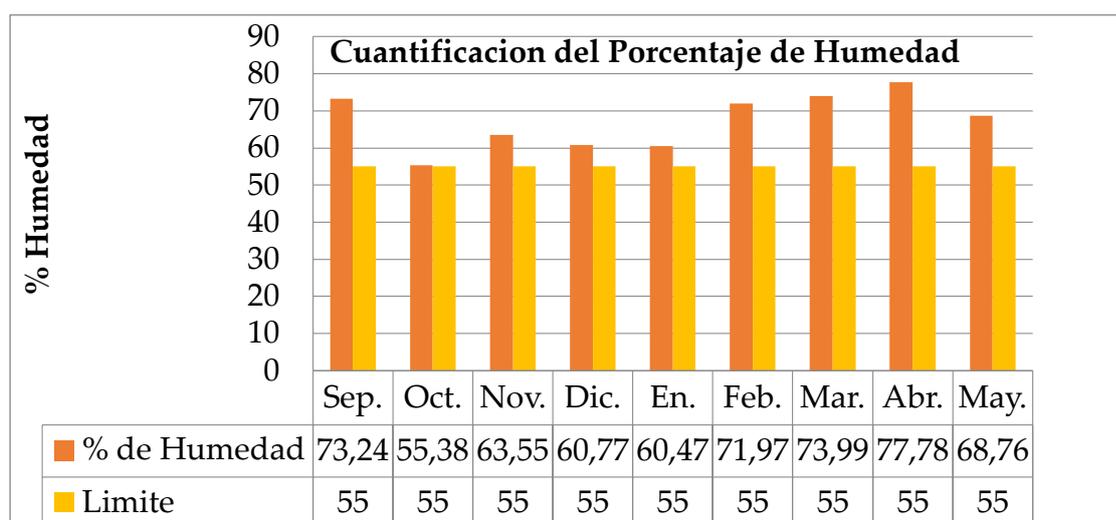


Figura 18. Cuantificación del porcentaje de humedad contenida en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

Elaborado por: Cano, 2016

4.2.2 Cuantificación del porcentaje de cenizas obtenidas del proceso de incineración de los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha.

Al igual que en el apartado anterior, se expone la gráfica con la variación del porcentaje de cenizas obtenidas en el proceso de incineración de las distintas muestras de los RSU tomadas mensualmente, para así poder llegar a recomendar una apropiada gestión de los mismos.

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

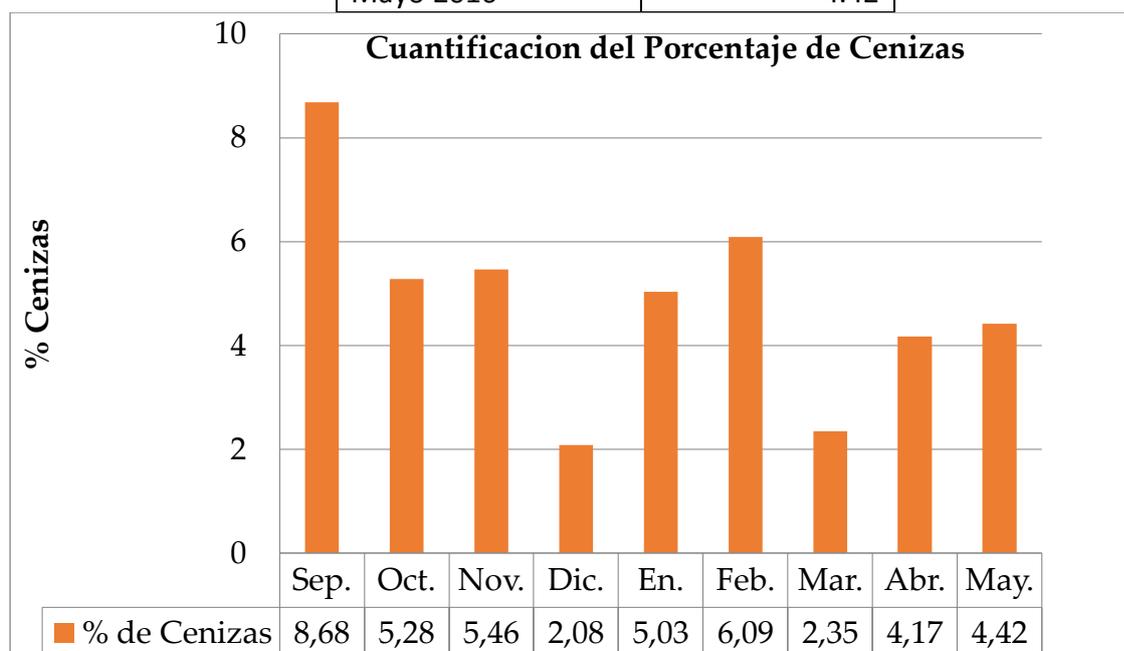


Figura 19. Cuantificación del porcentaje de cenizas de los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

Elaborado por: Cano, 2016

4.2.3 Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

A continuación se muestra de manera mensual la variación del porcentaje de Perdida por calcinación de las distintas muestras de los RSU, y así, junto con la determinación de los otros parámetros, poder llegar a una conclusión en cuanto a la aplicación de un tratamiento térmico como la incineración para tratar los residuos.

Meses	% de Pérdida por Calcinación
Septiembre 2015	93.03
Octubre 2015	92.94
Noviembre 2015	94.03
Diciembre 2015	93.75
Enero 2016	94.03
Febrero 2016	94.88
Marzo 2016	98.16
Abril 2016	97.22
Mayo 2016	95.86

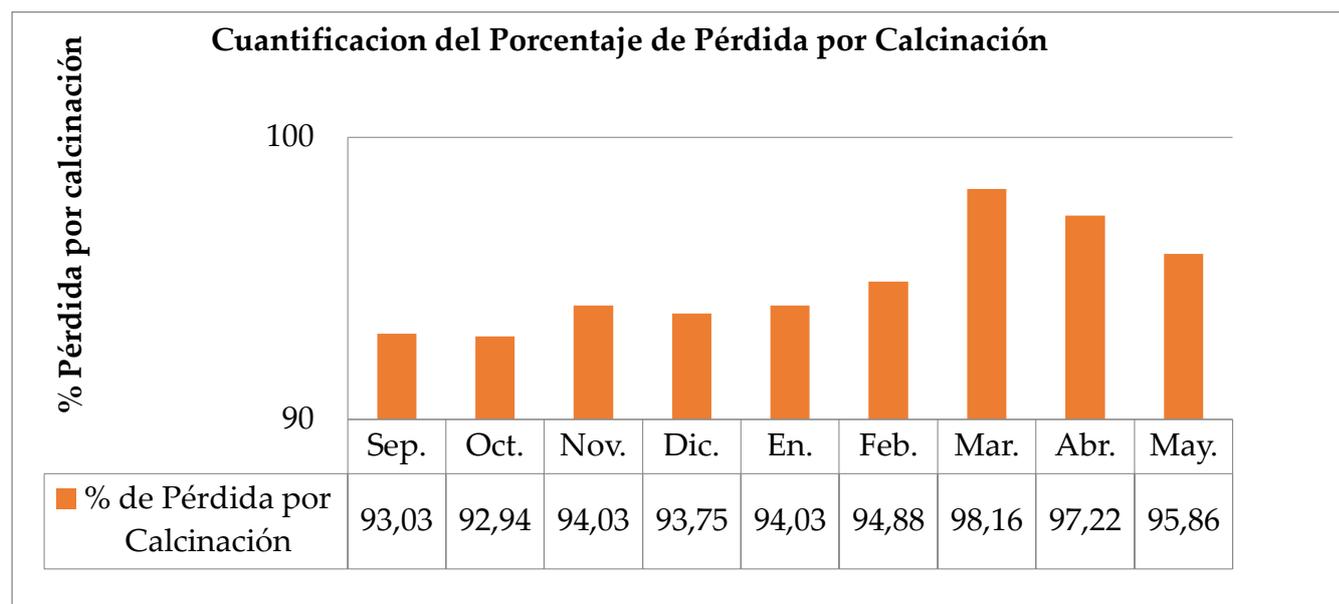


Figura 20. Cuantificación del porcentaje de Perdida por calcinación contenido en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

Elaborado por: Cano, 2016

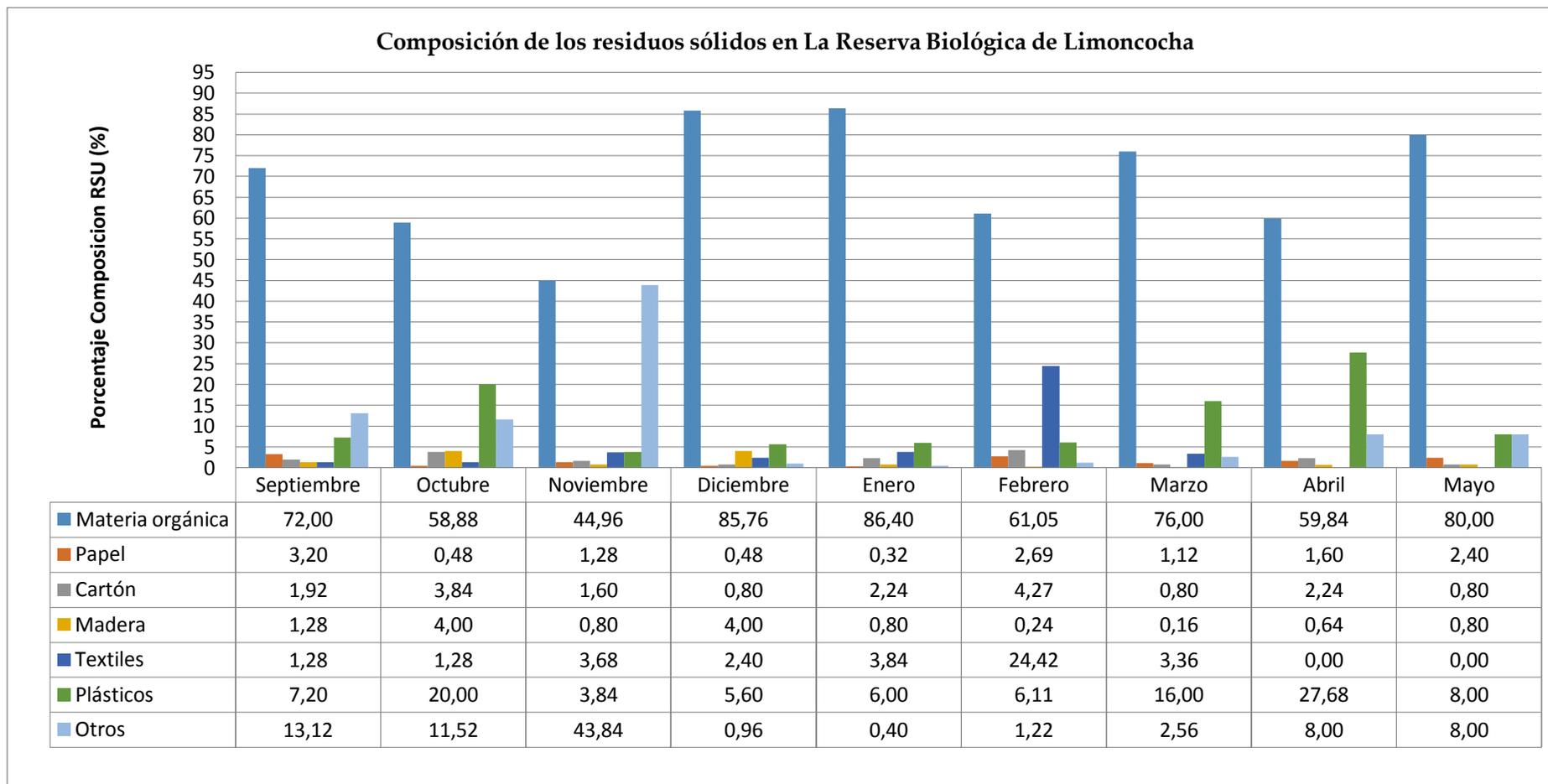
4.2.4 Comparación mensual de la composición de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha

Tabla XLIII. Comparación mensual de la composición de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha

Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha										
Tipo de Residuo		Porcentajes (%)								
		Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	72.00	58.88	44.96	85.76	86.40	61.05	76.00	59.84	80.00
	Papel	3.20	0.48	1.28	0.48	0.32	2.69	1.12	1.60	2.40
	Cartón	1.92	3.84	1.60	0.80	2.24	4.27	0.80	2.24	0.80
	Madera	1.28	4.00	0.80	4.00	0.80	0.24	0.16	0.64	0.80
	Textiles	1.28	1.28	3.68	2.40	3.84	24.42	3.36	0.00	0.00
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	7.20	20.00	3.84	5.60	6.00	6.11	16.00	27.68	8.00
Otros	(Residuos sanitarios, Electrónicos, Medicamentos, etc.)	13.12	11.52	43.84	0.96	0.40	1.22	2.56	8.00	8.00
Total composición RSU		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Elaborado por: Cano, 2016

Figura 21. Comparación mensual de la composición de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha



Elaborado por: Cano, 2016

4.2.5 Determinación de la desviación estándar en la composición mensual de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha.

La determinación de la desviación estándar sigue el teorema de Chebyshev, el cual tiene como ventaja que puede ser aplicable a cualquier conjunto de datos sin importar en que forma estén distribuidos; pero como se ha visto en la práctica, si un conjunto de datos se distribuye en forma de campana es posible aplicar en ellos la llamada regla empírica.

Esta regla permite encontrar el porcentaje de datos que debe estar dentro de determinadas desviaciones estándar respecto a la media. Para lo cual hay tres tipos de desviaciones; la primera dice que aproximadamente el 68% de los datos están a menos de una desviación estándar de la media, la segunda en donde el 95% de los datos están a menos de dos desviaciones estándar de la media, por último la tercera en la cual casi todos los datos de la muestra están a tres desviaciones de la media. En el presente trabajo de investigación se determinó la primera desviación estándar (68%), indicando una alta confiabilidad en los datos obtenidos en cuanto a la caracterización de los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha.

La tabla siguiente muestra los valores obtenidos por categoría de los residuos:

Tabla XLIV. Desviación estándar por categoría de RSU

Categorización de RSU		Muestras Septiembre - Mayo	
		Media	Desviación estándar
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	69.43	14.09
	Papel	1.51	1.05
	Cartón	2.06	1.28
	Madera	1.41	1.50
	Textiles	4.47	7.62
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	11.16	8.19
No Reciclable	Otros	9.96	13.56

Elaborado por: Cano, 2016

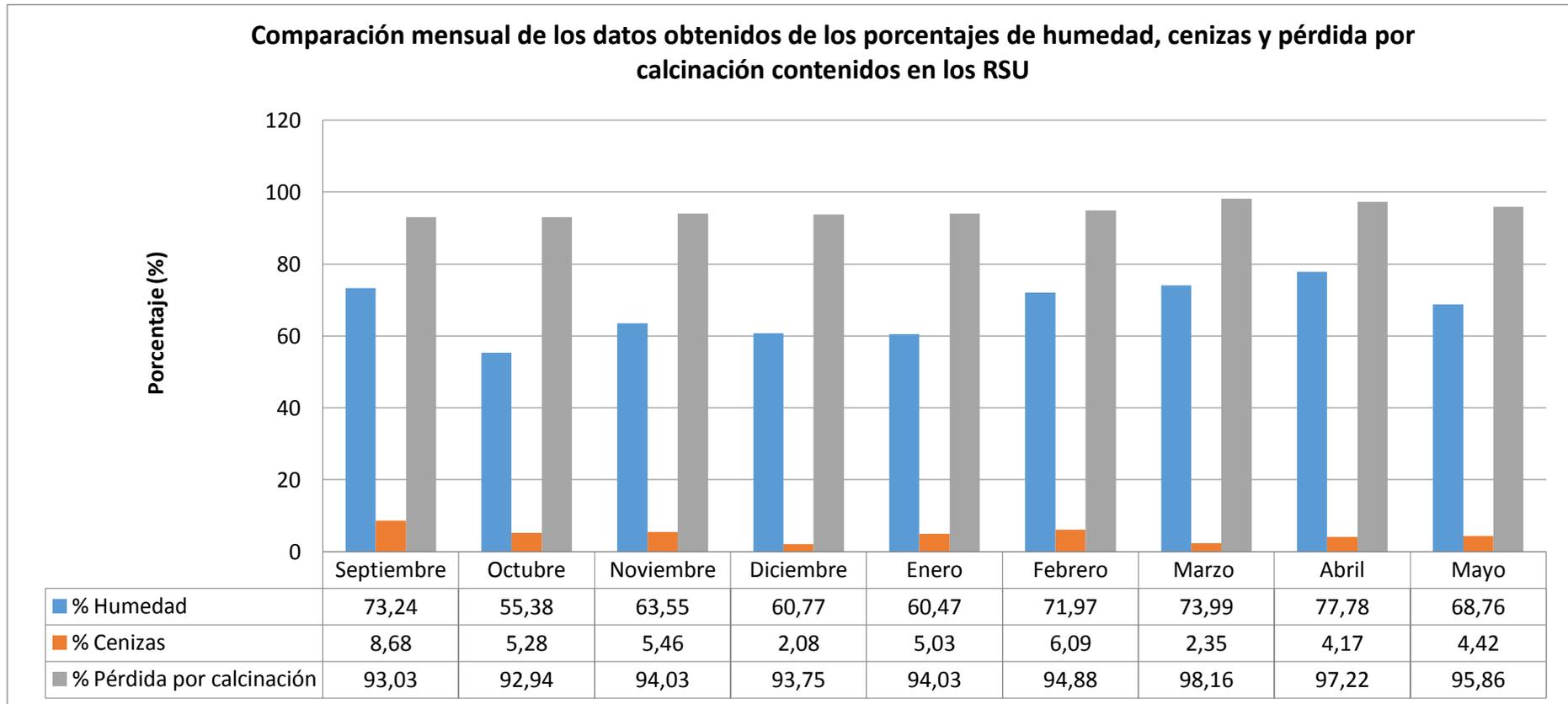
4.2.6 Comparación mensual de los datos obtenidos de los porcentajes de humedad, cenizas y pérdida por calcinación contenidos en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

Tabla XLV. Comparación mensual de los datos obtenidos de los porcentajes de humedad, cenizas y pérdida por calcinación contenidos en los RSU.

Meses	% Humedad	% Cenizas	% Pérdida por calcinación
Septiembre	73.24	8.68	93.03
Octubre	55.38	5.28	92.94
Noviembre	63.55	5.46	94.03
Diciembre	60.77	2.08	93.75
Enero	60.47	5.03	94.03
Febrero	71.97	6.09	94.88
Marzo	73.99	2.35	98.16
Abril	77.78	4.17	97.22
Mayo	68.76	4.42	95.86

Elaborado por: Cano, 2016

Figura 22. Comparación mensual de los datos obtenidos de los porcentajes de humedad, cenizas y pérdida por calcinación contenidos en los RSU



Elaborado por: Cano, 2016

4.2.7 Protocolo para la determinación del porcentaje de humedad y cenizas

Una vez realizado el muestreo en campo que describe la metodología establecida por el Dr. Kunitoshi Sakurai especificada en el Capítulo III, se obtuvo una muestra homogénea de 12,5 kg, la cual tras después de ser llevada al laboratorio, se debe proceder de la siguiente manera:

- Tomar una muestra que sea representativa a la composición original.
- Pesar cada muestra tomada por categoría y homogenizar la muestra hasta obtener un peso total de 100g.
- Tomar un crisol de porcelana de 50 mL y pesarlo en la balanza analítica. Numerar cada crisol de porcelana utilizado puesto que se ocupan más de dos.
- Anotar el peso con las cifras que proporcione la balanza en Peso de los Crisoles.
- Posteriormente, se procede a aforar los crisoles con la muestra húmeda y se anota el valor con 2 cifras significativas en Peso Crisol + Muestra Húmeda en gramos (g).
- Introducir los Crisoles + Muestra Húmeda en la estufa y programarla a una temperatura de 105°C (temperatura estándar para secado) por un tiempo de secado de 24h.
- Una vez transcurridas las 24 horas esperar por 10 minutos antes de abrir la estufa. Luego de este lapso, se retira los crisoles con las pinzas y se pesa nuevamente.
- Anotar el valor con dos cifras significativas en Peso Crisol + Muestra Seca.
- Una vez obtenidos los pesos de la muestra húmeda y seca, se produce a utilizar la siguiente ecuación $\% \text{ Humedad} = \frac{A-B}{A-C} * 100$ para la determinación del porcentaje de humedad contenida en los RSU.
- Paralelamente al proceso de cuantificar la humedad, se hace lo mismo para las cenizas. Se utiliza igualmente 100g de muestra representativa en varios crisoles.
- Una vez pesados los crisoles se los introduce a una mufla programada a una temperatura de calcinación de 900°C para un tiempo de funcionamiento de 6 horas.
- Una vez concluido el tiempo de incineración, esperar un mínimo de 45 minutos antes de extraer los crisoles de la mufla. Realizarlo con las pinzas de crisol.
- Pesar y anotar el peso, en gramos, con 2 cifras significativas, en Peso Crisol + Muestra Incinerada.

- Una vez obtenidos los pesos, utilizar la siguiente ecuación $\% \text{ Cenizas} = \frac{CC-W}{CS-W} * 100$ para la determinación del porcentaje de cenizas obtenidas del proceso de incineración de los RSU.
- Mediante la ayuda de un embudo, colocar las cenizas dispuestas en los crisoles en una probeta de 10mL para obtener el volumen de las mismas.
- Basarse en la ecuación de reducción en volumen para hallar el volumen de cenizas obtenido después de la calcinación.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Durante el desarrollo de la investigación se logró cumplir con los objetivos planteados, los cuales siguieron tanto un proceso de revisión bibliográfica como el desarrollo en campo y laboratorio.
- En el caso de la parroquia rural de Limoncocha, tener una gestión de residuos utilizando la incineración no es recomendable ya que los resultados obtenidos demuestran que existe una elevada presencia de humedad sobrepasando el límite máximo establecido (55% de humedad) debido a un exceso de materia orgánica, llegando a ser hasta de un 72%, por lo que es necesario utilizar una elevada cantidad de energía para poder eliminarla; además de que los volúmenes que se generan de residuos son bajos por lo que no justificaría la implementación de una planta incineradora debido a los costos que esta representa.
- Si se lograra reducir la cantidad de materia orgánica a ser incinerada mediante otros métodos de gestión, habrá una mayor efectividad en el proceso.
- Los datos obtenidos del porcentaje de humedad, cenizas y reducción de volumen son indispensables al momento de hacer un análisis de factibilidad en cuanto a un sistema de tratamiento térmico, aunque no son los únicos parámetros que deberían analizarse, es por esto que se deben complementar en futuras investigaciones.
- El proceso de incineración que se ha desarrollado en el laboratorio es comparable a un proceso a gran escala, en el sentido de que se desarrolla en condiciones controladas de tiempo y temperatura y en presencia de oxígeno.

- La categoría de plásticos tuvo que ser excluida del proceso de incineración debido a la generación de compuestos tóxicos como dioxinas y furanos en este proceso, ya que la temperatura aplicada no es la óptima para evitar la liberación de estos contaminantes.
- El levantamiento de datos se lo realizó una vez al mes durante 10 meses, los cuales arrojaron diferentes datos en cuanto a la composición de los residuos. Esto quiere decir que el consumo generado por la población varía de mes a mes ya sea por festividades, temporada de cosechas, etc., sin embargo la categoría predominante sigue siendo el material orgánico, debido a que es una zona rural que posee grandes áreas destinadas a cultivos.
- Los datos de porcentaje de cenizas, de humedad y reducción en volumen, son indispensables al momento de analizar la factibilidad de un sistema de tratamiento térmico, más no son los únicos parámetros a analizarse, por lo que los datos obtenidos en la presente investigación deben ser complementados en futuras investigaciones.
- El proceso de incineración resulta un tratamiento óptimo para la reducción de volumen de los RSU siempre y cuando se pueda disminuir la cantidad de materia orgánica o realizar un secado previo.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la metodología planteada en el presente estudio para la continuación del proyecto, para así obtener resultados comparables mediante la aplicación de una técnica de análisis estándar.
- Se recomienda continuar con el análisis de los parámetros planteados en esta investigación y adicionar otros parámetros fisicoquímicos de los residuos, con la finalidad de permitir el estudio de la factibilidad de la aplicación de un sistema de

tratamiento térmico, siendo el parámetro adicional de mayor relevancia el poder calórico.

- Es recomendable seguir excluyendo la categoría de plásticos de los análisis, debido a que estos generan dioxinas y furanos, que son contaminantes atmosféricos, es por ello que se recomienda un sistema de reciclado de los mismos.
- Si se va a plantear un sistema de tratamiento térmico con un aprovechamiento energético, se recomienda hacer un secado previo para así poder eliminar la humedad de los residuos, debido a que su alto aporte de este parámetro afectaría en todo el proceso.
- Se recomienda plantear un sistema de control de generación de lixiviados por causas naturales como escorrentía o precipitaciones, humedad que podría atravesar los residuos y generar dichos lixiviados.
- Se recomienda tener un adecuado manejo de las muestras, desde su recolección, traslado y su manejo dentro del laboratorio para que no haya una alteración en sus características.
- Antes de realizar algún tratamiento térmico es importante tomar en cuenta el valor intrínseco que posee cada material, por lo que someterlos a una clasificación y tratamiento diferenciado podría significar un aprovechamiento de los recursos y el potencial contenido en ellos.
- No es recomendable utilizar la incineración como un tratamiento previo a la disposición final de los residuos, ya que el porcentaje de humedad es sumamente elevado lo cual haría que se necesitara de una gran cantidad de energía. Pero por otro lado, la baja y poco constante generación de desechos incinerables hace que sea viable la utilización de este tipo de tecnologías.
- Se recomienda utilizar metodologías de clasificación doméstica, para de esta manera poder darles tratamientos óptimos a cada tipo de desecho. Así, se podrá potenciar el valor energético de cada desecho y paralelamente, aumentar la vida útil del relleno sanitario.

- Se recomienda utilizar el protocolo desarrollado a lo largo de esta investigación para la determinación de los parámetros de interés que signifique una base para el correcto desarrollo de la experimentación en el laboratorio.
- Por último se recomienda utilizar todos los equipos de protección personal tanto en el procedimiento de campo como en el de laboratorio. Además de contar con las respectivas vacunas para poder realizar estos procedimientos para así disminuir riesgos al momento de trabajar con RSU.

CAPITULO VI

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. (2005) “PROUPUESTA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE VINCES, PROVINCIA DE LOS RÍOS - ECUADOR”. Escuela Politécnica del Ejercito (ESPE). Quito – Ecuador.
- Albuja, G. (2004) “REPRESENTACIONES Y DISCURSOS DE LOS KICHWAS DE LA COMUNIDAD LIMONCOCHA RESPECTO A LA INDUSTRIA PETROLERA”. Universidad Politécnica Salesiana. Quito – Ecuador.
- Almeida, M. Gómez, V. Vargas, R. (2013) “PLAN DE TRABAJO PARA EL CANTON SHUSHUFINDI 2014-2019”. Sucumbíos – Ecuador.
- AME, (2014). Asociación de municipalidades ecuatorianas. Obtenido de <http://www.ame.gob.ec/ame/index.php/ley-de-transparencia/56-mapa-cantones-del-ecuador/mapa-sucumbios/197-canton-shushufindi>.
- André, F. Cerdá, E. (2004). GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: ANÁLISIS ECONÓMICO Y POLÍTICAS PUBLICAS.
- Arrechea, A., López, M., Espinosa, M. & Escobedo, R. (2009).ECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOSPROVENIENTES DE VERTEDEROS DE RESIDUOSSÓLIDOS URBANOS. Departamento de Estudios sobre Contaminación Ambiental (DECA), Centro de Investigaciones del Ozono (CIO), Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC).
- Baca, K. (2015) “CUANTIFICACIÓN EL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA”. Universidad Internacional SEK. Quito – Ecuador.

- Bastiaenen (S/F). Manejo de Residuos en los Países Bajos. Hollanel: Planeers in international business. Holanda.
- Bastidas, D., & Lasso, S. (2008). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR). Quito - Ecuador: Ministerio del Ambiente.
- Bastidas, O., Freire, E., Puertas, C., Bejarano, P., Pozo, G., & Tinoco, N. (2014). Estudio Sociambiental de la Reserva Biológica de Limoncocha. Quito - Ecuador: Ministerio del Ambiente - Rainfores Alliance - Universidad Internacional SEK.
- Carabias, J., Provencio, E. & Cortinas de Nava. (1999). MINIMIZACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS. Vol.3. Instituto Nacional de Ecología. Primera Edición. Semarnap. México, D.F.
- Castillo S. (2011). ESTADÍSTICA APLICADA A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. Quito: Universidad Internacional SEK (UISEK).
- CEMPRE (2012). MANUAL DE GESTIÓN INTEGRAL. CAPÍTULO V - TRATAMIENTOS. Parte 4. Incineración. Parte 2. Uruguay.
- CONJUPAS (2011). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA “LIMONCOCHA”. Geográfica SIS. Consorcio de Juntas Parroquiales Rurales de la Provincia de Sucumbíos.
- Constitución de la Republica (2008). Registro Oficial No. 449. Montecristi, Ecuador.
- COOTAD, (2015). CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL. Registro Oficial Suplemento # 303, 19 de Octubre 2010.
- Coral, K (2015). RESIDUOS SÓLIDOS Y RESIDUOS TÓXICOS Y PELIGROSOS. Catedra de tratamiento de residuos. Universidad Internacional SEK. Quito – Ecuador.

- Demirbas, A. (2011). WASTE MANAGEMENT, WASTE RESOURCE FACILITIES AND WASTE CONVERSION PROCESSES, ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT, Volume 52.
- Dong-Hoon, L. (2015). TRATAMIENTO SOSTENIBLE DE DESECHOS SÓLIDOS ADECUADO PARA LA REGIÓN DE PAÍSES TROPICALES. Universidad de Seúl.
- Dueñas, D. (2012). VALORACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO CON FINES DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO Y REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. Tesis de grado. Universidad Internacional SEK. Quito.
- GAD Shushufindi(2013). MANEJO INTEGRAL DE RESISUOS SÓLIDOS EN EL CANTON SHUSHUFINDI. R.O. No 119 VIERNES 8 DE NOVIEMBRE 2013.
- Gallardo, C. (2014). “DISEÑO DEFINITIVO DEL SISTEMA INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS PARA EL CANTÓN SHUSHUFINDI. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL”. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Shushufindi. Sucumbíos – Ecuador.
- García-Valcarce, A. (1998). CENIZAS VOLANTES. ARQUITECTURA Y EDIFICACIÓN. Revista de Edificación. Vol. 03. Pág. 23. Publicada en el año de 1998.
- Garrigues, N. (2003). MANUAL PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS URBANOS. Ecoiuris. 909 pp. Madrid, España.
- Goddard, H. (1995). “THE BENEFITS AND COSTS OF ALTERNATIVE SOLID WASTE MANAGEMENT POLICIES”, Resources, Conservation and Recycling, 13: 183-213.

Ibáñez, R. et al. (2006). GUÍA DE APLICACIÓN A LAS ACTIVIDADES DE GESTIÓN DE RESIDUOS. Cantabria: Sosprocan Depro. Pp.39-40.

INEC-Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010). PROMEDIO DE PERSONAL POR HOGAR A NIVEL NACIONAL. Elaborado por: Unidad de Procesamiento (UP) de la Dirección de Estudios Analíticos Estadísticos (DESAE) - Vladimir Almeida Morillo.

Ley de Gestión Ambiental (2004). Registro Oficial Suplemento 418 de 10-sep- 2004. Ecuador.

Ley Orgánica de salud (2006). Registro Oficial # 423. Viernes 22 de diciembre del 2006. Ecuador.

MAE. (2016). MINISTERIO DEL AMBIENTE ECUATORIANO.

Mazzilli, A. (2014). VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y PORCENTAJE DE CENIZAS CONTENIDO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO 2013. Tesis de grado. Universidad Internacional SEK. Quito.

MINAM (2014). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS (*PMRS*). Ministerio de Ambiente de Perú. Perú.

Morales, P. (2012). TAMAÑO NECESARIO DE LA MUESTRA: ¿CUÁNTOS SUJETOS NECESITAMOS? ESTADÍSTICA APLICADA A LAS CIENCIAS SOCIALES. Facultad de Humanidades. Universidad Pontificia Comillas. Madrid, España.

Narváez, I. (2009) EL PETRÓLEO EN EL ECUADOR ENTRE UN PRESENTE CON ROSTRO DEL PASADO Y UN FUTURO SIN ROSTRO ¿ES POSIBLE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA?. FLACSO.

NTE INEN 0498 (1981). Puzolanas. Determinación de la pérdida por calcinación. Basadas en Norma Argentina IRAM 1654: Puzolanas, Métodos de ensayo generales. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1968.

Organización Panamericana de la Salud (2002). ANÁLISIS DEL MANEJO DE RESIDUOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Recuperado en: <http://www.iadb.org/es/temas/residuos-sólidos/publicaciones,2214.html>.

Plogander, B. (2012). UNIVERSIDAD DE BORAS ESTABLECE EJEMPLO INTERNACIONAL EN MANEJO DE RESIDUOS. LA GRAN ÉPOCA. Disponible en: <http://www.lagranepoca.com/archivo/25812-universidad-boras-establece-ejemplo-internacional-manejo-residuos.html>.

PNGIDS, (2015). PROGRAMA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS sólidos. Ecuador.

Risso, W. & Grimberg, E. (2005). DIRECTRICES PARA LA GESTION INTEGRADA Y SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – AIDIS. CDD363.7285. Publicado en Noviembre del 2005 en São Paulo, Brasil.

Sabbas, T., Poletini, A., Pomi, R., Astrup, T., Hjelmar, O., Mostbauer, P... Lechner, P. (members of the phoenix working group on Management of MSWI Residues). (2003). Management of municipal solid waste incineration residues, Waste Management, Volume 23, Issue 1, 2003, Pages 61-88, ISSN 0956-053X. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X0200161>.

Sakurai K. (2000). Guía HDT 17: MÉTODO SENCILLO DEL ANÁLISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS). Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>.

Solano, X & Vera, E. (2011). “ESTUDIO DE MERCADO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO DE RECICLAJE DE PLÁSTICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.” Estudio de mercado al concluir el curso de Postgrado Internacional en Administración de Empresas Programa Integral de Habilidades Múltiples, presentado como requisito para la obtención del título de Magister Internacional en Administración de Empresas Programa de Postgrado de la ESPE.

Tobar, N. (2015). “DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZAS Y HUMEDAD CONTENIDO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.” Tesis de grado. Universidad Internacional SEK. Quito.

TULSMA, (2016). TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE. Registro Oficial Suplemento # 2, 31 de Marzo 2003. Última modificación: 21 de Enero 20016.

UCLM. (s/f). ROCAS DEL SINCLINAL DE ALMADÉN. Disponible en: <http://www.uclm.es/users/higuera/tema/almaden/Almaden.htm>.

CAPITULO VII

ANEXO FOTOGRÁFICOS

Las fotografías del procedimiento de campo son un ejemplo de lo realizado durante los 10 meses de muestreo.

PROCEDIMIENTO DE CAMPO: MUESTREOS AGOSTO 2015 – MAYO 2016

Recolección de ejemplares para el muestreo.



Fuente: Cano, 2016

Pesaje de las fundas de desechos.



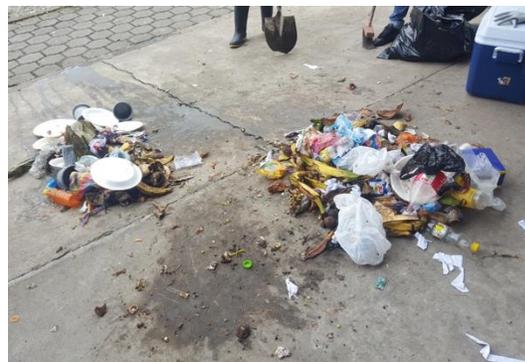
Fuente: Cano, 2016

Primer cuarteo



Fuente: Cano, 2016

Recolección de lados opuestos.



Fuente: Cano, 2016

Segundo cuarteo



Fuente: Cano, 2016

Recolección de muestra final.



Fuente: Cano, 2016

Camión recolector de basura, mayo 2016



Fuente: Cano, 2016

Botadero a cielo abierto, Shushufindi, abril 2016.



Fuente: Cano, 2016

PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO: MUESTREOS AGOSTO 2015 – MAYO 2016

Almacenaje de las muestras.



Fuente: Cano, 2016

Pesaje de muestras completas.



Fuente: Cano, 2016

Pesaje muestras por categoría.



Fuente: Cano, 2016

Pesaje de crisol de porcelana.



Fuente: Cano, 2016

Muestras picadas.



Fuente: Cano, 2016

Medición del volumen inicial de la muestra.



Fuente: Cano, 2016

Crisoles con muestras



Fuente: Cano, 2016

Pesaje de crisol con residuos.



Fuente: Cano, 2016

Mufla a 900 °C para incineración.



Fuente: Cano, 2016

Muestras en la mufla.



Fuente: Cano, 2016

Estufa a 105°C para el secado.



Fuente: Cano, 2016

Muestras en la estufa.



Fuente: Cano, 2016