



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Plan de Investigación de Fin de Carrera Titulado:

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

Realizado por:

KATHERINE ALEJANDRA BACA CAJAS

Director del proyecto:

ING. JORGE ESTEBAN OVIEDO COSTALES

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERA AMBIENTAL

Año:

2014 - 2015

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, KATHERINE ALEJANDRA BACA CAJAS con cédula de identidad No. 172135670-5, 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.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Katherine Baca', with a stylized flourish at the end.

Katherine Alejandra Baca Cajas

C.I.: 172135670-5

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

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

Realizado por:

KATHERINE ALEJANDRA BACA CAJAS

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERA AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

JORGE ESTEBAN OVIEDO COSTALES

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Ing. Jorge Esteban Oviedo Costales

DIRECTOR

LOS PROFESORES INFORMANTES

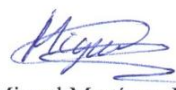
Los Profesores Informantes:

DR. CARLOS ORDOÑEZ. M.Sc

MIGUEL MARTÍNEZ. Ph.D.

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


Dr. Carlos Ordoñez. M.Sc


Miguel Martínez. Ph.D.

Quito, Julio 2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por ser mi pilar, mi sustento, por permitirme llegar hasta aquí, por nunca dejar que desmaye, por guiarme y darme fuerza para superar todo obstáculo.

A mis padres, que han sido una luz en mi camino y me han dado su apoyo incondicional, sus consejos y sabiduría, porque siempre me han dado palabras de aliento para seguir y no rendirme, y sobretodo, me han dado su amor que ha sido un motor para mí.

A mis hermanos y cuñado, mis mejores amigos, que me han apoyado en buenos y malos momentos, por su amor y colaboración, que me han ayudado a levantarme y mirar alto.

A mis abuelitos, que han sido mis otros padres, que con sus consejos y amor me han sabido instruir y llenar de valores.

A mi novio, que ha sido mi amigo, apoyo y confidente, porque siempre creyó en mí, por ser mi inspiración, por ayudarme a crecer y a ser mejor día a día, por su amor y ternura brindada, y por nunca dejarme sola a pesar de nuestras diferencias.

A mis amigas, en especial a Valeria, Sofía, Pamela, Ana y Cynthia, que me han demostrado una amistad sincera, lo cual ha sido una gran motivación para mí.

A mis profesores de la Facultad de Ciencias Ambientales, en especial a Esteban Oviedo, por los conocimientos, la confianza, preocupación y dedicación brindada para la realización de este proyecto.

Y finalmente a la Universidad Internacional SEK por formarme como profesional y persona, sembrando conocimientos y ética en mi vida.

DEDICATORIA

Este trabajo de fin de carrera lo dedico principalmente a Dios, porque con su protección y guía he culminado mi meta.

A mis padres, esos angelitos, que con su apoyo, cuidado, amor y paciencia me han ayudado a salir adelante, a ser una luchadora y sembrar en mí profundo amor a Dios y al prójimo.

A mis hermanos y abuelitos, que con su amor y consejos me ayudan a seguir adelante.

A mis amigas/os, por brindarme su amistad sincera, ser incondicionales e impulsarme a alcanzar mis metas.

A mi maravilloso novio, que nunca me abandonó a pesar de las adversidades, que fue mi sustento y apoyo cuando más lo necesitaba, a esa persona única que con dulzura me ha hecho soñar y crecer de su mano.

Finalmente, dedicado a todos los alumnos y profesores de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK.

RESUMEN

La aplicación de políticas y el desarrollo de normas específicas para la gestión de residuos de composición diferente y de origen diverso (los industriales, la basura doméstica, los lodos de depuración de las aguas residuales, etc.) suponen un reto al momento de buscar un apropiado tratamiento. Así, partiendo de la importancia de su generación y distribución, se contextualizan en el marco de la sanidad ambiental el potencial uso de tratamientos térmicos cuyos propósitos se centran en la disminución de volúmenes a disponer en rellenos sanitarios, la aparición de vectores y principalmente, el aprovechamiento de recursos con su debido valor intrínseco y posible valoración energética contenida en los residuos.

El presente proyecto de carácter investigativo pretende explicar aquellas definiciones y aspectos más generales que surgen en la relación residuos/ambiente, por tal razón, el objetivo se basó en la determinación de porcentajes de humedad y cenizas para analizar la viabilidad de utilizar los residuos para aprovechamiento energético. La metodología empleada siguió pasos descritos por el Dr. Kunitoshi Sakurai, que manifiesta muestras representativas tomadas a partir de cuarteos tras la homogenización de los desechos; las cuales además, dieron paso a su caracterización para aportar así a una base de datos del lugar. Por lo que, en base a los resultados obtenidos tanto de experiencias de campo como de laboratorio, se pudo determinar que la climatología del lugar así como la humedad molecular y superficial que posee cada material, son factores determinantes en cuanto al porcentaje de humedad que contienen los RSU, mostrando en el mes de Julio y Abril, con valores de 80,37% y 79,37% respectivamente, mayores concentraciones de este parámetro; mientras que en Febrero y Mayo, con valores de 60,45% y 53,18% respectivamente, obtuvieron menores concentraciones de humedad. El porcentaje en peso de cenizas revelaron que en el mes de Julio con 5,69% y Marzo con 6,37% se obtuvieron menores valores. Mientras que en los meses de Febrero y Mayo, 18,63% y 19,37% respectivamente, reflejaron valores muy elevados. Finalmente, en la determinación del porcentaje de pérdida por calcinación se reflejó superior a los otros meses en Abril y Julio, con valores del 96,65% y 95,19% respectivamente, demostrando que el material presente poseía propiedades incinerables casi en su totalidad.

Palabras clave: *residuos; relleno sanitario; ambiente; sanidad ambiental.*

ABSTRACT

Policy implementation and development of specific rules for waste management of different composition and different origin (industrial, household waste, sewage sludge from wastewater, etc.) are a challenge when seeking an appropriate treatment. Thus, from the importance of its generation and distribution, the purposes are focused on reducing volumes to dispose in landfills, the appearance of diseases and mainly, the use of intrinsic value of resources and potential energy appreciation contained in the waste.

All this, contextualized within the framework of environmental health and the potential use of heat treatments. This research project intends to explain those definitions and general aspects that arise in the waste/environment relationship. For that reason, the project's objectives were based on the determination of moisture and ash percentages to analyze the feasibility of using waste to generate energy. The methodology followed steps by Dr. Kunitoshi Sakurai, which show representative samples taken after homogenization of the waste, which also gave way to their characterization in order to contribute to a database of place. Therefore, based on the results obtained from field and laboratory experience, it was determined that the weather of the place as well as molecular and surface moisture held by each material, are decisive factors in the percentage of moisture contained in waste, showing in the month of July and April, with values of 80.37% and 79.37% respectively, higher concentrations of this parameter; while in February and May, with values of 60.45% and 53.18% respectively, they had lower concentrations of moisture. The weight percent of ash revealed that lower values were obtained in July with 5.69% and March with 6.37%. While in months of February and May, 18.63% and 19.37% respectively, they reflected very high values. Finally, the determination of percent of loss on ignition reflected in April and July values of 96.65% and 95.19% respectively, demonstrating that the material possessed almost entirely incinerable properties.

Key words: *waste; landfill; environment; environmental health.*

Contenido

GLOSARIO	1
<i>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</i>	2
1.1. DESCRIPCION DEL TEMA	2
1.2. ANTECEDENTES	3
1.3. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	13
1.4. OBJETIVOS	14
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.4.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.5. CARACTERISTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO	14
<i>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</i>	25
2.1. ESTUDIOS PREVIOS Y ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO	25
2.2. MARCO LEGAL AMBIENTAL	27
2.2.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	27
2.2.2. CONVENIOS Y TRATADOS INTERNACIONALES	27
2.2.3. LEYES ORGÁNICAS	28
2.2.4. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL	28
2.2.5. ACUERDO MINISTERIAL No. 061	28
2.2.6. ORDENANZAS.....	30
2.3. MARCO CONCEPTUAL	30
2.3.1. Incineración	30
2.3.2. Humedad	31
2.3.3. Cenizas	34
2.3.4. Pérdida por calcinación	35

2.3.5. Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS.. 35

<i>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</i>	37
3.1. TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO: Tamaño muestral.....	37
3.2. PROCEDIMIENTO DE CAMPO	38
3.2.1. Obtención de muestras	38
3.3. PRESERVACIÓN Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS	40
3.4. PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO.....	40
3.4.1. Preparación de las muestras para análisis	40
3.5. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS: PORCENTAJE DE HUMEDAD (%H) Y PORCENTAJE DE CENIZAS (%).....	40
3.5.1. Determinación del porcentaje de humedad (%H)	41
3.5.1.1. Procedimiento en laboratorio.....	41
3.5.2. Determinación del porcentaje de cenizas (%C)	42
3.5.2.1. Procedimiento en laboratorio.....	42
3.6. CÁLCULOS ADICIONALES	44
3.6.1. Reducción en volumen de los residuos después de la incineración	44
3.6.1.1. Procedimiento en laboratorio.....	44
3.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	45
3.8. PROCESAMIENTO DE DATOS	46
<i>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</i>	47
4.1. LEVANTAMIENTO DE DATOS	47
4.1.1. Levantamiento de datos en campo	47
4.1.2. Levantamiento de datos en Laboratorio	55
4.2. DATOS COMPARATIVOS ENTRE MUESTRAS MENSUALES	66
4.2.1. Cuantificación del porcentaje de humedad contenida en las muestras mensuales de RSU de la Reserva Biológica Limoncocha	66

4.2.3. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha	68
4.2.4. Comparación mensual de la composición de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha	70
4.2.5. Determinación de la desviación estándar en la composición mensual de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha.....	72
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.....	73
4.2.7. Protocolo para la determinación del porcentaje de humedad y cenizas	75
<i>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	76
5.1. CONCLUSIONES.....	76
5.2. RECOMENDACIONES	80
<i>CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	83
<i>CAPÍTULO VII: ANEXOS FOTOGRAFICOS</i>	89

Índice de Tablas

Tabla No. 1. Horarios de recolección y transporte de RSU en la Parroquia Limoncocha	11
Tabla No. 2. Cobertura de recolección de los RSU en la Parroquia Limoncocha	12
Tabla No. 3. Tabla climática	18
Tabla No. 4. Porcentaje de humedad contenida en materiales de residuo	32
Tabla No. 5. Formato de reporte de datos de laboratorio para humedad	41
Tabla No. 6. Formato de reporte de datos de laboratorio para cenizas	43
Tabla No. 7. Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No.2.....	49
Tabla No. 8. Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 3.....	50
Tabla No. 9. Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 4.....	51
Tabla No. 10. Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 5.....	52
Tabla No. 11. Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 6.....	53
Tabla No. 12. Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 7.....	54
Tabla No. 13. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 1	56
Tabla No. 14. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No.1.....	56
Tabla No. 15. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU. Muestreo No. 2	57
Tabla No. 16. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 2	57
Tabla No. 17. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No. 2.....	58
Tabla No. 18. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU. Muestreo No. 3	58
Tabla No. 19. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 3	59

Tabla No. 20. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No. 3.....	59
Tabla No. 21. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU. Muestreo No. 4	60
Tabla No. 22. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 4	60
Tabla No. 23. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No. 4.....	61
Tabla No. 24. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU. Muestreo No. 5	61
Tabla No. 25. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 5	62
Tabla No. 26. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No. 5.....	62
Tabla No. 28. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 6	63
Tabla No. 29. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No. 6.....	64
Tabla No. 30. Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU. Muestreo No. 7	64
Tabla No. 31. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 7	65
Tabla No. 32. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No. 7	65
Tabla No. 33. Comparación mensual de la composición de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha	70
Tabla No. 34. Desviación estándar por categoría de RSU	72
Tabla No. 35. Comparación mensual de los datos obtenidos de los porcentajes de humedad, cenizas y pérdida por calcinación contenidos en los.....	73

Índice de Ecuaciones

Ecuación No. 1. Determinación de Porcentaje de pérdida por calcinación	35
Ecuación No. 2. Tamaño muestral	37
Ecuación No. 3. Determinación del porcentaje de humedad	42
Ecuación No.4. Determinación del porcentaje de cenizas	44
Ecuación No. 5. Reducción en volumen	45
Ecuación No. 6. Promedio.....	45
Ecuación No. 7. Desviación estándar.....	46
Ecuación No. 8. Error relativo	46

Índice de Gráficos

Gráfico No. 1. Generación de desechos	4
Gráfico No. 2. Tecnologías para convertir residuos en energía	7
Gráfico No. 3. Jerarquía del tratamiento sustentable de desechos solidos.....	10
Gráfico No. 4. Climograma de la Parroquia Limoncocha.....	16
Gráfico No. 5. Diagrama de temperatura	17
Gráfico No. 6. Cobertura de energía eléctrica.....	20
Gráfico No. 7. Cobertura de agua potable.....	21
Gráfico No. 8. Aguas servidas de la Parroquia Limoncocha	22
Gráfico No. 9. Servicio de Telecomunicaciones.....	23
Gráfico No. 10. Cobertura de energía eléctrica.....	23
Gráfico No. 11. Método de cuarteo de muestras.....	39
Gráfico No. 12. Método para la obtención de las muestras de RSU	39
Gráfico No. 13. Proceso para determinación de parámetros.....	41

Gráfico No. 14. Composición de los residuos sólidos. Muestreo No.2	49
Gráfico No. 15. Composición de los residuos sólidos. Muestreo No.3	50
Gráfico No. 16. Composición de los residuos sólidos. Muestreo No.4	51
Gráfico No. 17. Composición de los residuos sólidos. Muestreo No.5	52
Gráfico No. 18. Composición de los residuos sólidos. Muestreo No.6	53
Gráfico No. 19. Composición de los residuos sólidos. Muestreo No.7	54
Gráfico No. 20. Cuantificación del porcentaje de humedad contenida en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha	66
Gráfico No. 21. Comparación mensual del porcentaje de humedad y precipitación	67
Gráfico No. 22. Cuantificación del porcentaje de cenizas de los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha.....	68
Gráfico No. 23. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación contenido en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha	69
Gráfico No. 24. Comparación mensual de la composición de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha	71
Gráfico No. 25. Comparación mensual de los datos obtenidos de los porcentajes de humedad, cenizas y pérdida por calcinación contenidos en los RSU	74

Índice de Imágenes

Imagen No. 1. Reserva Biológica Limoncocha.....	15
Imagen No. 2. Trayecto a la Reserva Biológica Limoncocha.....	15
Imagen No. 3. Modelo Territorial Actual	19

GLOSARIO

CONJUPAS – Consejeros Provinciales de Sucumbíos

DMQ – Distrito Metropolitano de Quito

EMASEO – Empresa Pública Metropolitana de Aseo

EMGIRS-EP – Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos

FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

GAD – Gobierno Autónomo Descentralizado

GAP – Gobierno Autónomo Provincial

INEC – Instituto Nacional de Estadística y Censos

MAE – Ministerio del Ambiente

MINAM – Ministerio del Ambiente de Perú

NTE-INEN – Norma Técnica Ecuatoriana-Instituto Ecuatoriano de Normalización

OMS – Organización Mundial de la Salud

OPS – Organización Panamericana de la Salud

PTL – Plan de Trabajo para la candidatura a la junta parroquial “Limoncocha” candidatos: nómina de candidatos para la Parroquia Limoncocha. Periodo 2014-2019.

RAMSAR – Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas

RBL – Reserva Biológica Limoncocha

RSU – Residuos Sólidos Urbanos

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCION DEL TEMA

Durante largos periodos de tiempo, el único tratamiento que se realizaba a los residuos urbanos fue su recolección y posterior traslado a determinados puntos alejados, donde se depositaban sin tener ningún tipo de tratamiento esperando que la acción de los organismos vivos y los elementos favoreciesen su desaparición. Pero la sobrepoblación, las diferentes actividades humanas modernas y el consumismo han contribuido a acumular gran cantidad de residuos, cantidad que cada vez más va en aumento. Es por eso que se están buscando tratamientos para poder combatir de algún modo este grave problema, y poder utilizar a los residuos como opción de aprovechamiento energético.

Actualmente los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de la Parroquia Rural de Limoncocha no están siendo manejados técnicamente y no se conocen datos de su generación ni características. En la actualidad, están siendo depositados en el botadero a cielo abierto en Shushufindi, municipalidad de la Provincia de Sucumbíos, la cual se encarga de su recolección.

La gestión integral de los residuos sólidos en la Reserva Biológica de Limoncocha (RBL) padece de una serie de debilidades técnicas, ambientales, sociales, políticas y financieras, lo que provoca una mala disposición y tratamiento de los mismos, como también falencias en la cobertura del servicio de recolección y altos costos operativos, que provocan la presencia de residuos sólidos sin recolectar dentro del poblado rural. Por tal, al considerarse los excesivos volúmenes de desechos generados sin una apropiada gestión, la preocupación se extendería a la destrucción y contaminación ambiental de un área protegida como esta, la disminución de espacio para la disposición final de los mismos, además de su desperdicio energético (**Gallardo, 2014**).

A partir de los argumentos basados en la evidente problemática que presencia el sitio de estudio, al no contar con un sistema de gestión adecuado para el manejo de sus desechos y el consecuente desaprovechamiento del valor intrínseco, energético y económico, de los mismos se opta por plantear un modelo para la gestión de Residuos Sólidos Urbanos y posterior disposición final, a fin de buscar mejoras a la situación actual de la Parroquia, calidad de vida de la comunidad, el medio ambiente, así como al desarrollo socioeconómico que pueda generarse por el manejo adecuado de los RSU de la Reserva. Para ello es importante conocer, entre algunos aspectos, las características fisicoquímicas (porcentaje de humedad y cenizas) de los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha.

La falta de gestión y aprovechamiento de los RSU contribuye directamente a su acumulación, ocupación de espacio y desperdicio de recursos, no solo a nivel de regional si no a nivel global. Por lo que la aplicación de un modelo de manejo de residuos sólidos urbanos generados en la Reserva Biológica de Limoncocha, supone nuevas metodologías para la gestión integral en el manejo de residuos sólidos que desarrolla los componentes: técnico operacional (desde el almacenamiento en el lugar de generación, reciclaje, hasta la disposición final), aspectos socioeconómicos (administrativo, financieros y educación ambiental), y a su vez ambientalmente respetuosos; lo cual mejorará el manejo integral de los mismos dentro de la Parroquia rural y el Cantón de Shushufindi.

A partir de lo mencionado, la cuantificación del porcentaje de humedad y cenizas contenidos en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha supone una tentativa para una gestión integrada y manejo de los mismos, evitando de esta manera su desaprovechamiento parcial o total. De esta manera, se pretende cubrir la falta de información existente, la misma que podrá ser el punto de partida para la adopción de nuevas políticas y medidas permanentes para las acciones post incineración y disposición final de los RSU.

De acuerdo a las condiciones de vida a las cuales se encuentra sujeta la población de la Reserva Biológica Limoncocha y a la disposición que dan a los RSU, la presente investigación supone dar una base de datos y posible gestión a los desechos, para de esta manera y asimilando la realidad en la que se encuentran los pobladores de la Parroquia, sugerir tratamientos que mejoren las condiciones sanitarias y el aprovechamiento de sus residuos.

Partiendo de esta propuesta y con la finalidad de evitar el incremento en el desperdicio de materiales, se intenta aprovechar el valor intrínseco de estos mediante una gestión, tratamiento y aprovechamiento energético adecuado; los mismos que podrían ser reconsiderados para un nuevo uso que no contribuya a la contaminación ambiental, y asimilando la realidad en la que se encuentran los pobladores de la Parroquia, mejorar las condiciones sanitarias y el aprovechamiento de los recursos.

1.2. ANTECEDENTES

El medio ambiente tiene tres funciones económicas fundamentales: la primera, como proveedor de factores productivos en forma de materiales o de energía; la segunda, como fuente de servicios de ocio y bienestar (mejorando la calidad de vida, permitiendo el disfrute de parajes naturales, agua y aire limpio, etc.), y la tercera 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

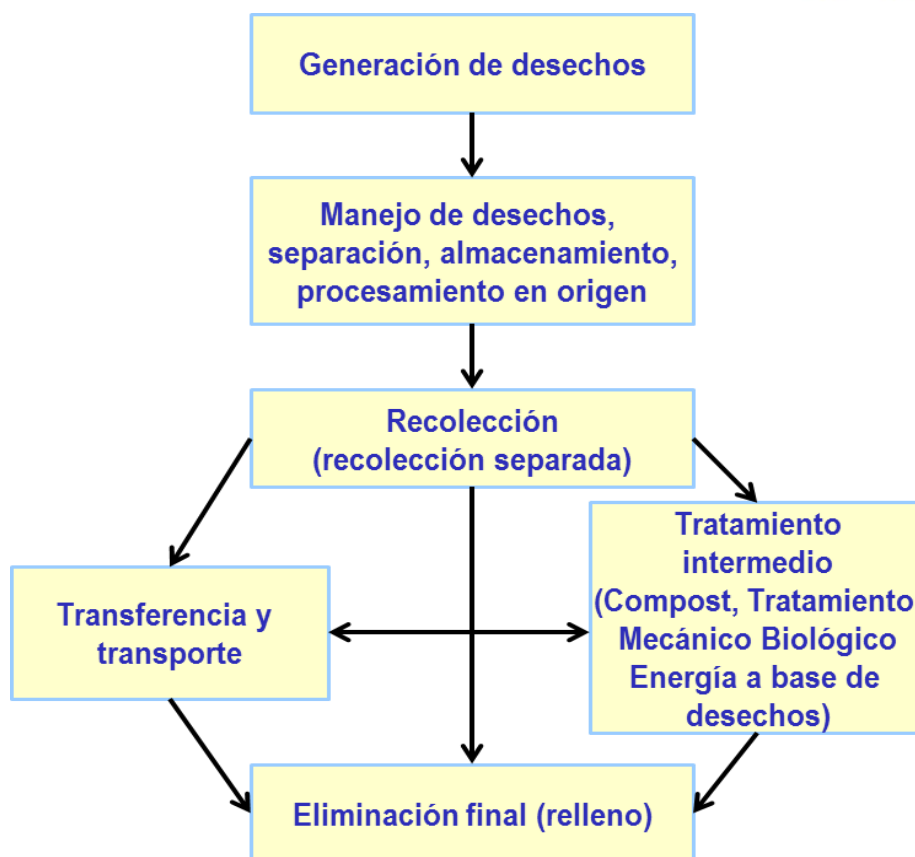
relacionadas con la calidad ambiental y, por tanto, con la generación y emisión de residuos al medio natural (**André & Cerdá, 2004**).

El volumen de RSU es relativamente pequeño comparado con otros residuos pero su interés puede explicarse por el gran aumento poblacional y por ende, industrial, las diferentes actividades, el consumismo y sus diferentes hábitos, se han evidenciado en los últimos años, en un mayor impacto sobre el ambiente y la salud de la población. 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 los mismos (**André & Cerdá, 2004**). Sin embargo, el problema de la gestión de residuos sólidos proviene de la falta de reconocimiento hacia la naturaleza económica del problema, y como lo citan expertos e investigadores en el tema, esta situación está empezando a cambiar, pero el cambio ha sido demasiado lento para evitar la crisis actual (**Goddard, 1995**).

La deficiencia en la gestión de residuos sólidos urbanos impacta negativamente en el ambiente y en la salud de la población. Los conglomerados urbanos disminuyen su capacidad de acogida cuando el entorno se vuelve insalubre por la mala disposición de los desechos, ya que tal condición da origen a la proliferación de plagas, así como también a malos olores derivados del proceso de descomposición; ello sin mencionar el deterioro del paisaje, el cual ejerce una influencia directa en la salud mental por la sensación de bienestar y seguridad en los seres humanos (**MINAM, 2014**).

Un sistema de gestión de residuos 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 siguientes: 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**).

Gráfico No. 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.

En Europa, Borås, ciudad situada en el oeste de Suecia con una población de 101.487 personas, ha enfatizado su interés en el aprovechamiento de aquellos recursos que su generación es diaria, los residuos sólidos (**Plogander, 2012**).

Toneladas de frutas que se desperdiciaban en un pequeño pueblo de Indonesia, ahora se transforman en gas-biológico (biogás) para producir electricidad. Esto fue posible gracias a la ayuda de la ciudad Sueca que estableció un ejemplo mundial por su éxito en el manejo de residuos. En el mercado de Sleman en la isla de Java, la más poblada del mundo, solían desaprovechar cuatro toneladas de frutas al día. El clima cálido y la falta de medios de refrigeración hacían que las frutas, frescas en la mañana, se descompusieran al día siguiente. Esto era tanto un desafío como una oportunidad en el manejo de residuos. Por tal razón, en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Borås, los estudiantes aprendieron acerca de la producción de biogás y cómo construir instalaciones para producir esta clase de energía. Es así como se determinó que el 4% de las 200.000 toneladas de basura colectada anualmente termina en los colectores; y 30.000 toneladas de pura basura orgánica se convierten en 3

millones de metros cúbicos de biogás, que se usa para abastecer de energía a los autobuses, camiones de basura y taxis de la ciudad (**Plogander, 2012**).

La finalidad buscada consistía que mediante el aprovechamiento de sus recursos, los distribuidores en el mercado podrían generar su propia electricidad sin tener que comprarla, además de contribuir con mejoras para la ciudad, ya que se eliminaría el hedor de la descomposición de las frutas y se reducirían las emisiones de gas con efecto invernadero. Con esto, también se educaría a los distribuidores acerca de los principios de la ciencia del medio ambiente. De esta manera, el ejemplar basado en la sinergia de varias partes produjo muchos efectos que benefician a diferentes sectores de la sociedad, tales como la movilización a los ciudadanos, y también ayudarlos a entender la importancia de reciclar, impulsando la recuperación de energía mediante el manejo de residuos. 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 manejo integral de los RSU no se limita al ejemplar sueco ni a un solo continente ya que se ha desarrollado a lo largo de diversos países, sin embargo, diferentes modelos europeos han llevado de manera representativa y han enfatizado en el manejo, aprovechamiento y disposición de estos recursos. Por lo cual, en materia de manejo de los mismos, Holanda es uno de los países más avanzados de Europa y quizás del mundo. La falta de espacio y una creciente conciencia ambiental obligó al gobierno holandés a tomar medidas de forma inmediata para eliminar prácticamente los rellenos sanitarios. Esto, a su vez, dio a las compañías la confianza para invertir en soluciones más amigables con el medio ambiente. Actualmente, los Países Bajos están ayudando a otros países que están empezando a hacer este tipo de inversiones para poder evitar los errores cometidos. En la segunda mitad de la década de los setenta, el manejo de residuos se colocó estructuralmente en la agenda administrativa holandesa. Pero fue en los años noventa que la transición se llevó a cabo de un pequeño sector, ineficiente y organizado regionalmente, a donde se encuentra ahora: a un sector profesional, con orientación internacional y cada vez más innovador. El resultado es impresionante: en 2010 alrededor del 80% de los residuos se reciclaba, el 16% era incinerado y sólo una pequeña fracción de 3 a 4% de los desechos producidos en los Países Bajos se depositan en rellenos sanitarios (**Bastiaenen, S/F**).

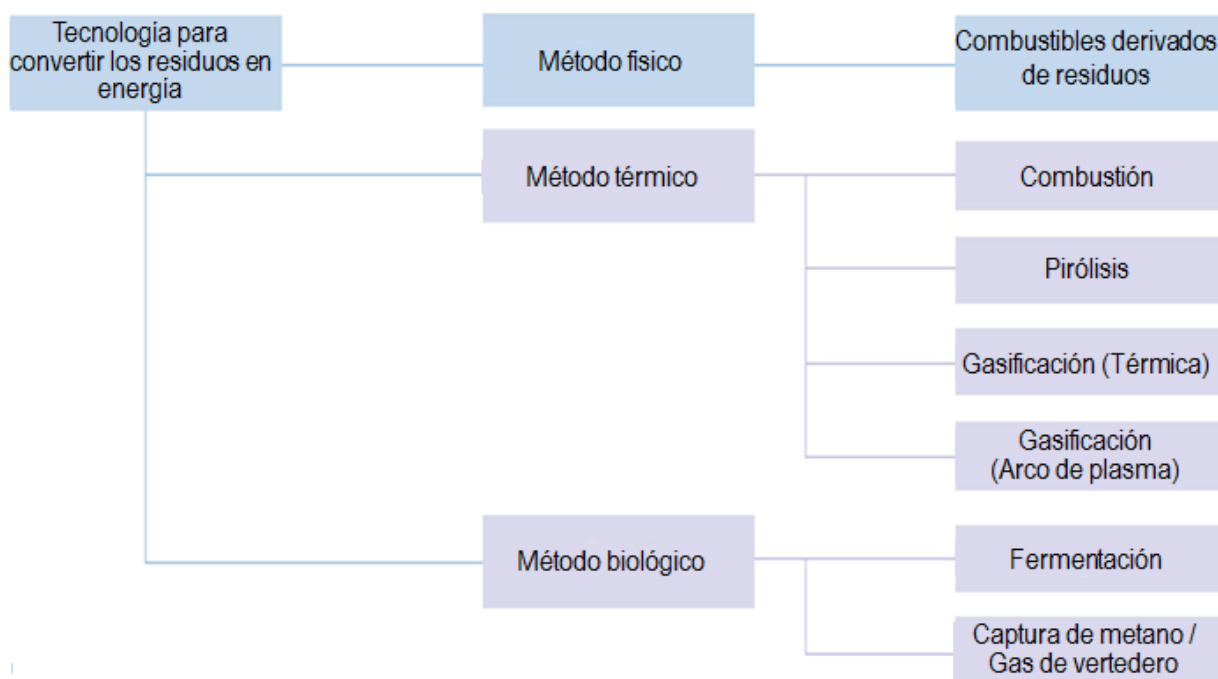
El porcentaje destinado a la incineración, es decir, los desechos que no pueden ser reciclados se incineran para la generación de electricidad y vapor (en ciertos casos para redes de calefacción centralizadas). Las plantas holandesas son muy innovadoras y de avanzada tecnología, eso significa que no existe riesgo de emisiones de dioxina ya que las instalaciones cumplen altos criterios de eficiencia energética, de modo que las mismas son reconocidas como instalación de recuperación de energía (**Bastiaenen, S/F**).

El enfoque holandés 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.

Es así como varios estudios alrededor del mundo referentes a esta problemática muestran algunos de los tratamientos con los que han sido llevados los RSU y su respectiva gestión. Sin embargo, su aplicación no se ha visto limitada a países con avanzado desarrollo sino también se ha dado en aquellos cuya organización e interés ha llevado su enfoque a los recursos que se creen inservibles. Estudios realizados por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) de Madrid, en donde los residuos sólidos han sido tratados bajo sistemas térmicos buscando alcanzar una reducción del volumen de los residuos hasta en un 90 %, así como la recuperación de energía contenida en ellos, ha demostrado que al someter dichos residuos a tratamientos a altas temperaturas, las cenizas obtenidas como subproducto de este, son más estables que los residuos de partida. Por este motivo, se justifica una caracterización física y química de los RSU, con la finalidad de aportar los elementos de juicio, necesarios e indispensables, para un estudio técnico que determine la mejor vía de aprovechamiento.

El objetivo principal de la gestión de residuos mediante la incineración es prevenir cualquier impacto en nuestra 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.

Gráfico No. 2. Tecnologías para convertir residuos en energía



Fuente: Dong-Hoon, 2015.

En primera instancia para la gestión, se debe determinar las características que deben tener los receptores (almacenamiento), como por ejemplo su forma, tamaño y material de construcción a fin de asegurar su manejo y condiciones higiénicas. Es primordial que el tamaño se determine en base a la frecuencia de recolección y al volumen de producción de desechos per cápita por día (PPC); continuando se debe establecer la frecuencia de recolección y seleccionar el tipo, capacidad, y demás propiedades de los vehículos recolectores.

A partir de analizar las particularidades de los residuos, la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA) los considera como una fuente de energía renovable, pero si no se les da una gestión y uso secundario a los mismos (como el aprovechamiento energético) estos 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**).

Partiendo de la información recopilada y desde el punto de vista ambiental, social, sanitario y económico, se debe seleccionar el sistema de disposición final más conveniente acorde con las características de los residuos, del lugar donde estos serán tratados, de la población que allí se encuentra y de las capacidades técnicas y económicas de la zona.

De los distintos métodos de disposición final, el que parece ser el más adecuado a la realidad técnica y económica de dichos países es el relleno sanitario, ya que no se necesita separación previa ni análisis de los RSU. Cuando se trata de seleccionar otros sistemas tales como compostificación, incineración y pirolisis, 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**).

Es así como **Prado (2007)** menciona a Vandecasteele y Block, en cuanto a los procesos de tratamiento térmico de RSU, los mismos que producen reacciones químicas irreversibles al ser sometidos a altas temperaturas y en condiciones variables de oxidación, permitiendo una posible transformación en energía. Es por eso que la cuantificación de los porcentajes de humedad y cenizas de los RSU de Limoncocha permitirán analizar la factibilidad de una posible incineración para aprovechamiento energético, o la implementación de cualquier otro método para tal fin. Según **González et al., (2008)**, un alto nivel de humedad favorece la hidrólisis de RSU, es decir que la cuantificación de altos porcentajes de humedad sirve también como elemento de juicio para analizar la factibilidad de un proceso de compostaje. Sin embargo, cabe aclarar, que se debe mantener un control de dicha humedad, ya que valores demasiado altos serían antagonistas al fin buscado. Además, los datos obtenidos de

los análisis permitirán calcular el volumen y peso de material inerte que deberá ser dispuesto, después de un proceso de incineración, en los rellenos sanitarios, como también la cantidad de humedad que deberá ser controlada durante el proceso, y este último parámetro podrá ser utilizado de igual manera como variable para los cálculos de poder calórico y cuantificación de generación de lixiviados.

Sin embargo, la eficiencia en la gestión de residuos sólidos urbanos no depende únicamente de las municipalidades, instituciones responsables de su administración, sino también a la deficiente organización territorial que existe por el desordenado crecimiento urbano que ha ido teniendo la Parroquia, ya sea por las diferentes actividades comerciales, productivas, industriales; y por otro lado por los hábitos, costumbres y hasta el poder adquisitivo de la gente de la comunidad (**MINAM, 2014**).

En el caso de América Latina y el Caribe, sus gobiernos se enfrentan a una problemática cada vez más creciente sobre la gestión de residuos y sus impactos en un contexto de preocupación mundial por la sostenibilidad económica, ambiental y social de los servicios. Temáticas como la adecuada disposición final de residuos, la difícil y compleja realidad de los trabajadores informales de la basura (minadores, clasificadores, etc.), la minimización y el reciclado de los residuos, el cambio climático, los mercados de carbono y el rol de las entidades nacionales, regionales y municipales en la planificación y regulación de los servicios, se han convertido, en la actualidad, en los principales puntos de discusión de las agendas gubernamentales (**Risso & Grimberg, 2005**). Lo que ha tornado creciente la utilización de malas prácticas o carencias en todos los segmentos del proceso de gestión de RSU (reducción, separación, recolección, transferencia, transporte y disposición final).

Como lo menciona Dong-Hoon (2015), algunos problemas esperados en el tratamiento de desechos en países tropicales son:

- Rápido incremento de la generación de desechos
- Muchos vertederos abiertos no planificados alrededor de pantanos
- Aumento de la resistencia social de comunidades locales sobre los emplazamientos de eliminación
- Falta de concientización en relación al tratamiento de desechos
- Falta de participación pública en el 3R del tratamiento de desechos
- Alto contenido orgánico y de humedad en los MSW
- Falta de conocimiento técnico necesario para el tratamiento de desechos moderno
- Falta de cooperación entre autoridades locales y el gobierno central
- Falta de capacidad financiera en el tratamiento de desechos

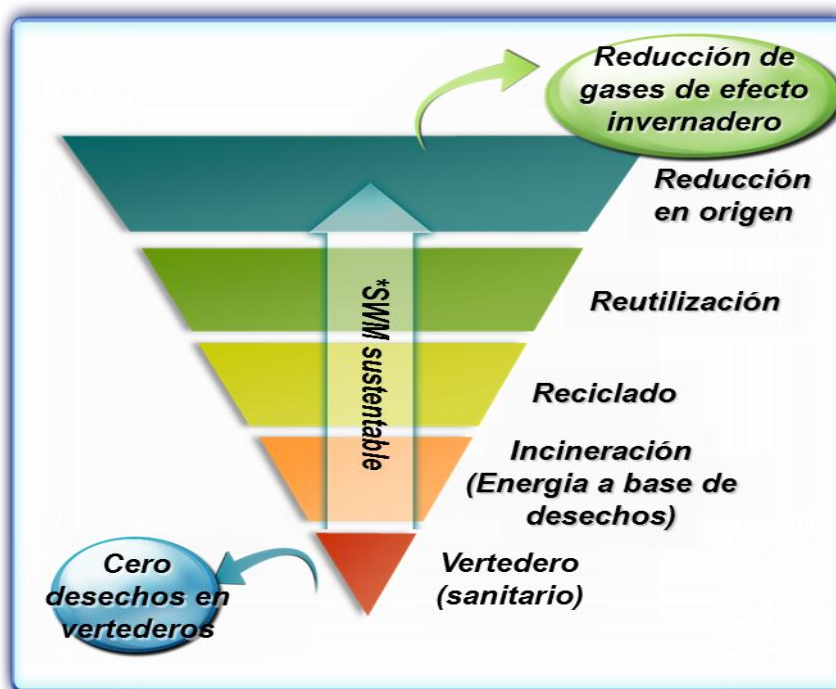
Adicionalmente, según el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos realizado por la **Organización Panamericana de la Salud (2002)**, la falta de infraestructura y la carencia de servicios eficientes para el manejo de los residuos son el motivo fundamental para que la contaminación por desechos sólidos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

A nivel nacional y como lo afirma **Bustos (2001)**, al ser el Ecuador signatario en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo de 1982, desarrollado en Río de Janeiro, debe acatar las medidas establecidas en la Agenda 21. Dicho documento, en su sección II, capítulo 21: “Gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos y cuestiones relacionadas con las aguas cloacales”, maneja 4 líneas de acción que deben ser desarrolladas por cada gobierno participante y son:

- Establecer programas de reducción de generación de los RSU
- Implementación de métodos de aprovechamiento y reciclaje ecológicamente adecuados de los desechos
- Difundir métodos de eliminación y tratamiento ecológicamente adecuados de los desechos
- Mejoramiento de los sistemas de recolección y tratamiento de los RSU

Partiendo de la realidad antes mencionada, es necesario buscar una opción viable para aprovechar y reducir el volumen de los desechos, no sólo para su disposición final sino también en todo el proceso de gestión, para así alcanzar una sustentabilidad en el manejo de Residuos Sólidos Urbanos. Como lo menciona Dong-Hoon (2015), la jerarquía del tratamiento sustentable de desechos sólidos esta dado en diferentes fases tales como: la reducción de la generación de desechos, la reutilización, reciclado y compostaje, recuperación de energía a partir del aprovechamiento de los mismos, y la minimizar la eliminación en vertederos. En lo cual, poder moverse lo más alto posible en la jerarquía de desechos es clave para el tratamiento sustentable en el manejo de desechos sólidos.

Gráfico No. 3. Jerarquía del tratamiento sustentable de desechos solidos



Fuente: Dong-Hoon, 2015.

La población del Ecuador según el Censo de Población y Vivienda del año 2010 era de 14.483.499 millones de habitantes, registrándose que un 77% de los hogares elimina la basura a través de carros recolectores y el restante 23% la elimina de diversas formas, así por ejemplo la eliminación de residuos que tienen como destino final terrenos baldíos o quebradas, a través de la quema, entierro, o por el depósito en ríos acequias y canales, etc. (MAE, 2014).

Actualmente la generación de residuos en el país es de 4,06 millones de toneladas métricas al año y una generación per cápita de 0,74 kg, y se estima que para el año 2017 el país generará 5,4 millones de toneladas métricas anuales. 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.

Centrándose en la región Amazónica, los niveles de contaminación y la incorrecta gestión de los RSU y Peligrosos siguen creciendo en cifras significativas y su inadecuado aprovechamiento constituyen un grave problema que causa un impacto significativo en el entorno natural y deteriora a largo plazo la salud de los pobladores (Gallardo, 2014).

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).

La Municipalidad de Shushufindi brinda servicios en los que incluye la recolección y transporte de los residuos de los diferentes cantones y parroquias, entre las cuales se encuentra la Parroquia Rural de Limoncocha. En la recopilación de información se pudo sintetizar algunos aspectos con los que cuenta la Reserva, es por eso que en la siguiente tabla se presenta las rutas y horarios que siguen los recolectores según lo establecido por la gobernanza local.

Tabla No. 1. Horarios de recolección y transporte de RSU en la Parroquia 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), apenas 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. La siguiente tabla muestra la cobertura de recolección de los RSU, como se mencionó anteriormente.

Tabla No. 2. Cobertura de recolección de los RSU en la Parroquia Limoncocha

COBERTURAS DE RECOLECCIÓN		
Centro poblado	Cobertura actual	Cobertura 2032
Limoncocha	13%	40%

Fuente: Gallardo, 2014.

Finalmente, a partir de los datos obtenidos por **Gallardo (2014)**, se ha establecido que la aportación de basura de un habitante de la cabecera cantonal es de 0,55 kg/ día, mientras que una persona que reside en un centro poblado rural produce 0,36 kg/día. Se estima que estas cantidades podrían aumentar un 0,5% cada año.

De este modo, vale considerar que para tratar este tipo de problemas los planes de manejo de RSU son el mejor instrumento de gestión que surge de un proceso coordinado y concertado entre autoridades y funcionarios municipales, representantes de instituciones públicas y privadas, promoviendo una adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos, el que a su vez contiene procedimientos y técnicas que permiten realizar una adecuada y responsable gestión de los residuos generados por las actividades humanas, asegurando eficacia, eficiencia y sostenibilidad desde su generación hasta su disposición final, incluyendo procesos de minimización, reducción, reutilización y reciclaje de residuos sólidos (**Domus, 2010**).

En el caso de la Parroquia Limoncocha, no cuenta con estadísticas precisas de generación de residuos recientes ni contaminantes relacionados con estos. Por tal motivo existe la creciente necesidad de cubrir esta falta de información, misma que podrá ser el punto de partida para la adopción de políticas permanentes de obtención de información de calidad y cantidad de los residuos en la Reserva, de manera tal que se puedan planificar adecuadamente los diferentes componentes del sistema de aseo y de gestión, así como también de su disposición final (**Gallardo, 2014**).

De acuerdo a las condiciones de vida a las cuales se encuentra sujeta la población de la Parroquia y a la disposición que dan a los RSU, la presente investigación supone dar una base de datos y posible gestión a los desechos, para de esta manera y asimilando la realidad en la que se encuentran los pobladores de la zona, sugerir tratamientos óptimos que mejoren 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 Ambientales de la Universidad Internacional SEK, a partir del año 2012, ha llevado a cabo y generando 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, la cuantificación del porcentaje de humedad y cenizas contenidos en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha utilizando dichas metodologías.

1.3. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Durante milenios las comunidades humanas han generado residuos, comúnmente denominados basura, término que en la actualidad ha alcanzado dimensiones mucho más cortas, ya que prácticamente todo lo que se desperdicia en una vivienda, una industria, en una escuela, o en otra dependencia, puede ser recuperado y reutilizado en diferentes actividades. Con la industrialización, la sociedad ya no pudo ignorar un problema que, si bien empezó por dañar la salubridad urbana, en pocos decenios acabó por afectar diferentes componentes del medio ambiente y cuya solución requiere técnicas avanzadas, ya sea para eliminar los residuos sólidos urbanos, o para reducir su volumen (**Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, 2007**).

Sin embargo, el manejo de los RSU es una de las principales problemáticas ambientales que aquejan a las poblaciones e involucran de manera directa a los municipios ya que se sitúan como los responsables de dar gestión a los mismos y asegurar las condiciones de vida de la población.

A nivel de la Municipalidad de Shushufindi y la responsabilidad que le atribuye con la Parroquia de Limoncocha, en gran mayoría la cantidad de sus residuos urbanos se desechan sin una separación previa que los haga viables para el reciclaje. Esto, junto al aumento de su generación, fruto del incremento demográfico acelerado, ha sobrepasado su 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 (reducción, separación, recolección, transferencia, transporte y disposición final), 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**).

Con la realización del presente estudio se aportan datos de relevancia que permitirán tener conocimiento del estado actual de los RSU generados en la Parroquia, así como la cuantificación del porcentaje de humedad y cenizas contenido en los mismos; y adicionalmente, contribuir con la bibliografía de referencia para futuras investigaciones relacionadas con el tema. Además, vale mencionar que la Universidad Internacional SEK cuenta con herramientas y equipos que pueden aportar al desarrollo de la investigación. Adicionalmente, con la información generada se pretende mejorar la calidad de vida con la que cuenta la Parroquia Rural mediante la adopción de un sistema de gestión de RSU adecuado y de esta manera beneficiar al desarrollo socioeconómico de la comunidad.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Cuantificar el porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas contenidos en los Residuos Sólidos Urbanos de la Reserva Biológica Limoncocha.

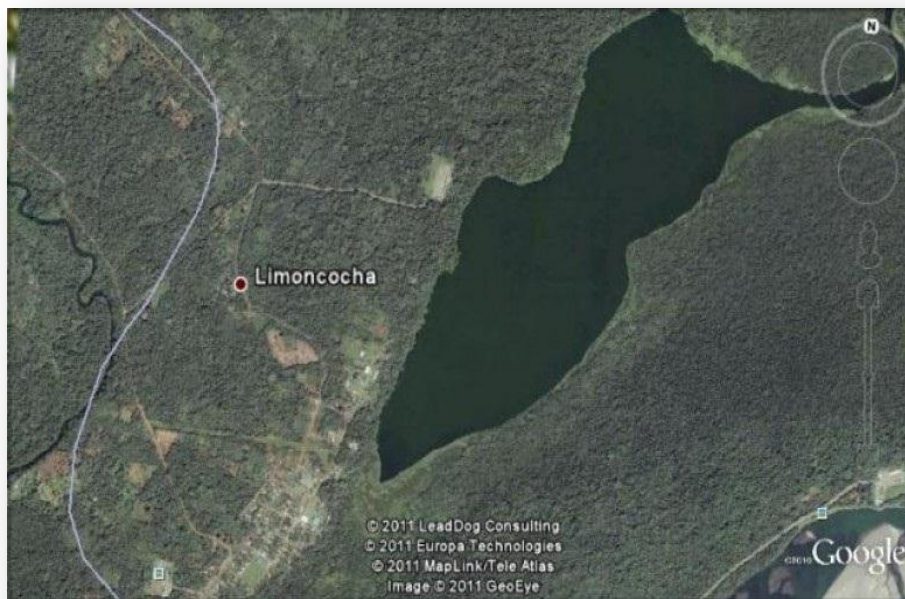
1.4.1.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificación del porcentaje de humedad contenido en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha.
- Cuantificación del porcentaje de cenizas contenido en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha mediante la determinación de la pérdida por calcinación.
- Determinar si la incineración es un proceso técnicamente viable que permite el aprovechamiento energético de los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha.

1.5. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO

La Reserva Biológica Limoncocha se encuentra en la provincia de Sucumbíos, perteneciente al Cantón Shushufindi, Parroquia de Limoncocha, al norte de la región amazónica, el cual cuenta con una superficie total de 59.853,32 has y se encuentra a una altura de 230 msnm (media). Sus límites geográficos se encuentran dados: 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, la Provincia de Orellana (**Albuja, 2004**).

Imagen No. 1. Reserva Biológica Limoncocha



Fuente: Google Earth, 2011.

La distancia aproximada entre Quito y la Reserva Biológica Limoncocha es de 210 km. Se puede acceder a la zona por vía aérea desde Quito hasta Lago Agrio (Nueva Loja) y/o Francisco de Orellana (Coca), para luego seguir por vía terrestre o fluvial (Río Napo). También es posible llegar desde Quito por la carretera hasta Lago Agrio (Nueva Loja), para luego seguir hasta Shushufindi y Limoncocha (**Bastidas, 2009**).

Imagen No. 2. Trayecto a la Reserva Biológica Limoncocha



Fuente: Google Earth, 2011.

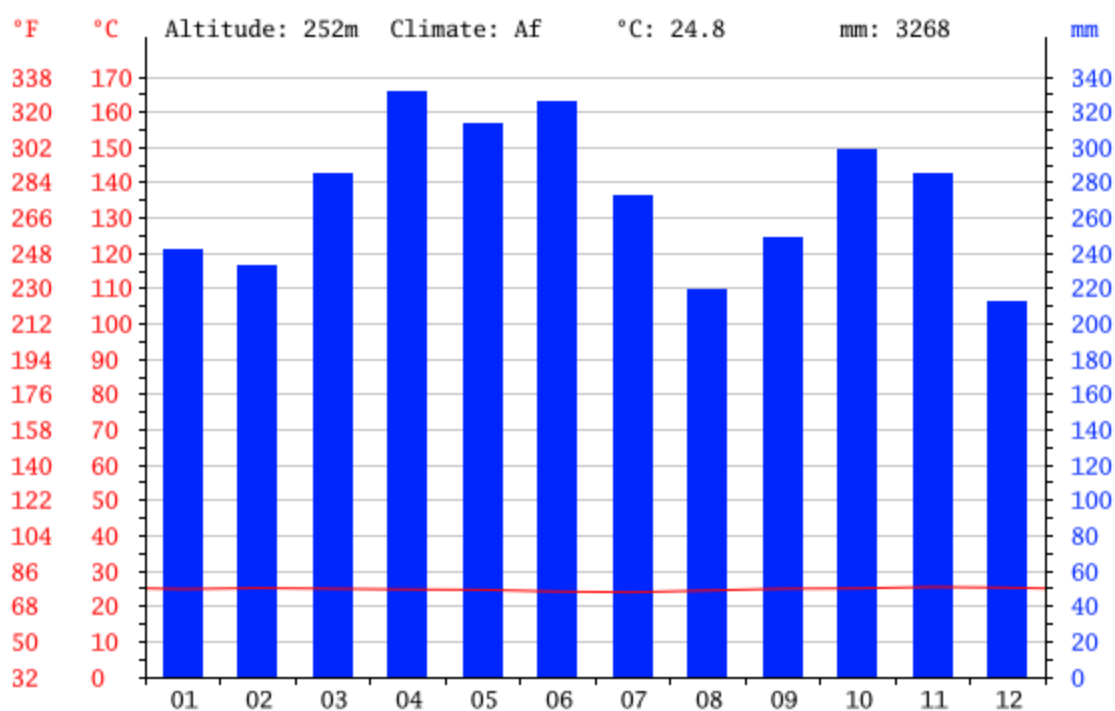
La Parroquia Limoncocha se estableció el 30 de abril de 1972, cuyo nombre proviene del nombre de la laguna, misma que lleva ese nombre por el color de sus aguas y las plantas de limón que se encontraron en sus orillas. Por el área pasaron varios grupos étnicos, sin embargo la historia reciente se inicia en alrededor de 1950 cuando ocurren los primeros asentamientos a orillas del río Napo de Kichwas del Tena. En 1957 llega el Instituto Lingüístico de Verano y se genera un fuerte asentamiento Kichwa a las orillas de la laguna de Limoncocha (Albuja, 2004).

La Laguna está certificada como sitio RAMSAR, es decir, un humedal de importancia internacional por su diversidad en aves, peces, reptiles siendo el hábitat del caimán negro y las tortugas charapas. Pertenecen al bosque húmedo tropical y estudios han revelado que en la Reserva Biológica Limoncocha existen 464 especies de aves, 74 de mamíferos, 92 de anfibios y reptiles junto a miles de insectos de diferentes formas, tamaños y colores entre la densa vegetación. Sin embargo en el sector se observa una apreciable superficie de pastos asociado con arboricultura tropical, bosque intervenido en asocio con pastos. Toda esta vegetación se concentra en las áreas de relieve plano a onduladas y en zonas disectadas (Albuja, 2004).

La parroquia presenta situaciones muy variables en su drenaje, se localiza dentro del área de la cuenca del río Napo e íntegramente en la subcuenca del río Aguarico y el Río Jivino, a la cual pertenecen tramos parciales de microcuencas como las de los ríos: Río Capucuy (Blanco), Río Itaya, Río Mandi, Río Pañayacu, Río La Sur, Río Sin Nombre y drenajes menores que atraviesan la parroquia de oeste a este (Albuja, 2004).

Según lo mencionado en el informe elaborado para el **“Plan de Trabajo para la candidatura a la junta parroquial “Limoncocha” candidatos: nómina de candidatos para la Parroquia Limoncocha. Periodo 2014-2019”**; en el área de estudio se identifican dos tipos de climas, en el lado oeste de la parroquia se registra el clima climático Tropical Mega térmico muy Húmedo; normalmente localizado en zonas altas del relieve general y al este de la parroquia se registra el clima Tropical Lluvioso, cuyas condiciones climáticas (distribución de precipitaciones y mínimas diferencias de máximas y mínimas temperaturas), hacen de la zona en estudio que no existan variaciones climáticas significativas durante el año, siendo constantes las precipitaciones 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.

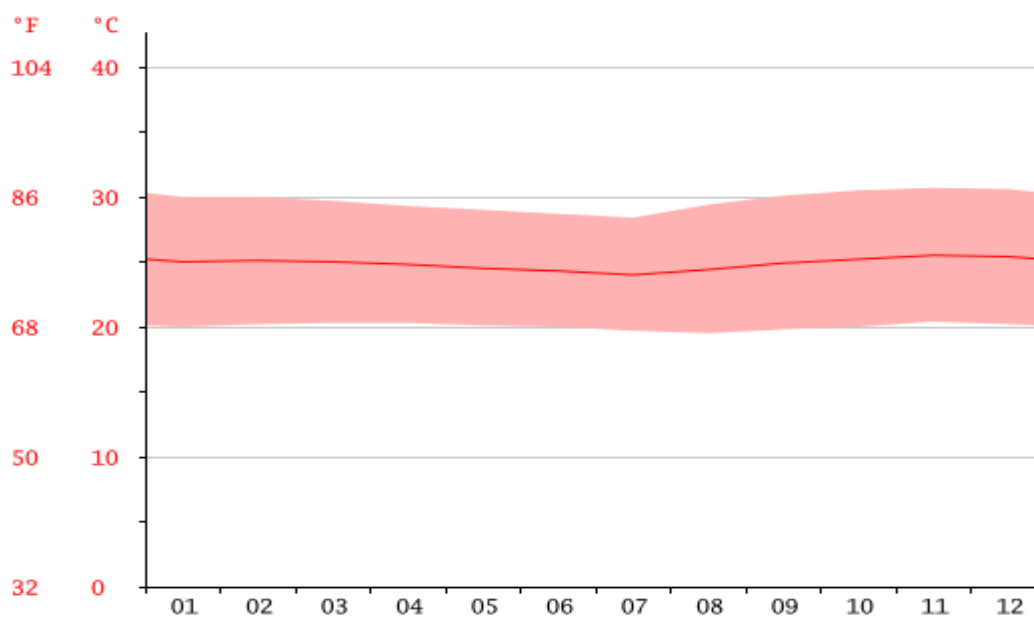
Gráfico No. 4. Climograma de la Parroquia Limoncocha



Fuente: Climate-data.org, 2015.

El mes más seco es diciembre, con 213 mm. 331 mm, mientras que la caída media en abril. El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año.

Gráfico No. 5. Diagrama de temperatura



Fuente: Climate-data.org, 2015.

El mes más caluroso del año con un promedio de 25.5 °C de noviembre. El mes más frío del año es de 24.0 °C en el medio de julio.

Tabla No. 3. Tabla climática

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	233	237	305	366	341	341	292	223	262	311	303	233
°C	25.0	25.1	25.0	24.8	24.5	24.3	24.0	24.4	24.9	25.2	25.5	25.4
°C (min)	20.0	20.2	20.3	20.3	20.1	20.0	19.7	19.5	19.8	20.0	20.4	20.2
°C (max)	30.0	30.0	29.7	29.3	29.0	28.7	28.4	29.4	30.1	30.5	30.7	30.6
°F	77.0	77.2	77.0	76.6	76.1	75.7	75.2	75.9	76.8	77.4	77.9	77.7
°F (min)	68.0	68.4	68.5	68.5	68.2	68.0	67.5	67.1	67.6	68.0	68.7	68.4
°F (max)	86.0	86.0	85.5	84.7	84.2	83.7	83.1	84.9	86.2	86.9	87.3	87.1

Fuente: Climate-data.org, 2015.

La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 143 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 1.5 °C.

En cuanto a la actividad extractiva, la parroquia 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, se ubican principalmente en los extremos norte y sur de la parroquia, en las vertientes y laderas que declinan a las corrientes fluviales. El rubro más importante lo constituye la producción de petróleo en la Amazonía Ecuatoriana, convirtiéndola en la principal región generadora de recursos energéticos y económicos del país. La importancia de la producción hidrocarburífera es decisiva para el Ecuador cuya economía se nutre del petróleo en un gran porcentaje.

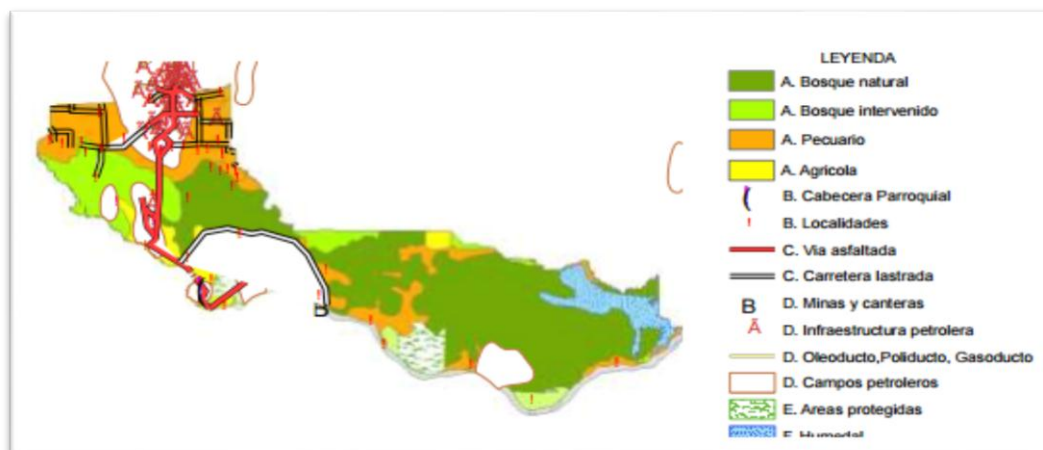
Tiene áreas temporalmente inundadas, mientras que otro sector está cubierto por bosque secundario, y un tercer sector por un matorral de pantano temporal o inundable permanente. La Laguna de Limoncocha y los sectores se encuentran bordeados por numerosos ríos. Los ecosistemas lénticos y lóticos del sitio se encuentran en la Baja Amazonía Ecuatoriana. Sus características ecológicas son propias de una Varzea (bosque de inundación permanente con aguas negras). El bosque recepta el exceso de lluvia y el agua del desbordamiento de los ríos. Las aguas de los ríos del norte son de aguas blancas, cuando cruzan el bosque se vuelven negruzcas, pero al ingresar en la Laguna, el margen occidental, adquiere un color algo verdoso. Se encuentra rodeada de una vegetación acuática, semiacuática y en el lado occidental de la Laguna se observa la presencia de abundante alga filamentosa. También, en este sector existen varias vertientes que son aprovechadas en labores domésticas por la población que vive cerca de la Laguna (**Bastidas, 2009**).

La generalidad de los suelos del área de la Parroquia de Limoncocha, se han desarrollado en las partes ligeramente onduladas a manera de piedemonte existentes en la unidad denominada Cuenca Amazónica Colinada y específicamente en la Cuenca Amazónica Plana. La mayoría de los suelos que dominan el territorio de la parroquia son de color y textura casi uniforme, pardo rojizo oscuro, franco arcillosos a arcillosos, medianamente profundos, drenaje moderado, pH ácido (los valores son mayores en profundidad), mediana toxicidad en Aluminio y cuenta con una fertilidad media.

El área de estudio está homogéneamente dominado por pendientes débiles, cubre la mayor superficie del territorio y cuyo rango está entre 0 – 5%; corresponden fisiográficamente a los relieves planos, terrazas y llanuras. Una porción pequeña presentan pendientes entre 12 a 25%.

La vocación o mayor aptitud de los suelos del territorio de la parroquia Limoncocha, está orientada a una agricultura de mecanización y aplicación de agua de riego fácil con la plantación de una amplia gama de cultivos hortícolas, ciclo corto y frutal. Le sigue en importancia, suelos aptos para pastizales con ganadería poco intensiva para no degradar aún más los suelos. Los suelos de aptitud con limitaciones importantes para la agricultura son aquellos que requieren de riego especializado y de difícil mecanización, por lo que su uso será específicamente con cultivos altamente rentables que justifiquen la aplicación de tecnología de producción avanzada. El lugar contaba con bosque natural primario y secundario en poca extensión, de los cuales debido a la explotación maderera ya no se encuentra bosque primario. A pesar de esto, existen zonas boscosas las cuales han sido incluidas en el programa estatal socio bosque auspiciado por el Ministerio del Ambiente, el mismo que brinda importante atención a áreas vegetativas. Otras actividades productivas son la agropecuaria, la misma que está más fortalecida en el territorio de la parroquia ocupado por colonos, en ellos la palma africana, ganadería, cacao fino de aroma y de ramilla, café, maíz, son muy importantes y dan buenos resultados en productividad y la calidad; en territorio indígenas la producción agropecuaria es extensiva y los cultivos presentes son cacao de ramilla y fino de aroma, maíz, cítricos, plátanos, yuca, entre otros.

Imagen No. 3. Modelo Territorial Actual



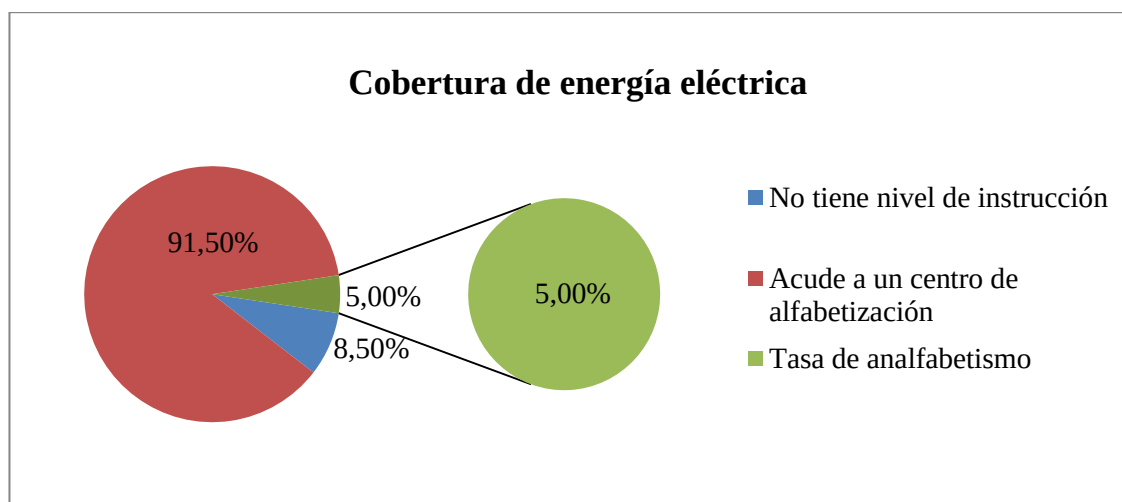
Fuente: PTL-2014-2019.

La parroquia posee una variedad de atractivos aptos para el turismo y la recreación ya que entre tanta diversidad también se encuentra la reserva de producción faunística “Laguna de Limoncocha” y alrededor de ella habitan los “takarache” árboles esqueleto o palos separados, humedal de importancia manejado por el MAE, los cuales no han sido adecuadamente difundidos y tampoco cuentan con los servicios necesarios para facilitar su apreciación y disfrute. El fortalecimiento de dicha actividad resultará de suma importancia para lograr beneficios principalmente socio-económicos, pero algo a considerar también como producto del turismo es la variación en la tasa de consumo de los recursos y la derivada generación de desechos que supone el desarrollo de esta área.

En cuanto a la cultura y forma de vida de los pobladores de Limoncocha, de acuerdo a la información levantada, la población vive y realiza sus actividades cotidianas y productivas en la parroquia, pero también se desplazan a Shushufindi y a los centros poblados por trabajo, para abastecerse de productos y hacer transacciones comerciales. En otro aspecto se ha podido determinar la migración hacia destinos fuera del país. Es importante destacar el liderazgo de la Asociación indígena de Limoncocha en el desarrollo de actividades relacionadas con el manejo de los recursos potenciales de la zona, ya que su coordinación permitirá integrar a los habitantes ancestrales y generar oportunidades de desarrollo incluyendo opciones de impulsar una matriz que incorpore los recursos y potencie una opción de oferta de bienes inmateriales ligados a la academia y la ciencia en beneficio de los moradores ancestrales y su cultura.

En lo que se refiere a la cobertura del equipamiento urbano se identificó que en la parroquia actualmente cuenta con centros educativos, centro de salud, GAD parroquial y áreas recreativas; sin embargo, en los recintos y pre cooperativas existe aún déficit de equipamiento. De acuerdo a los datos obtenidos mediante el censo 2010, se ha podido establecer que aproximadamente apenas el 8,50% de la población de la parroquia de Limoncocha no tiene algún nivel de instrucción, mientras que el 91,5% acude a un centro de alfabetización. Lo cual da como resultado una tasa de analfabetismo de apenas el 5% en toda la parroquia.

Gráfico No. 6. Cobertura de energía eléctrica



Elaborado por: Baca, 2015.

En el campo de la salud existe un Subcentro que cuenta con disponibilidades tales como 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. Un problema recurrente es el embarazo de adolescentes provocado por la falta de oportunidades y futuro proactivo en los jóvenes, y a esto se adiciona la escasa educación sexual y formación en valores que recibe la población.

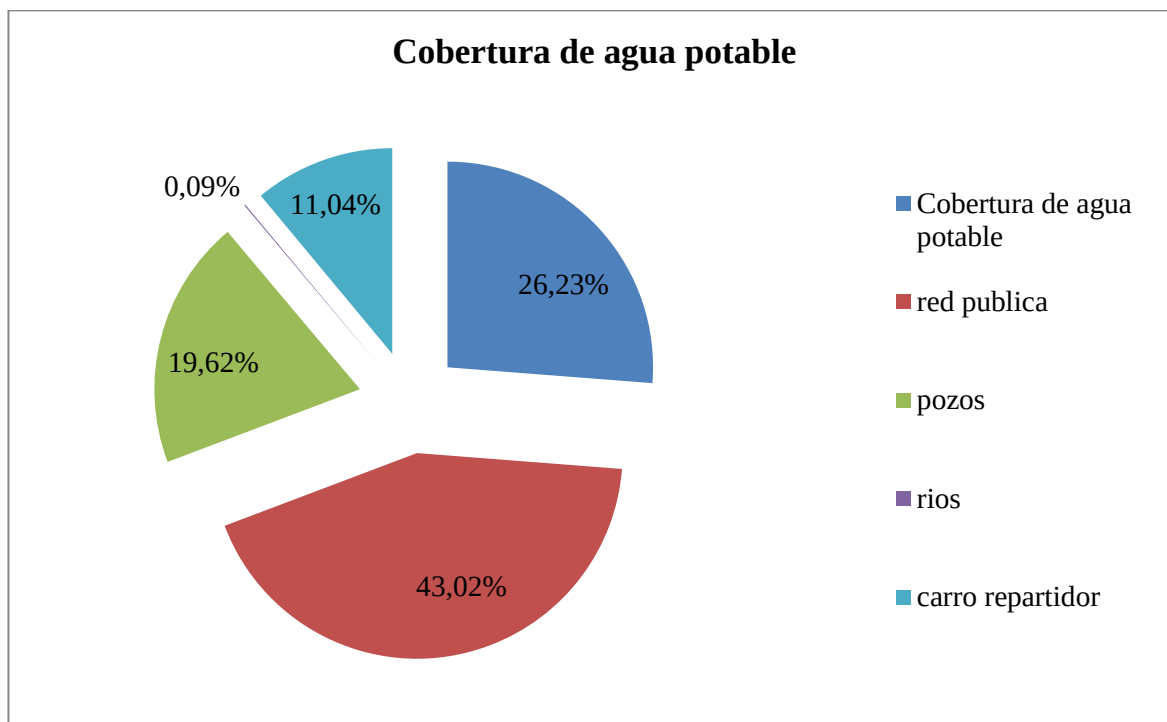
En la composición étnica de los habitantes, la gran mayoría se consideran indígenas, sin embargo existe un porcentaje considerable de mestizos (43,39%), entre otras etnias como: negros, mulatos, blancos y montubios. Cabe mencionar que las prácticas de comportamiento religioso, cultural y lingüística han determinado asentamientos de grupos humanos en nacionalidades que para el caso de la parroquia son los quichuas, shuar y secoyas.

De acuerdo a datos del censo 2010 realizado por el INEC, la parroquia de Limoncocha está conformada por 1.082 hogares lo que representa el 10,54% del total del Cantón Shushufindi; su población al año 2010 alcanzó los 6.817 habitantes, distribuidos en 4.086 hombres y 2.731 mujeres; reflejando una tasa de crecimiento promedio del 3,48%. La Población Económicamente Activa (PEA) de la parroquia está representada por el 49,74%, que corresponden a aquellas personas que se han incorporado al mercado de trabajo, es decir, que tienen un empleo o que lo buscan actualmente.

En lo que respecta a la cobertura de servicios básicos, los resultados obtenidos mediante el censo 2010, arrojan los siguientes resultados:

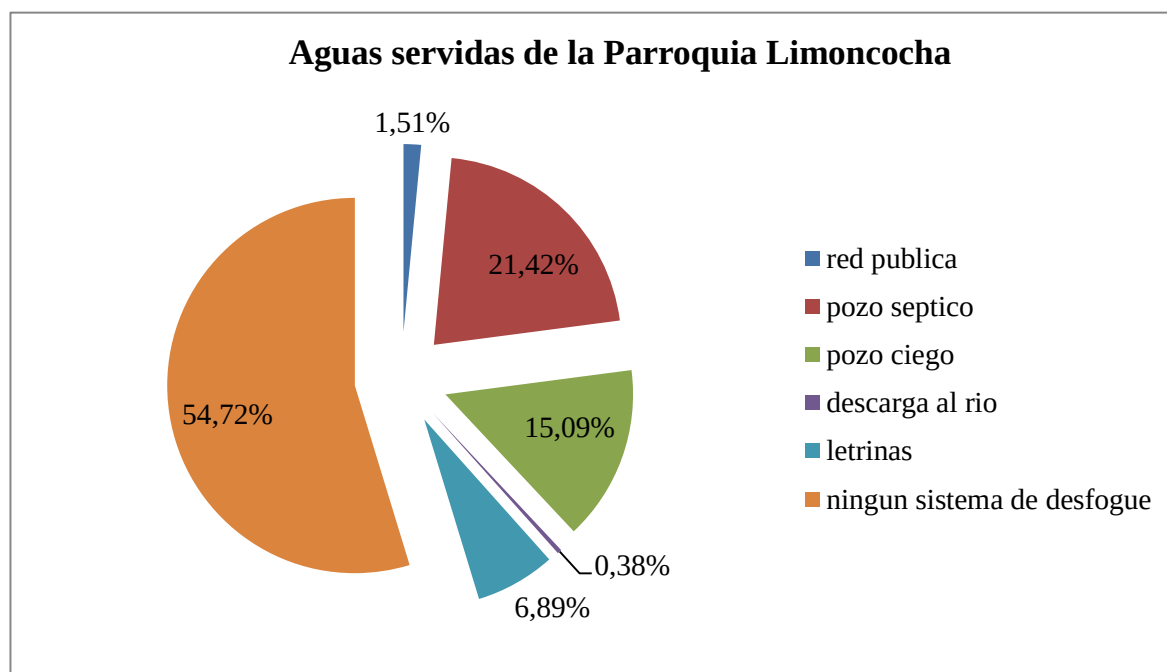
En cuanto a la cobertura de agua potable en la parroquia de Limoncocha, esta es limitada pues solamente el 26,23% de los hogares obtiene el agua de la red pública, mientras que el 43,02% la adquieren de pozos, el 19,62% de ríos, el 0,09% la consigue a través de carro repartidor y el 11,04% de agua lluvia. La cabecera parroquial cuenta con servicio de agua tratada y entubada que se distribuye a parte de la población, los recintos no cuentan con este servicio; el alcantarillado pluvial y de aguas servidas está en la cabecera parroquial, no se lo ha implementado aún en los recintos; la recolección de desechos se la realiza en la cabecera parroquial. Apenas el 1,51% cuenta con red pública, el 21,42% poseen pozo séptico, pozo ciego el 15,09%, el 0,38% descarga hacia el río, el 6,89% utiliza letrinas, mientras que el resto los hogares no poseen ningún tipo de sistema para el desfogue de las aguas servidas, lo cual equivale al 54,72%.

Gráfico No. 7. Cobertura de agua potable



Elaborado por: Baca, 2015.

Gráfico No. 8. Aguas servidas de la Parroquia Limoncocha

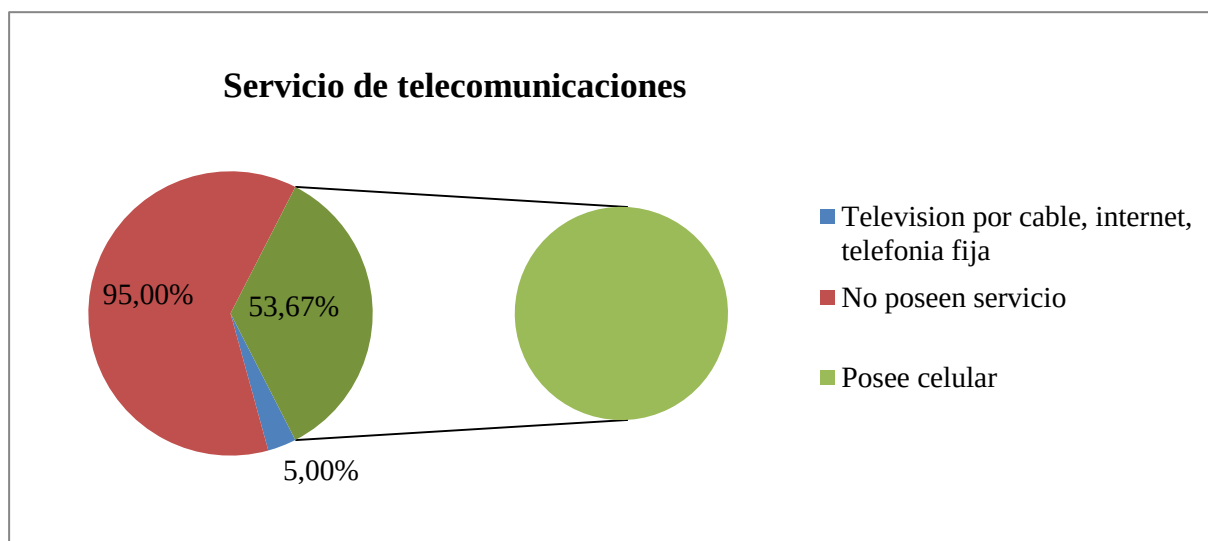


Elaborado por: Baca, 2015.

En cuanto a telecomunicación las poblaciones cuentan con una deficiente cobertura en lo que respecta a televisión por cable, internet, telefonía fija, pues alrededor del 95% de los

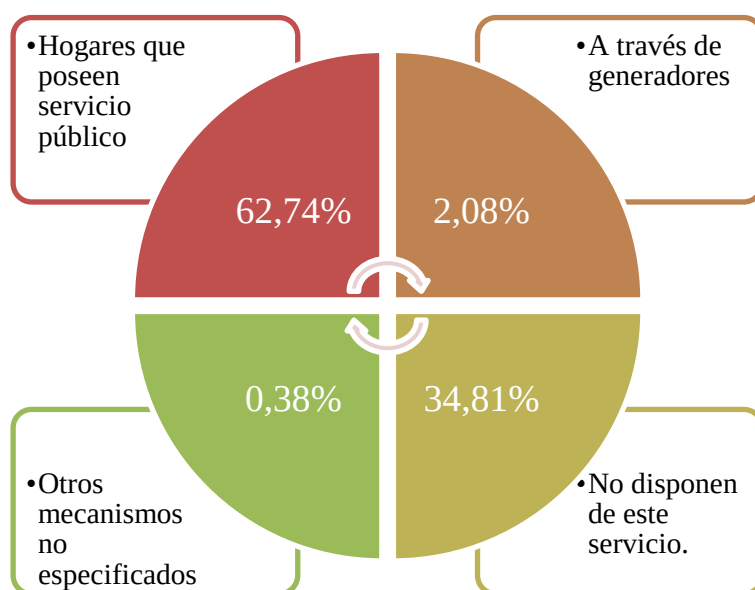
hogares no poseen este tipo de servicio; mientras que apenas el 53,67% posee celular, como uno de los principales medio de comunicación. En cobertura de energía eléctrica el 62,74% de los hogares de la parroquia de Limoncocha obtiene la energía eléctrica a través de la red de empresa eléctrica de servicio público, mientras que el 2,08% a través de generadores; mientras que el 0,38% emplea otros mecanismos no especificados; y el 34,81% no disponen de este servicio.

Gráfico No. 9. Servicio de Telecomunicaciones



Elaborado por: Baca, 2015.

Gráfico No. 10. Cobertura de energía eléctrica



Elaborado por: Baca, 2015.

Otros aspectos importantes son los de movilidad y conectividad, existe la vía principal de primer orden y otras de orden secundaria y terciaria, la principal está circunscrita a la cabecera parroquial y las secundarias y terciarias a los recintos y comunidades. Otro aspecto es el relacionado a la movilización área y fluvial. En la parroquia Limoncocha las zonas que permanecen inundadas o anegadas durante todo el año, por lo general corresponden a humedales o áreas pantanosas, la pendiente fluctúa de 0 a 5 % y la textura es en su mayoría arcillosa. La acumulación de las aguas es producto de las precipitaciones y por la crecida de los ríos. Cubren un área aproximada de 372,23 has que representa el 0,62% de la superficie de la provincia. Los conflictos de uso del suelo fueron determinados mediante la sobreexposición de los mapas de uso actual del suelo y las clases agrologicas, reclasificadas y homogenizadas y sus resultados para la parroquia.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ESTUDIOS PREVIOS Y ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

La deficiencia en la gestión de residuos sólidos urbanos impacta negativamente en el ambiente y en la salud de la población. Los conglomerados urbanos disminuyen su capacidad de acogida cuando el entorno se vuelve insalubre por la mala disposición de los desechos, ya que tal condición da origen a la proliferación de plagas, así como también a malos olores derivados del proceso de descomposición; ello sin mencionar el deterioro del paisaje, el cual ejerce una influencia directa en la salud mental por la sensación de bienestar y seguridad en los Seres Humanos (**MINAM, 2014**).

Incluir la opción de tratamiento térmico en un sistema de manejo integral de residuos sólidos es probable que genere más controversias que otros métodos de tratamiento. Sin embargo, la importancia de la misma 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**).

Al ser el presente estudio un proyecto concernido a problemáticas técnicas, ambientales y sociales, la mejor manera de analizarlo es mediante diversas técnicas que incluyen muestras recolectadas de RSU en el poblado de Limoncocha. Dichos RSU de la RBL al ser sometidos a procesos físicos tales como incineración y secado, arrojan datos a partir de la cuantificación del porcentaje de humedad y cenizas contenidas en los mismos para, de esta manera, determinar la factibilidad para la gestión de los mismos mediante un sistema de tratamiento térmico.

Para ello se han considerado aquellas metodologías previamente aplicadas al manejo de residuos sólidos urbanos, las mismas que no han sido adoptadas en proyectos o estudios para la Reserva Biológica Limoncocha pero sí, a nivel del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). 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”. El cual tiene por objetivo aportar con la cuantificación de dos parámetros físico-químicos de los RSU del DMQ, el porcentaje de

humedad y el porcentaje de cenizas, ya que dicha información es de vital importancia al momento de elegir un tratamiento térmico de los residuos, que es una de las opciones de gestión de los desechos con posibilidad de recuperación de energía.

Por otro lado, **Mazzilli (2013)**, como 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 el método de cuantificación del porcentaje de cenizas y porcentaje de humedad se valida tras análisis estadísticos mediante la utilización de intervalos de confianza. Mientras que la media aritmética obtenida por Dueñas se encuentra dentro del intervalo de confianza, lo que indica que los datos obtenidos mediante esta 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.

Los resultados arrojados por Mazzilli en su estudio, demuestran que la reducción de volumen en base húmeda concuerda con la teoría que presenta a la incineración como una gran alternativa para minimizar los volúmenes de residuos a disponer. Estos resultados indican que el menor porcentaje general de reducción fue de 92.34%, por lo que efectivamente, la incineración es una alternativa viable para la minimización de residuos sólidos urbanos.

Por otro lado, se encuentra el proyecto desarrollado por **Tobar (2015)** como trabajo de fin de carrera titulado, “DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZAS Y HUMEDAD CONTENIDO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”, el mismo que se centra en la 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, el cual se basa en los dos estudios previos, Dueñas (2012) y Mazzilli (2014). Por tal razón, la presente investigación se enfocó en cuantificar dos parámetros principales de dichos residuos, los mismos que son el porcentaje de cenizas, material remanente después de un tratamiento térmico, y el porcentaje de humedad, información primordial como parámetro al momento de elegir un sistema integral óptimo para el tratamiento de los RSU, planteando como una de las posibilidades, la adopción de un sistema de tratamiento térmico como es la incineración.

El interés de aplicar la metodología utilizada en el estudio de fin de carrera para el DMQ en cuanto a la gestión y manejo de RSU, se muestra importante debido a que en él se pudo determinar la factibilidad en la aplicación de sistemas de tratamiento térmico para las categorías de desechos orgánicos, papel y cartón y textiles, lo cual reflejó una notablemente reducción en el volumen de desechos a disponer en el relleno sanitario, aumentando de esta manera, su vida útil, reduciendo efectos ambientales negativos por la degradación de la materia orgánica, por la búsqueda y generación de nuevos espacios para la disposición final de los RSU.

Por lo cual, 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 óptima para la investigación enfocada en los residuos generados en la Reserva Bilógica Limoncocha. De este modo, la evaluación del manejo de los residuos sólidos es un tema de gran importancia ya que genera información de extrema utilidad técnica para a la postre permitirá realizar una adecuada y gestión integral de los mismos, pudiendo incluso, tornarse en su aprovechamiento en beneficios para la comunidad de la Reserva.

2.2. MARCO LEGAL AMBIENTAL

El presente marco legal aplicable para Residuos Sólidos Urbanos en la Reserva Bilógica Limoncocha refleja las bases sobre las cuales se construyeron y determinaron el alcance y naturaleza de la participación política, en el cual se encontró un considerable número de provisiones regulatorias y leyes interrelacionadas.

2.2.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Registro Oficial No. 449, Asamblea Constituyente 2008

Establece en el Capítulo cuarto, Artículo 264 que los gobiernos municipales tiene la responsabilidad 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*”. Mientras que en la Sección Séptima, Artículo 415 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. CONVENIOS Y TRATADOS INTERNACIONALES

Agenda 21

Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, 1992

En la Agenda 21, en su Capítulo 21, se trató sobre la gestión de residuos urbanos, donde se habla de cuatro principales programas que Ecuador, como país signatario, se comprometió a cumplir. Los programas son la minimización de los desechos, el aumento de la reutilización y el reciclaje, la eliminación y el tratamiento ecológicamente racional y la ampliación del alcance de los servicios (**Agenda 21, 1992; OPS/OMS, 2002**). Hasta hoy en día, en el Ecuador no existe un cumplimiento estricto a la Agenda 21.

2.2.3. LEYES ORGÁNICAS

Ley Orgánica de salud

Registro Oficial # 423, Viernes 22 de Diciembre del 2006

La ley Orgánica de Salud, en su Artículos 97, 98 y 100, establece que las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, como el manejo de desechos, serán de cumplimiento obligatorio. Además, se coordinará con las entidades públicas 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).

2.2.4. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

Registro Oficial Suplemento 418 de 10-sep-2004

Como está escrito en la Ley de Gestión Ambiental en el Artículo 2, la gestión ambiental se sujeta a los principios de reciclaje y reutilización. El Artículo 9, literal j., establece que al Ministro de Ambiente corresponde, coordinar sistemas de control con los organismos competentes para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad referentes a los desechos (Ley de Gestión Ambiental, 2004).

2.2.5. ACUERDO MINISTERIAL No. 061

Sustituyente al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria

Registro Oficial, Edición Especial No. 316, viernes 04 de mayo del 2015.

CAPÍTULO VI: GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS NO PELIGROSOS, Y DESECHOS PELIGROSOS Y/O ESPECIALES

El presente capítulo regula todas las fases de la gestión integral de residuos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales, así como los mecanismos de prevención y control de la contaminación en el territorio nacional, el mismo que toma en cuenta los procedimientos y normas técnicas previstos en la normativa ambiental vigente y en los convenios internacionales relacionados con esta materia, suscritos y ratificados por el Estado; como también hace referencia a la asignación de responsabilidades y competencias de gestión tanto a autoridades como a productores.

SECCIÓN I: GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS Y/O DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS

El Artículo 55 de la gestión integral de residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, el cual establece que “*La gestión integral constituye el conjunto de acciones y disposiciones*

regulatorias, operativas, económicas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación, que tienen la finalidad de dar a los residuos sólidos no peligrosos el destino más adecuado desde el punto de vista técnico, ambiental y socio-económico, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación y aprovechamiento, comercialización o finalmente su disposición final. Está dirigida a la implementación de las fases de manejo de los residuos sólidos que son la minimización de su generación, separación en la fuente, almacenamiento, recolección, transporte, acopio y/o transferencia, tratamiento, aprovechamiento y disposición final (...)”.

El Artículo 57 menciona las responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, mismos que *“garantizarán el manejo integral de residuos y/o desechos sólidos generados en el área de su competencia, ya sea por administración o mediante contratos con empresas públicas o privadas; promoviendo la minimización en la generación de residuos y/o desechos sólidos, la separación en la fuente, procedimientos adecuados para barrido y recolección, transporte, almacenamiento temporal de ser el caso, acopio y/o transferencia; fomentar su aprovechamiento, dar adecuado tratamiento y correcta disposición final de los desechos que no pueden ingresar nuevamente a un ciclo de vida productivo; además dar seguimiento para que los residuos peligrosos y/o especiales sean dispuestos, luego de su tratamiento, bajo parámetros que garanticen la sanidad y preservación del ambiente (...)*”.

Para lo cual, los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán implementar un Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos, programas educativos en el área de su competencia, brindar servicios para su recolección y recuperación, evitando así los botaderos a cielo abierto; promover alianzas estratégicas para la conformación de mancomunidades con otros municipios para la gestión integral de los mismos, y la elaboración de ordenanzas para su manejo.

Los mencionados artículos e incluyendo al Artículo 58, hablan de las normas técnicas que la Autoridad Ambiental Nacional establece para la gestión integral de los RSU; además de la regularización y viabilidad técnica que la misma otorgara para los estudios de factibilidad y diseños de proyectos de gestión.

Mientras que los Artículos del 59 al 75 tratan sobre las fases de manejo de desechos y/o residuos sólidos no peligroso, como también al conjunto de actividades técnicas y operativas de la gestión integral de estos, las cuales incluyen: minimización en la generación, separación en la fuente, almacenamiento, recolección, transporte, acopio y/o transferencia, aprovechamiento, tratamiento y disposición final.

Mientras que el Artículo 76 menciona el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos no peligrosos, mismo que debe ser elaborado por los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y estará enmarcado en lo que dictamina la normativa ambiental nacional emitida para la Gestión Integral de los residuos, el cual será aprobado y controlado por la Autoridad Ambiental Nacional, misma que establecerá el contenido que este abarque.

2.2.6. ORDENANZAS

Ordenanza que regula la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos; y, la limpieza en general del Cantón Shushufindi

Registro Oficial Suplemento 119 del 08 Noviembre del 2013.

La presente Ordenanza, como lo estipula el Artículo 2, establece 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; y es aplicable en toda la geografía del Cantón Shushufindi.

Así también en la Ordenanza se menciona la regulación en cuanto a la gestión integral de residuos y desechos sólidos y la limpieza en general del Cantón Shushufindi. Por lo cual establece que es una obligación en Shushufindi, en cuanto a la generación de residuos sólidos, establecer mecanismos para reducir, reutilizar, reciclar y recuperar residuos sólidos aprovechables. También, se debe clasificar los residuos en la fuente, así como separarse los peligrosos y gestionarse como especifican el MAE y el INEN. Se debe mantener orden y aseo en el almacenamiento y recolección, y debe pagarse la tasa respectiva.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Incineración

La incineración es uno de los procesos térmicos que pueden aplicarse en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos para disminuir su cantidad y aprovechar la energía que contienen. Los aspectos medioambientales que causan mayor preocupación son las emisiones atmosféricas, especialmente las dioxinas y furanos, y las escorias y cenizas formadas (**Romero, S/F**).

La viabilidad del proceso de incineración depende 100% de las propiedades químicas de residuos a ser incinerados bajo condiciones controladas con el fin de oxidar el carbono y el hidrogeno presentes en los mismos, en primera instancia una de las ventajas de la aplicación del proceso de incineración es la reducción de un 80 a 95% el volumen y masa del material a ser dispuestos en los rellenos, además de que se puede recuperar la energía para generar vapor y/o electricidad (**Cantanhede, S/F**).

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

El primero plantea el uso del residuo en bruto, que son los residuos que se recogen en masa sin separación de la fracción orgánica. Acorde a la realidad de las condiciones de que

presenta la Reserva Biológica Limoncocha, esta sería la opción a aplicarse debido principalmente a la falta de separación de residuos en la fuente y a la falta de procesos de reciclaje efectivos. Sin embargo, esta opción no es la más recomendable teniendo en cuenta la jerarquía para el tratamiento de los RSU y las afectaciones ambientales que la incineración podría producir frente a otras alternativas como el reciclaje o compostaje.

El segundo plantea 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. Esta sería una opción más favorable, pero debería implantarse un sistema de clasificación eficiente, por lo que aún no podría ser una alternativa en el caso de la reserva.

Finalmente, la opción más recomendable, pero no aplicable debido a las condiciones en las que los residuos de la RBL llegan al relleno sanitario, sería el envío de restos no orgánicos separados en la fuente previo a su recolección a una planta incineradora.

Si bien el tratamiento térmico de incineración sería la opción más recomendable y práctica, la falta de concientización y educación por parte de la sociedad impiden aplicarla ya que no existe una adecuada separación que se la realice de manera eficiente en los domicilios de la reserva y por ende, la heterogeneidad de los materiales a tratar es inexistente y los niveles de emisión representan un posible impacto tanto al ambiente como a la salud de los pobladores de la comunidad.

Acorde con **Bonato (2000)**, mencionado en el trabajo de fin de carrera de **Dueñas (2012)**, es de suma importancia conocer los porcentajes de humedad y de cenizas, y de estas últimas analizar la concentración de metales pesados y su capacidad de transferirse al medio ya que de esta manera se podría definir un método de tratamiento adecuado que se ajuste a las condiciones que presentan los RSU de la Reserva. En efecto, se indica que los tratamientos térmicos se utilizan para residuos con las siguientes características:

- Contenido de compuestos inorgánicos: < 15 % (cenizas)
- Contenido de agua: < 65 %
- Contenido de compuestos orgánicos > 30 % (poder calórico)

Una vez definidos estos criterios para la elección de los residuos a tratar, se definen las dos principales finalidades de los tratamientos térmicos. Es así, que se pretende minimizar el volumen de los desechos, disposición de los mismos en rellenos sanitarios y peso a disponer en vertederos, ya que al momento de incinerar, estas resultan ínfimas en cuanto a peso y volumen. Por otra parte, para complementar el proceso, como indica **Garrigues (2003)**, se debe asegurar un proceso de recuperación energética a través del aprovechamiento del calor generado por la combustión de los residuos.

2.3.2. Humedad

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 materiales presentes como residuos son los siguientes (**Coral, 2012**):

Tabla No. 4. Porcentaje de humedad contenida en materiales de residuo

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

Fuente: Coral, K. (2012).

Para la cuantificación del porcentaje de humedad en la toma de muestras de los residuos sólidos en la Reserva Biológica Limoncocha, en la cual está centrado el presente trabajo de investigación, sugiere que para la preparación de la muestra recogida, el parámetro en cuestión debe ser medido con rapidez para evitar cambios en el contenido de humedad.

Según **González (2008)**, el análisis de humedad en los RSU refleja la utilidad que implica su determinación en cuanto a conocer el parámetro de las características químicas, generar conocimiento de la estructura física de los desechos, la aplicabilidad de un determinado proceso y la eficacia que representaría en el proceso de compostaje. Así también, los factores que inciden en el porcentaje de agua contenida en los RSU son muy variables, los cuales pueden depender del contenido de material orgánico, la climatología de la región, la forma en que se presentan y su procedencia.

Por lo cual, como lo menciona **Arrechea et al., (2009)**, al momento de realizar tratamientos térmicos para el manejo de residuos sólidos es importante tomar en cuenta el porcentaje de humedad contenida en los mismos, ya que la misma se presenta en distintos tipos, las cuales pueden ser:

- Humedad del residuo sólido o humedad superficial, la cual 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 ya sea porque los residuos se encuentran a la intemperie lo cual genera una absorción por parte de los mismos.

- Humedad del material de cubrición 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.

Sin embargo, para la cuantificación del parámetro en cuestión, la investigación se basó en la determinación de la humedad general (humedad superficial y humedad del material de cubrición) que poseen los residuos sólidos generados en la Reserva ya que debido a las condiciones del lugar, su climatología y presencia de humedad en el ambiente, realizar un secado a la intemperie para de esta manera eliminar la humedad superficial adquirida por factores climáticos o externos y así llegar a obtener la humedad de los mismo no fue posible, ya que la presencia de grandes cantidades de material orgánico en los residuos y su posterior descomposición iba a tornarse lenta en cuanto al tiempo de secado que esta implicaría y también favorecería a la aparición de patógenos y vectores a consecuencia del material descompuesto; razón por la cual, se encontró la determinación de dicho parámetro como un limitante y no se lo tomo en cuenta en la presente investigación, sin embargo resultaría de interés que en futuros estudios se lo realizara.

Por lo cual, para la cuantificación de la humedad general, en la cual se basó este estudio, existen tres métodos aplicables, los mismos que se detallan a continuación (**González, 2008**):

- El primero consiste en una estufa de secado en la cual la muestra es introducida a 80-90°C en una estufa con circulación forzada de aire, hasta obtención de peso constante. La diferencia entre el peso de entrada y salida es el peso de agua contenido en la muestra y el cociente de esta cantidad entre el peso en húmedo, multiplicado por 100, determina el porcentaje (%) de agua que contiene la muestra. Este sistema es el más fiable y más comúnmente utilizado, y en el cual se basó este proyecto de fin de carrera.
- Un segundo método basado en rayos infrarrojos en el que la muestra es situada bajo la proyección de lámparas de infrarrojos, directamente sobre una balanza destinada al efecto, la cual da la lectura directa de la humedad contenida en la muestra. Este método permite obtener resultados más rápidos pero no es adecuado para secar muestras que van a analizar después, porque con él se pueden volatilizar otras sustancias además del agua. Los equipos utilizados trabajan con cantidades muy pequeñas, 25 g aproximadamente, por lo que los resultados obtenidos, aunque rápidos, son dudosamente representativos.
- La destilación de tolueno es el tercer método aplicable para la determinación de la humedad y consiste en la destilación del agua de una muestra de residuos que se ha sumergido en tolueno a la temperatura de ebullición (110,8°C). El tolueno y el agua se condensan y como no son miscibles se puede medir la cantidad de agua condensada. Al igual que el anterior opera con cantidades muy pequeñas de muestra, 30g. Cabe mencionar que este método es aún más rápido pero menos exacto que los anteriores.

Finalmente, tomar en cuenta la humedad contenida en los RSU es fundamental al momento de querer enfocarse en tratamientos para su gestión ya que puede constituir una problemática en cuanto al manejo inadecuado de los mismos debido a que no sólo afecta la salud humana, sino también está relacionado con la contaminación tanto atmosférica como del suelo, y las aguas superficiales y subterráneas que muchas veces son fuentes de abastecimiento de agua potable. Estos recursos hídricos se contaminan por la afluencia de lixiviados sin tratamiento procedentes de los vertederos de residuos sólidos.

2.3.3. Cenizas

Son los residuos sólidos muy finos procedentes de la combustión. Se presentan bajo la forma de un polvo fino de color gris o blanco grisáceo, suave al tacto y susceptible, cuando están secas, de ser arrastradas por la acción de un viento ligero (**García-Valcarce, 1998**).

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.

Acorde al 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 de 75 a 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.

Una preocupación especial, en cuanto a la ceniza que resulta de la incineración de los residuos sólidos municipales, es la 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. Sin embargo, en caso de que estuviesen presentes, no son móviles en un relleno sanitario. Las emisiones de polvo se deben también controlar por medio de un manejo adecuado debido al riesgo potencial de contaminación que estas significan (**CEMPRE, 2012**).

Por lo cual, la determinación del porcentaje de cenizas obtenidas tras el proceso de incineración de los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha suponen un interés en cuanto al aprovechamiento de estos como potencial energético. Pero también como base para la determinación de metales pesados presentes en los lixiviados que produciría la descomposición de los residuos.

La gestión adecuada de la ceniza implica el manejo apropiado desde su generación en el proceso de combustión hasta su disposición final debido a los efectos potencialmente

perjudiciales del contacto o aspiración de la ceniza de combustión de los residuos sólidos municipales.

2.3.4. Pérdida por calcinación

La pérdida por calcinación es uno de los parámetros analíticos de las rocas, sin embargo es aplicado en diversos cálculos enfocados en la determinación de material orgánico e inorgánico incinerable a cierta temperatura. Se obtiene calcinando la muestra y midiendo la diferencia de peso entre la muestra sin calcinar y calcinada, y se expresa en forma porcentual. 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 dicho 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 No. 1. Determinación de Porcentaje de pérdida por calcinación

2.3.5. Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS

Acorde con el **Ministerio del Ambiente (2015)**, en el año del 2002 se realizó el “Análisis Sectorial de Residuos Sólidos del Ecuador”, el mismo que fue auspiciado por la OPS/OMS y cuya finalidad era apoyar el desarrollo de la gestión de los desechos, sin embargo, no se pudo establecer una línea base con indicadores que permitan medir la eficiencia de la aplicación del estudio o de otras estrategias preparadas por el Gobierno del Ecuador, por lo que se hacía fundamental conocer los parámetros de las diferentes regiones socio-económicas del país.

Por tal motivo, se dio la aplicación del Artículo 55 del COOTAD, el mismo que establece que los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) son los responsables del manejo de sus desechos sólidos, sin embargo su baja capacidad de gestión en cuanto a los RSU ha reflejado una débil imagen institucional además de no contar con autonomía administrativa ni financiera, por lo que no se ha logrado ningún avance referente a dicho tema en cuestión.

Desde el año 2002 al 2010, de un total de 221 municipios, 160 disponían sus desechos en botaderos a cielo abierto, perjudicando y contaminando los recursos, con la consiguiente afectación a la salud de la población. Mientras que los 61 restantes presentaban un manejo de sus residuos con insuficientes criterios técnicos o en sitios de disposición final parcialmente controlados, reflejando la debilidad en los programas de aplicación en cuanto a sus sistemas de gestión.

Frente a este panorama y debido a los impactos derivados del mismo, el Ministerio del Ambiente (MAE) inició el control y seguimiento a los sitios en donde se presentaba disposición de residuos, y en abril del 2010 el Gobierno Nacional a través del mencionado Ministerio crea el PROGRAMA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS (PNGIDS), con el objetivo de impulsar la gestión de los residuos sólidos en los municipios del Ecuador, con un enfoque integral y sostenible; y así disminuir la contaminación ambiental y mejorar la calidad de vida de los pobladores e impulsar la conservación de los ecosistemas; el programa se buscó llevar a cabo a través de estrategias, planes y actividades de capacitación, sensibilización y estímulo a los diferentes actores relacionados (**MAE, 2015**). Vale mencionar que actualmente el programa se ha enfocado en eliminar los botaderos a cielo abierto localizados en todos los municipios del país.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO: Tamaño muestral

Como lo manifiesta **Morales (2012)**, cuando se trata de extrapolar los resultados a la población representada por una muestra hay que tratar dos temas: el tipo de muestra y el número de sujetos. Cómo se obtiene la muestra tiene que ver con la representatividad de la misma, mientras que el tamaño de la muestra tiene que ver con los márgenes de error al extrapolar la muestra de la población en cuestión.

El tamaño necesario de la muestra para que ésta sea representativa y poder extrapolar los resultados de la población depende básicamente de tres variables traducidas a valores estadísticos; el primero es el nivel de confianza o riesgo que se acepta de equivocación al presentar resultados. El nivel de confianza habitual es de .05 ($\alpha = .05$), el mismo que en la distribución normal está asociado a una determinada probabilidad de ocurrencia.

La segunda es la varianza estimada en la población, es decir, es la diversidad de población estimada. A mayor diversidad esperada, o al menos posible, en las opiniones o posibles respuestas en la población, hará falta un mayor número de sujetos en la muestra.

Y finalmente, la tercera variable que trata acerca del margen de error que se está dispuesto a aceptar. Si se quiere un margen de error o de oscilación de muestra a muestra muy pequeño, se necesitará mayor número de muestras.

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. La ecuación a utilizarse para dicho cálculo según Webster (1998) es:

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

Ecuación No. 2. Tamaño muestral

En 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 12 meses del año 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.

$$n = \frac{12}{1 + \frac{(0,1)^2(12 - 1)}{(1,96)^2(0,5)(0,5)}}$$

$$n = \frac{12}{1 + 0,1145}$$

$$n = 10,7668 \approx 11 \text{ muestras}$$

Así, remplazando los valores en la ecuación anterior, se obtuvo un valor n de 11 muestras, todas ellas comprendidas en el periodo de un año.

Al encontrar el número de muestras mensuales, dividiendo el valor para 12, el resultado fue de 1 muestra por mes, por lo que se decidió realizar los el muestreo de campo en la Reserva Biológica Limoncocha según los datos obtenidos. Esta elección se la hizo al azar, para así asegurar la aleatoriedad de las muestras y de esta manera aumentar su representatividad.

Sin embargo, la factibilidad de realizar 11 muestreos no estuvo al alcance debido al factor tiempo, por lo cual, y teniendo en cuenta la representatividad que las mismas deben presentar en la investigación, la toma de muestras de los RSU en la Reserva se redujo a 7, llevándose a cabo de manera mensual en el periodo comprendido de Enero a Julio.

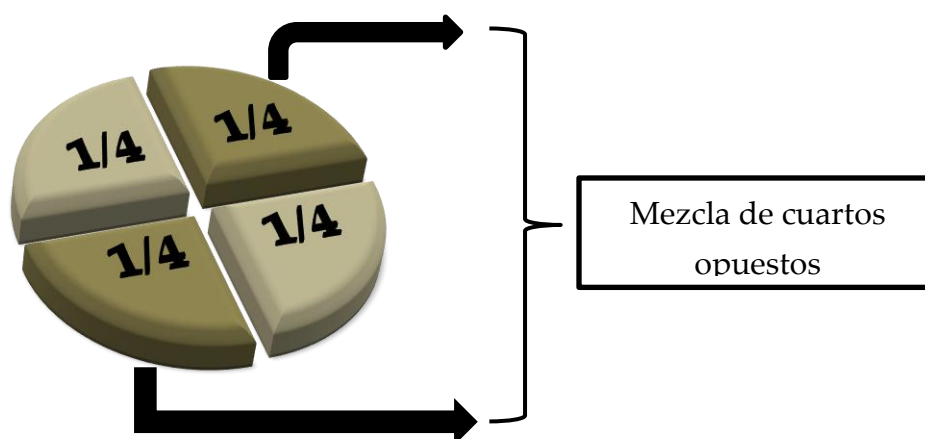
3.2. PROCEDIMIENTO DE CAMPO

3.2.1. Obtención de muestras

La toma de muestras para los análisis se la realizó siguiendo 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), la misma que fue desarrollada por el Dr. Kunitoshi Sakurai, como se ha venido mencionando.

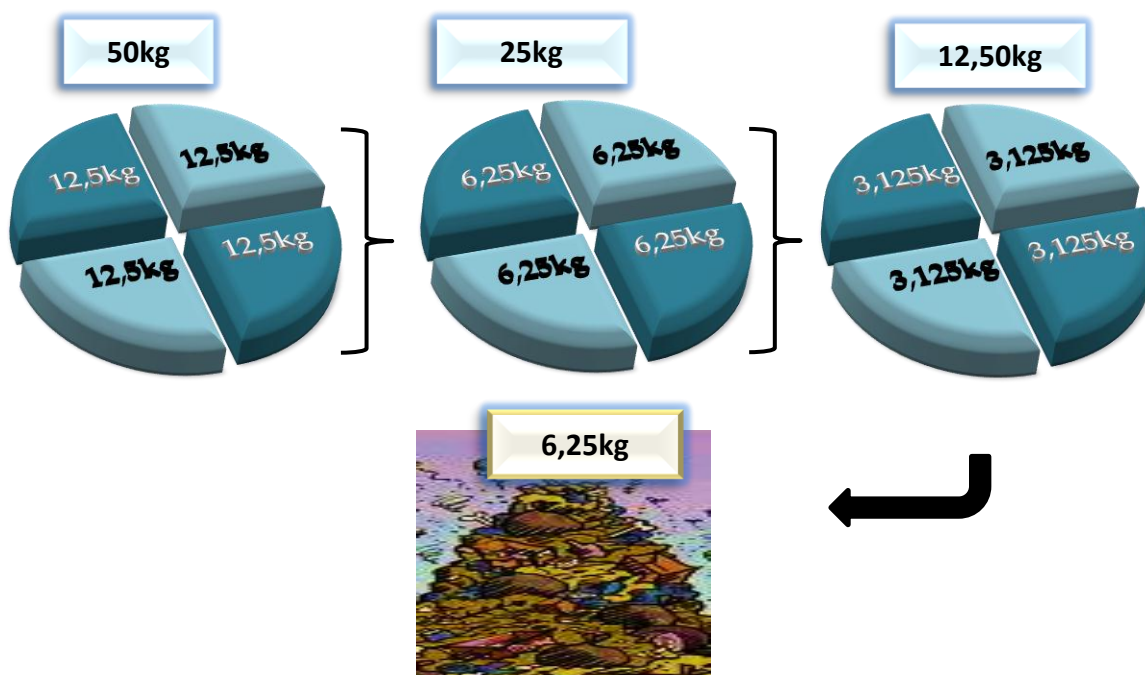
La metodología para la determinación de la composición física (base húmeda) de los residuos sólidos urbanos generados en la Reserva Biológica Limoncocha que se siguió, consistía en tomar fundas de basura al azar, romperlas y posteriormente mezclarlas con la finalidad de conseguir una muestra homogénea y alcanzar un total de 50kg en peso de residuos. Una vez obtenida la muestra representativa se procedió a realizar un cuarteo, del cual se tomaron los dos cuartos opuestos de la muestra; repitiéndose el proceso por dos ocasiones más. Las siguientes gráficas muestran lo explicado anteriormente:

Gráfico No. 11. Método de cuarteo de muestras



Elaborado por: Baca, 2015.

Gráfico No. 12. Método para la obtención de las muestras de RSU



Elaborado por: Baca, 2015.

Finalmente se obtuvo una muestra final de aproximadamente 6,25 kg, la misma que se procedió a separarla en categorías definidas por el grupo de investigación, siendo estas: Papel y Cartón, Vidrio, Metales, Textil, Materia Orgánica, Plástico, Madera y Otros (toallas higiénicas, residuos sanitarios, entre otros). Dichas categorías fueron pesadas *in situ* y posteriormente, sometidas a análisis de laboratorio para medir los parámetros de interés.

Como requisito de seguridad para el muestreo, se utilizó el equipo de protección personal (EPP), el mismo que consistía en:

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

Como equipos para el muestreo se utilizó:

- 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
- Báscula A±1kg
- Cuaderno de campo y esfero para anotaciones de pesos
- Cooler

3.3. PRESERVACIÓN Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

Una vez obtenida la muestra en la Reserva Biológica Limoncocha se la colocó en contenedores tipo cubeto o frigo aislantes de calor y contaminación para su transporte, el mismo que posteriormente fue sellado con cinta de embalaje para de esta manera garantizar la integridad de los RSU y evitar su manipulación hasta llegar al laboratorio de la UISEK, donde se dispuso las muestras en un frigorífico 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

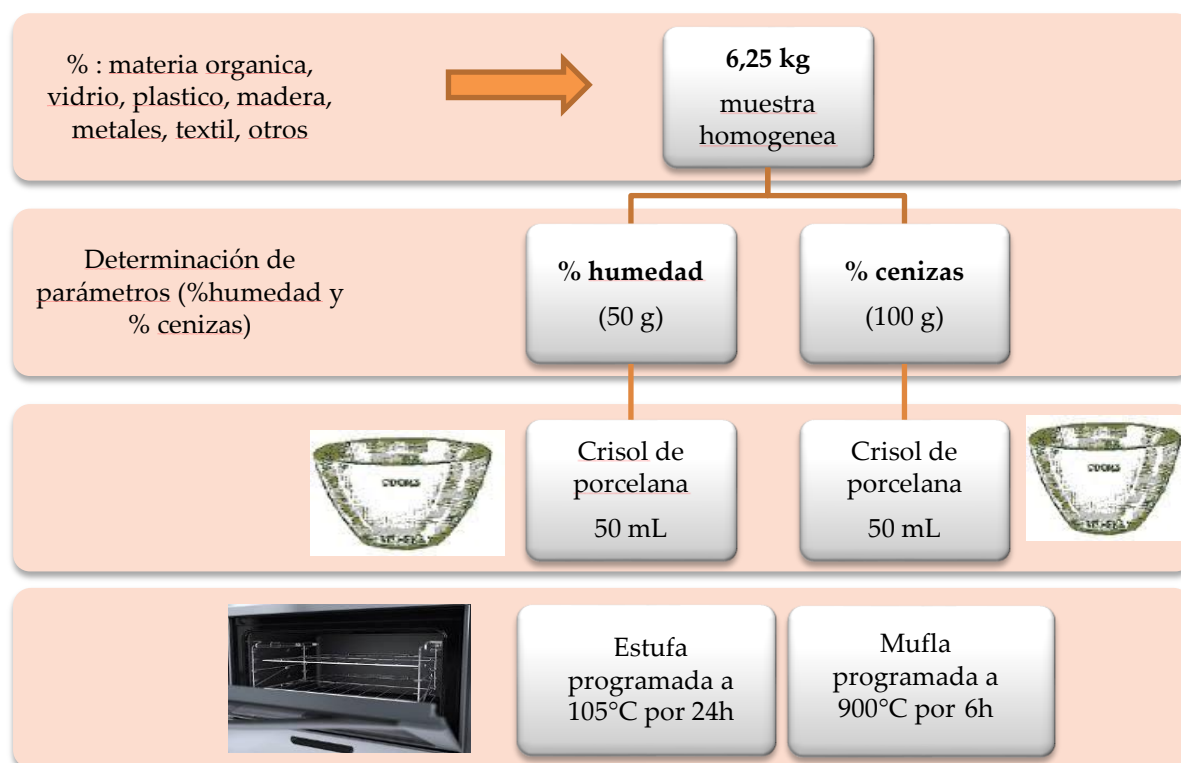
3.4.1. Preparación de las muestras para análisis

Una vez obtenidas las muestras, se procedió a la homogenización de las mismas en el laboratorio. Esto se lo realizó picando las muestras de cada categoría en pedazos no mayores a 1 cm, manualmente con tijeras, y mezclando todos los componentes para obtener una fracción representativa.

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

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

Gráfico No. 13. Proceso para determinación de parámetros



Elaborado por: Baca, 2015.

3.5.1. Determinación del porcentaje de humedad (%H)

3.5.1.1. Procedimiento en laboratorio

La determinación del porcentaje de humedad siguió el procedimiento de técnicas para análisis en laboratorio. La **Tabla No.5** presenta un ejemplo del formato utilizado para la toma de datos de cada una de las muestras.

Tabla No. 5. 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 secos (g)	%Humedad
1						

Elaborado por: Baca, 2015.

Una vez obtenida la muestra homogenizada de 50g, se procede de la siguiente manera:

- Se toma un crisol de porcelana de 50mL y se pesa en la balanza analítica.
- Se anota este peso con 2 cifras significativas en Peso del Crisol.
- A continuación, se procede a aforar el crisol con la muestra húmeda y se anota el valor con 2 cifras significativas en Peso Crisol + Muestra Húmedo en gramos.
- Se introduce los crisoles en la estufa automática.
- Se programa la temperatura a 105°C y en tiempo de secado a 24 horas.
- Pasadas las 24 horas se espera por 10 minutos antes de abrir la estufa. Luego de este lapso, se retira cada crisol con las pinzas y se pesa nuevamente. Anotar el valor con cifras significativas en Peso Crisol + Muestra Seco.
- Siguiendo los datos organizados en la **Tabla No. 5**, y basados en la ecuación descrita a continuación (**Ecuación No.3**), se halló el porcentaje de humedad contenida en los RSU.

3.5.1.2. Cálculo para determinación del porcentaje de humedad

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

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

Ecuación No. 3. Determinación del porcentaje de humedad

Siendo:

P_H : Peso del crisol con la muestra húmeda (g).

P_S : Peso del crisol con la muestra seca (g).

C: Peso del crisol vacío y seco (g).

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

3.5.2. Determinación del porcentaje de cenizas (%C)

3.5.2.1. Procedimiento en laboratorio

Para esta metodología, se trató de simular un proceso de incineración en el laboratorio, con tiempo y temperaturas controladas, además de presencia de oxígeno. Esto, justificado en el hecho de que en todos los tratamientos térmicos el porcentaje de cenizas sería el mismo, ya que esta es una propiedad específica del residuo y no del proceso a utilizarse.

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.

Es así como se descartaron ciertas metodologías, como aquella efectuada como una incineración a 1200°C durante 10 horas en una mufla, incluyendo como categorías a calcar Papel y Cartón, Textil, Material Orgánico y Plásticos. Sin embargo, hubo dos principales inconvenientes en esta metodología, razones por las cuales se decidió no ponerla en práctica. La primera, relacionada con los olores emanados por la mufla, los cuales permitieron suponer la producción de dioxinas y furanos, esto debido a que durante el proceso de calentamiento de dicho equipo, los plásticos se calcinaron a temperaturas inferiores a 1200 °C. Y la segunda, una vez finalizada la incineración, se obtenía un material fundido y adherido al crisol, que no solo imposibilitaba su limpieza, sino que no era representativo para un proceso simulado de incineración.

Por tales motivos, se descartó la mencionada opción al momento de realizar el tratamiento estadístico de los resultados. Sin embargo, se recopiló más información bibliográfica y se realizó una adaptación de metodologías. De esta manera, e igual que para hallar el porcentaje de humedad, se procedió a homogenizar la muestra de 100g y someterla a una temperatura de 900°C en la mufla por un tiempo de calcinación de 6 horas; cabe mencionar que en tal proceso se excluyeron las categorías de vidrio, metales y plásticos, ya que a esa temperatura no es posible el aprovechamiento de su poder calorífico.

La **Tabla No.6** representa el formato utilizado en laboratorio para la toma de datos de cada una de las muestras, y a partir de los pasos descritos a continuación se obtuvo el porcentaje de cenizas resultante de los RSU:

Tabla No. 6. 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)
1					
2					
3					
Total					

Elaborado por: Baca, 2015.

- Se asigna un número a cada crisol de porcelana a ser utilizado (en caso de que los 100g de muestra ocupen más de un crisol).
- Se pesa los crisoles en la balanza analítica, secos y vacíos, y se anota este peso con 2 cifras significativas en Peso del Crisol.
- A continuación, se procede a aforar el crisol con la muestra húmeda y se anota el valor con 2 cifras significativas en Peso Crisol + Muestra Húmedo en gramos.
- Se introduce los crisoles en la mufla automática.

- Programar la mufla para un tiempo de funcionamiento de 6 horas y a una temperatura de 900 °C.
- Una vez concluidas las 6 horas, 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.
- Siguiendo los datos organizados en la **Tabla No.6**, y siguiendo la ecuación descrita a continuación (**Ecuación No. 4**), se procede a la determinación del porcentaje de cenizas obtenidas del proceso de incineración de los RSU.

3.5.2.2. Cálculo para determinación del porcentaje de cenizas

Finalmente, la norma Peruana NTE 0.544 (2006), indica la ecuación para el cálculo del porcentaje de cenizas siendo esta:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{C_c - W}{C_s - W} * 100$$

Ecuación No.4. Determinación del porcentaje de cenizas

Dónde:

Cc = Peso del crisol más la ceniza (g).

W = Peso del crisol vacío (g).

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

3.6. CÁLCULOS ADICIONALES

Como cálculos adicionales a los objetivos planteados al principio de este estudio, durante el desarrollo del mismo se decidió utilizar los datos obtenidos de humedad y cenizas para realizar aportes adicionales que son de interés para efectuar la investigación.

Así, se decidió calcular cuatro aspectos de los RSU que son los siguientes:

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 volúmenes antes y después de la incineración. Para su determinación se debe considerar:

- Un volumen inicial de 50 mL. Valor obtenido de aforar completamente el crisol.

- Se procede a transvasar las cenizas en una probeta de 15 mL con apreciación de ± 1 mL, gracias a la ayuda de un embudo.
- Se realiza la medición del volumen obtenido en mL.
- Finalmente, para el cálculo de la reducción de volumen se sigue la **Ecuación No.5** citada en el capítulo anterior.

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

El volumen inicial para el cálculo siempre fue de 50 mL, volumen obtenido al aforar el crisol correspondiente. La ecuación correspondiente según Dueñas (2012) es la siguiente:

$$R_v = 1 - \frac{V}{50} * 100$$

Ecuación No. 5. Reducción en volumen

Dónde:

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

Mientras que el peso final de muestra se calculó realizando la diferencia del peso de las cenizas contenidas en el crisol y el peso del mismo, el cual se obtuvo después de tararlo en la balanza analítica.

3.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Una vez obtenidos la totalidad de los resultados, se procedió a presentarlos como promedios siguiendo la ecuación siguiente descrita por Castillo (2011):

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

Ecuación No. 6. Promedio

Dónde:

$\bar{X}$ = Promedio

X_i = Valores obtenidos.

n= Número de datos

A su vez, se calculó la desviación estándar de los promedios con la finalidad de estimar la variabilidad de los datos, mismo que siguió la ecuación mencionada por Castillo (2011):

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

Ecuación No. 7. Desviación estándar

Dónde:

X = Promedio

Xi = Valores obtenidos

n = Número de datos

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

En este aspecto, se afirma que *“por mucha que sea la diligencia y cuidado al realizar cualquier determinación práctica, y por muy sensibles y precisos que sean los aparatos utilizados, es prácticamente imposible el evitar errores”* (Cátedra de “Teoría de Errores”, Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía de la Universidad de Cantabria, 2010), siendo el rango habitual de error aceptable en una investigación, según López (2001), del 4 al 5%.

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 No. 8. Error relativo

Dónde:

Er = Error relativo

x = Valor real

X = Valor calculado

3.8. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el procedimiento de oficina y consecuente procesamiento de datos, se utilizó herramientas de Office como Microsoft Word y Excel, las mismas que facilitan al grupo investigador la organización y obtención de resultados.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para las interpretaciones de los resultados para los parámetros establecidos en la investigación se realizaron ponderaciones enfocadas en la reducción de volumen de los residuos después de la incineración y el volumen de humedad a ser controlado durante el proceso, como cálculos adicionales, mismos que podrían resultar de interés para comparaciones al momento de optar por la utilización de tratamientos térmicos como la incineración para el manejo de los RSU y que a su vez, puedan ser de interés para las autoridades.

4.1. LEVANTAMIENTO DE DATOS

Para cada muestra se procedió a realizar 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, y las diferentes ponderaciones de peso y volumen.

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, cabe aclarar que estos resultados no fueron analizados individualmente, es decir muestra por muestra, más fueron sometidos a un tratamiento estadístico para presentar resultados procesados y significativos, clasificándolos según el lugar en donde se tomó la muestra. Los resultados se presentaron en forma de tablas y gráficos para su interpretación.

4.1.1. Levantamiento de datos en campo

- **Primer Muestreo: Enero**

En la primera fecha fijada para el muestreo, el día 23 de Enero del 2015, el grupo de investigación realizó únicamente el cuarteo de 50kg de desechos, cantidad establecida en el método de Sakurai mencionado anteriormente. El dicho muestreo no se procedió a hacer la identificación de los porcentajes de cada material pertenecientes a la muestra, ya que se lo considero como prueba piloto, por lo cual se llevó a Quito un total de 6,25kg de muestra, mismos que posteriormente fueron procesados en laboratorio.

- **Segundo Muestreo: Febrero**

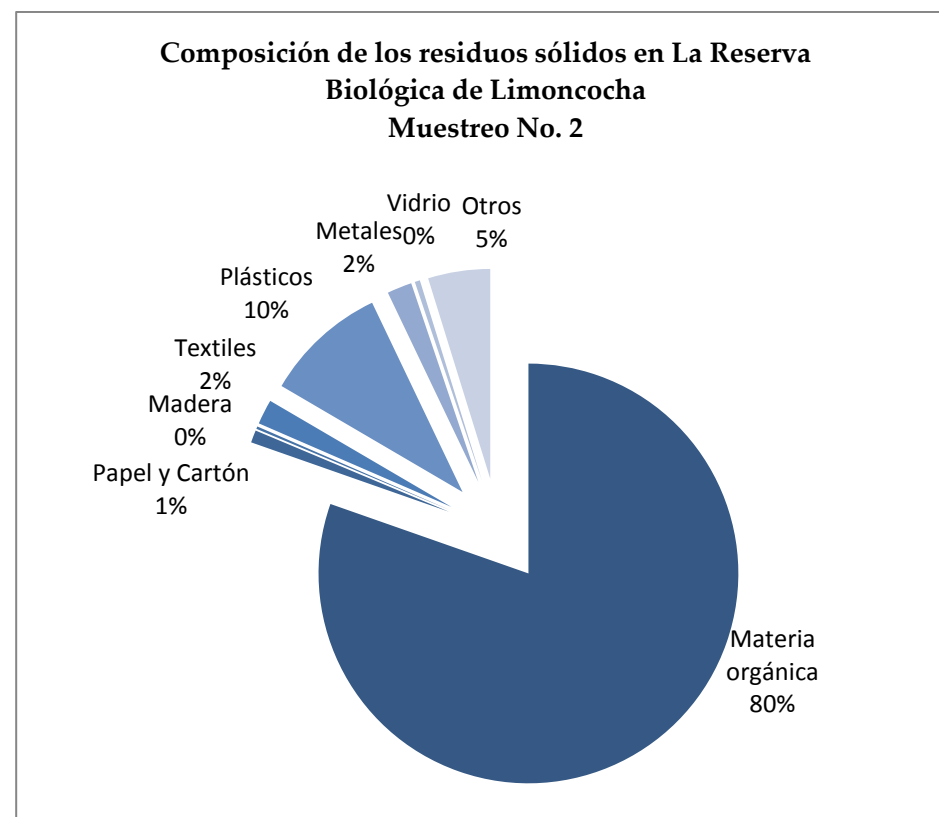
A partir del segundo muestreo realizado en adelante se llevó a cabo la caracterización de la composición de los residuos sólidos urbanos de la Parroquia, la misma que se siguió la metodología previamente descrita. De esta manera, e influenciada directamente por las condiciones climáticas y desenvolvimiento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

Tabla No. 7. Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No.2

Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha Muestreo No. 2				
Fecha: 23/02/2015				
Tipo de Residuo		Promedio primer cuarteo (kg)	Porcentajes (%)	Promedio tercer cuarteo (kg)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	42,00	80,38	5,02
	Papel y Cartón	0,50	0,96	0,06
	Madera	0,10	0,19	0,01
	Textiles	1,00	1,91	0,12
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	4,95	9,47	0,59
	Metales	1,00	1,91	0,12
	Vidrio	0,20	0,40	0,02
No Reciclable	Otros	2,50	4,78	0,30
Total		52,25	100,02	6,25

Elaborado por: Grupo de investigación, 2015.

Gráfico No. 14. Composición de los residuos sólidos. Muestreo No.2



Elaborado por: Grupo de investigación, 2015.

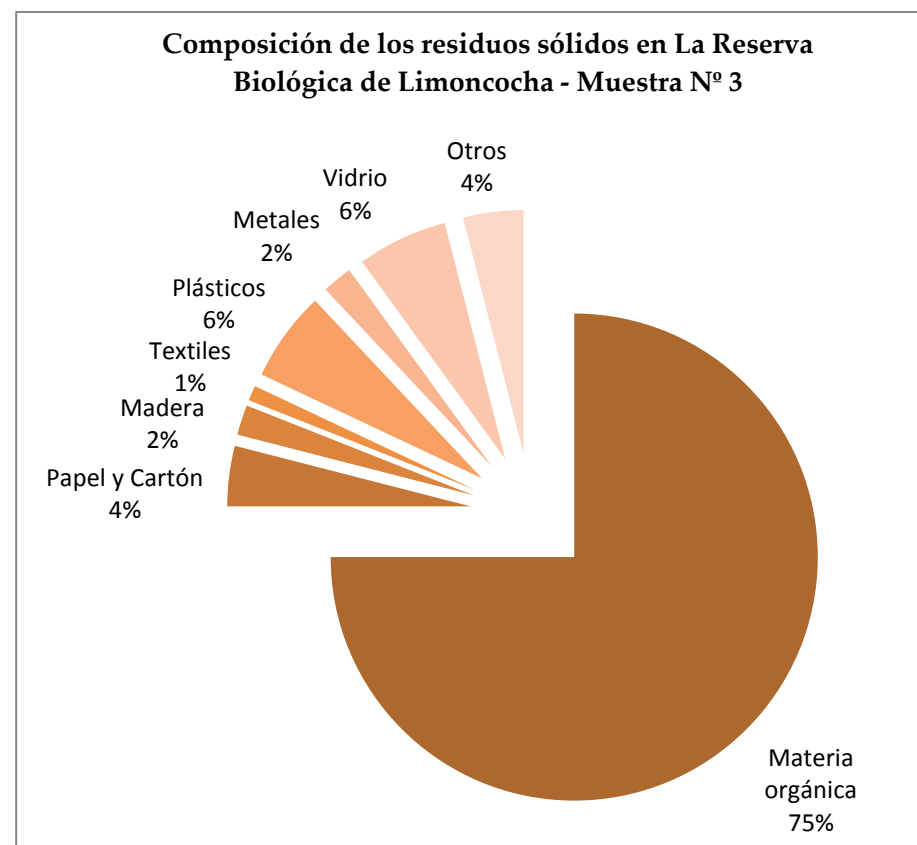
• Tercer Muestreo: Marzo

Tabla No. 8. Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 3

Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha Muestra N° 3				
Fecha: 20/03/2015				
Tipo de Residuo		Promedio primer cuarteo (kg)	Porcentajes (%)	Promedio tercer cuarteo (kg)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	37,50	75,00	4,69
	Papel y Cartón	2,00	4,00	0,25
	Madera	1,00	2,00	0,13
	Textiles	0,50	1,00	0,06
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	3,00	6,00	0,38
	Metales	1,00	2,00	0,13
	Vidrio	3,00	6,00	0,38
No Reciclable	Otros	2,00	4,00	0,25
Total		50,00	100,00	6,25

Elaborado por: Grupo de investigación, 2015.

Gráfico No. 15. Composición de los residuos sólidos. Muestreo No.3



Elaborado por: Grupo de investigación, 2015.

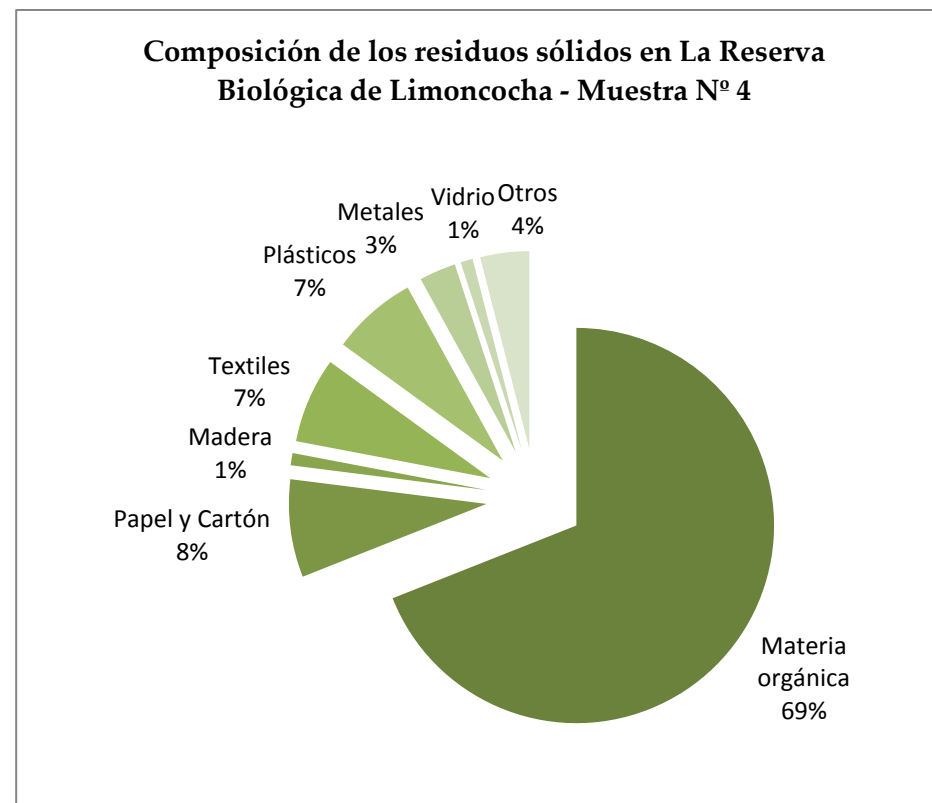
• **Cuarto muestreo: Abril**

Tabla No. 9. Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 4

Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha Muestra N° 4				
Fecha: 27/04/2015				
Tipo de Residuo		Promedio primer cuarteo (kg)	Porcentajes (%)	Promedio tercer cuarteo (kg)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	34,50	69,00	4,31
	Papel y Cartón	4,00	8,00	0,50
	Madera	0,50	1,00	0,06
	Textiles	3,50	7,00	0,44
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	3,50	7,00	0,44
	Metales	1,50	3,00	0,19
	Vidrio	0,50	1,00	0,06
No Reciclable	Otros	2,00	4,00	0,25
Total		50,00	100,00	6,25

Elaborado por: Grupo de investigación, 2015.

Gráfico No. 16. Composición de los residuos sólidos. Muestreo No.4



Elaborado por: Grupo de investigación, 2015.

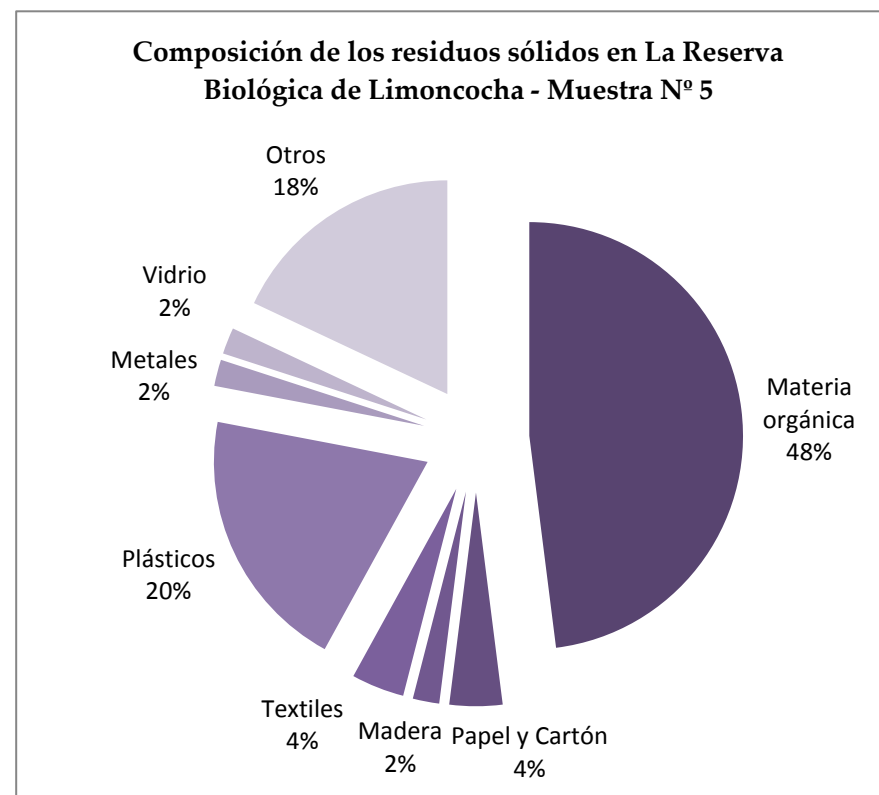
• **Quinto muestreo: Mayo**

Tabla No. 10. Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 5

Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha Muestra N° 5				
Fecha: 25/05/2015				
Tipo de Residuo		Promedio primer cuarteo (kg)	Porcentajes (%)	Promedio tercer cuarteo (kg)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	24,00	48,00	3,00
	Papel y Cartón	2,00	4,00	0,25
	Madera	1,00	2,00	0,13
	Textiles	2,00	4,00	0,25
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	10,00	20,00	1,25
	Metales	1,00	2,00	0,13
	Vidrio	1,00	2,00	0,13
No Reciclable	Otros	9,00	18,00	1,13
Total		50,00	100,00	6,25

Elaborado por: Grupo de investigación, 2015.

Gráfico No. 17. Composición de los residuos sólidos. Muestreo No.5



Elaborado por: Grupo de investigación, 2015.

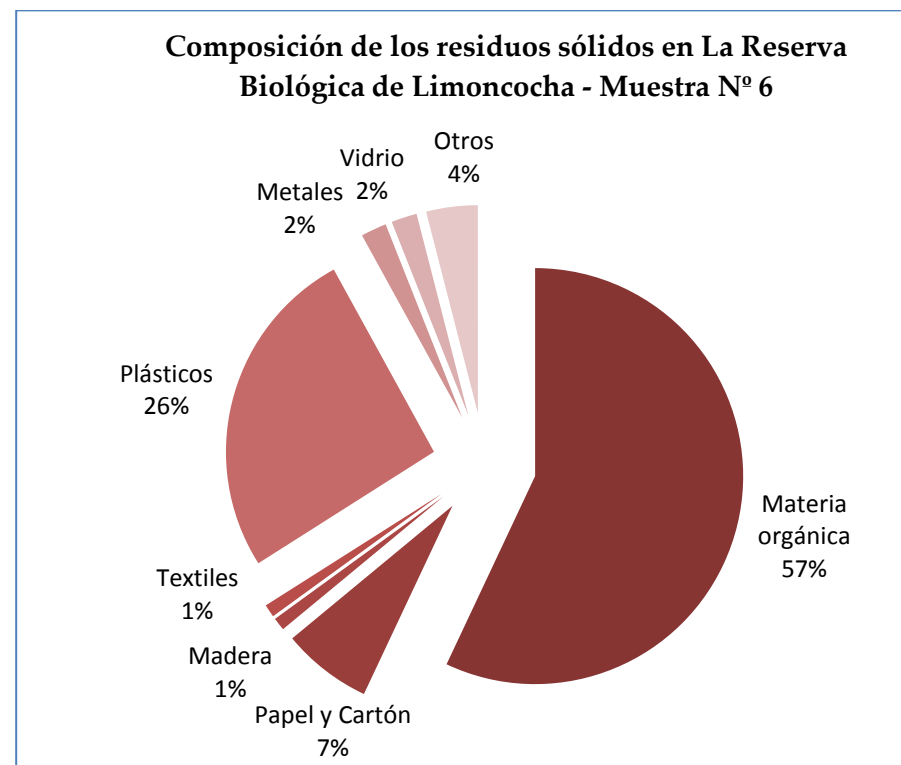
- **Sexto muestreo: Junio**

Tabla No. 11. Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 6

Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha Muestra N° 6				
Fecha: 08/06/2015				
Tipo de Residuo		Promedio primer cuarteo (kg)	Porcentajes (%)	Promedio tercer cuarteo (kg)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	28,50	57,00	3,56
	Papel y Cartón	3,50	7,00	0,44
	Madera	0,50	1,00	0,06
	Textiles	0,50	1,00	0,06
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	13,00	26,00	1,63
	Metales	1,00	2,00	0,13
	Vidrio	1,00	2,00	0,13
No Reciclable	Otros	2,00	4,00	0,25
Total		50,00	100,00	6,25

Elaborado por: Grupo de investigación, 2015.

Gráfico No. 18. Composición de los residuos sólidos. Muestreo No.6



Elaborado por: Grupo de investigación, 2015.

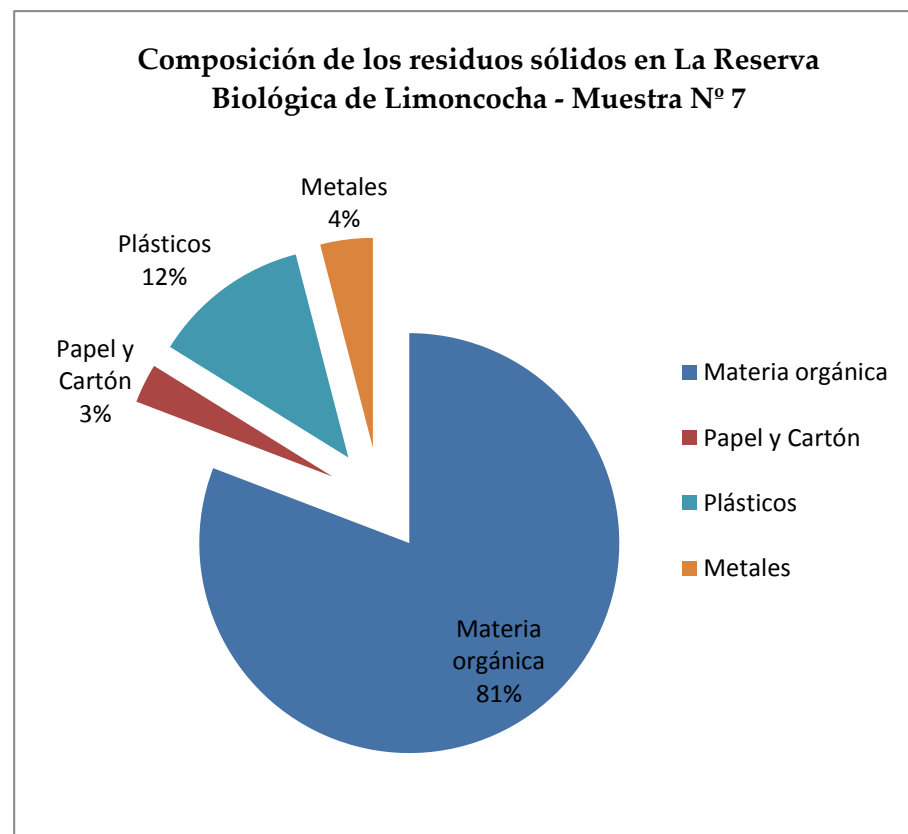
• Séptimo muestreo: Julio

Tabla No. 12. Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha. Muestreo No. 7

Composición de los residuos sólidos en La Reserva Biológica de Limoncocha Muestra N° 7				
Fecha: 06/07/2015				
Tipo de Residuo		Promedio primer cuarteo (kg)	Porcentajes (%)	Promedio tercer cuarteo (kg)
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	40,00	80,81	5,05
	Papel y Cartón	1,50	3,03	0,19
	Madera	0,00	0,00	0,00
	Textiles	0,00	0,00	0,00
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	6,00	12,12	0,76
	Metales	2,00	4,04	0,25
	Vidrio	0,00	0,00	0,00
No Reciclable	Otros	0,00	0,00	0,00
Total		49,50	100,00	6,25

Elaborado por: Grupo de investigación, 2015.

Gráfico No. 19. Composición de los residuos sólidos. Muestreo No.7



Elaborado por: Grupo de investigación, 2015.

4.1.2. Levantamiento de datos en Laboratorio

La experimentación se llevó a cabo según lo descrito en el Capítulo III: Metodología. Sin embargo, cabe mencionar que en los meses de Febrero y Mayo se tomaron en cuenta para la incineración de los residuos todas las categorías excepto plásticos, para realizar una comparación de humedad con los meses en los que solo se incluyeron aquellos materiales de origen orgánico, es decir: papel y cartón, material orgánica, madera, textiles y otros (desechos sanitarios).

Por lo cual, en los 7 meses de muestreo (Enero –Julio) se obtuvieron los siguientes resultados:

Primer Muestreo: Enero

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

En el mes de Enero se procedió a la toma de la primera muestra, denominada *prueba piloto*, la misma que por motivos logísticos y tiempo de almacenamiento no fue factible la determinación del porcentaje de humedad que presentaban los RSU de la Reserva.

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

Tabla No. 13. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 1

							Cálculos adicionales
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	34,04	67,05	33,01	37,66	3,62	-	-
2	39,56	69,79	30,23	42,78	3,22	-	-
3	40,80	75,09	34,29	43,70	2,90	-	-
Tratamiento estadístico	Total		97,53		9,75	-	-

Elaborado por: Baca, 2015.

- Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU

Tabla No. 14. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No.1

% Pérdida por calcinación =	90,01
-----------------------------	-------

Elaborado por: Baca, 2015.

Segundo Muestreo: Febrero

- Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU

Tabla No. 15. 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
1	36,57	86,57	50,00	56,34	19,77	60,45

Elaborado por: Baca, 2015.

- Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU

Tabla No. 16. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 2

							Cálculos adicionales
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	37,06	78,19	41,13	43,30	6,24	15,74	-
2	37,76	74,30	36,54	45,90	8,13	20,52	-
3	37,85	60,42	22,57	45,63	7,78	19,64	-
Tratamiento estadístico	Total		100,24		22,16	18,63	-

Elaborado por: Baca, 2015.

- Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU

Tabla No. 17. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No. 2

% Pérdida por calcinación =	77,90
------------------------------------	--------------

Elaborado por: Baca, 2015.

Tercer Muestreo: Marzo

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

Tabla No. 18. 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
1	33,08	86,54	50,00	48,85	15,77	68,46

Elaborado por: Baca, 2015.

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

Tabla No. 19. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 3

							Cálculos adicionales
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	38,87	76,38	37,50	40,27	1,39	4,37	88,8
2	39,60	78,95	39,35	41,73	2,13	6,69	
3	35,26	59,49	24,22	37,83	2,57	8,06	
Tratamiento estadístico	Total		101,07		6,09	6,37	88,80

Elaborado por: Baca, 2015.

- Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU

Tabla No. 20. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No. 3

% Pérdida por calcinación =	93,97
-----------------------------	-------

Elaborado por: Baca, 2015.

Cuarto Muestreo: Abril

- Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU

Tabla No. 21. 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
1	36,61	86,16	49,55	46,83	10,22	79,37

Elaborado por: Baca, 2015.

- Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU

Tabla No. 22. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 4

							Cálculos adicionales
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	36,46	66,41	29,95	37,72	1,26	6,26	92
2	39,13	66,88	27,75	41,03	1,90	9,41	
3	33,09	73,05	39,96	34,62	1,54	7,63	
Tratamiento estadístico	Total		97,66		4,69	7,77	92,00

Elaborado por: Baca, 2015.

- **Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU**

Tabla No. 23. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No. 4

% Pérdida por calcinación =	95,19
------------------------------------	--------------

Elaborado por: Baca, 2015.

Quinto Muestreo: Mayo

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

Tabla No. 24. 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
1	36,87	87,98	51,11	60,80	23,93	53,18

Elaborado por: Baca, 2015.

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

Tabla No. 25. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 5

							Cálculos adicionales
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	35,29	82,47	47,18	47,46	12,17	25,08	84,8
2	37,37	77,69	40,32	48,33	10,96	22,60	
3	36,86	52,99	16,12	41,93	5,07	10,44	
Tratamiento estadístico	Total		103,63		28,20	19,37	84,80

Elaborado por: Baca, 2015.

- Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU

Tabla No. 26. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No. 5

% Pérdida por calcinación =	72,79
-----------------------------	-------

Elaborado por: Baca, 2015.

Sexto Muestreo: Junio

- Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU

Tabla No. 27. 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
1	33,84	83,24	49,40	47,00	13,16	73,36

Elaborado por: Baca, 2015.

- Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU

Tabla No. 28. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 6

							Cálculos adicionales
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	39,61	76,33	36,72	41,46	1,85	6,82	92,4
2	37,95	68,34	30,39	38,39	0,44	1,61	
3	36,96	71,74	34,78	39,67	2,71	9,98	
Tratamiento estadístico	Total		101,90		5,00	6,14	92,40

Elaborado por: Baca, 2015.

- Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU

Tabla No. 29. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No. 6

% Pérdida por calcinación =	95,09
------------------------------------	--------------

Elaborado por: Baca, 2015.

Séptimo Muestreo: Julio

- Cuantificación del porcentaje de humedad en los RSU

Tabla No. 30. 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
1	35,01	85,57	50,56	44,93	9,92	80,37

Elaborado por: Baca, 2015.

- Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU

Tabla No. 31. Cuantificación del porcentaje de cenizas en los RSU. Muestreo No. 7

							Cálculos adicionales
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 R_v (%)
1	36,59	67,50	30,91	37,97	1,38	6,73	93,60
2	37,36	75,81	38,45	38,62	1,27	6,17	
3	39,10	74,23	35,13	39,95	0,85	4,16	
Tratamiento estadístico	Total		104,50		3,50	5,69	93,60

Elaborado por: Baca, 2015.

- Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU

Tabla No. 32. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU. Muestreo No. 7

% Pérdida por calcinación =	96,65
-----------------------------	-------

Elaborado por: Baca, 2015.

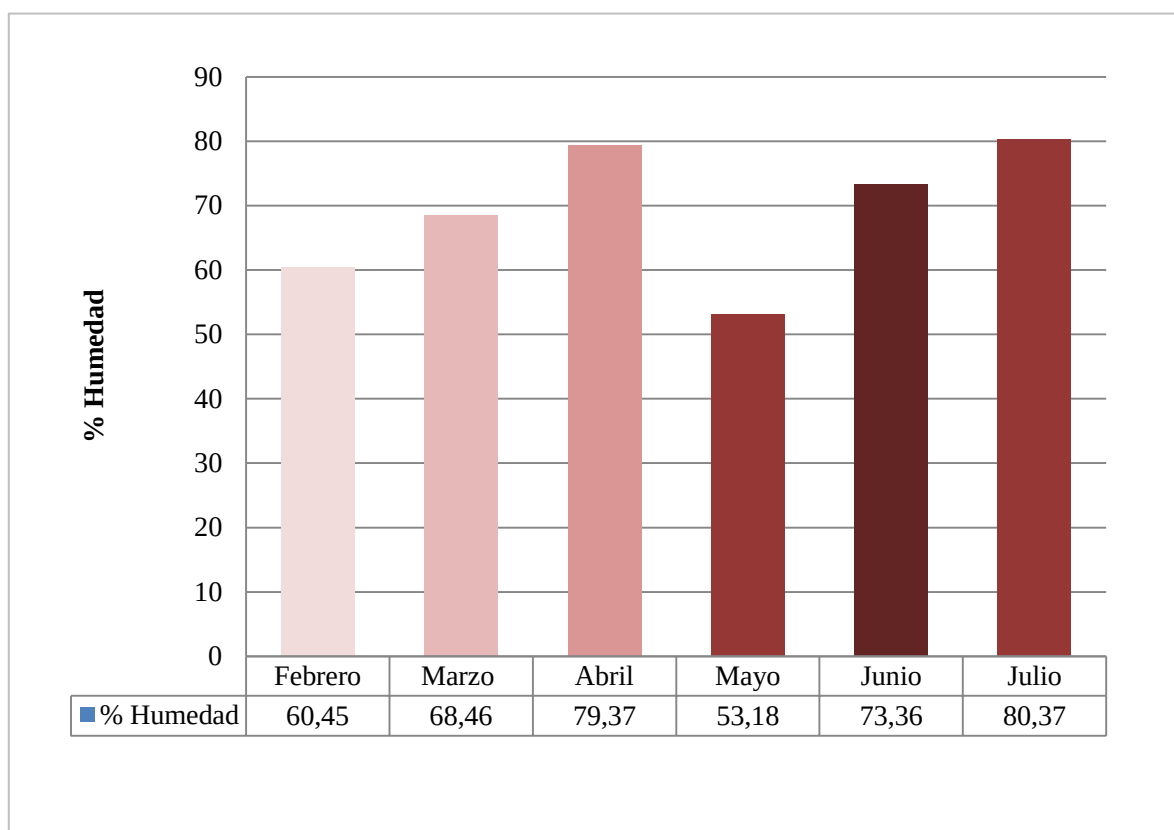
4.2. DATOS COMPARATIVOS ENTRE MUESTRAS MENSUALES

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 que de una manera comparativa se pueda llegar a recomendar una apropiada gestión para los mismos.

Gráfico No. 20. Cuantificación del porcentaje de humedad contenida en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

Mensual	% Humedad
Febrero	60,45
Marzo	68,46
Abril	79,37
Mayo	53,18
Junio	73,36
Julio	80,37

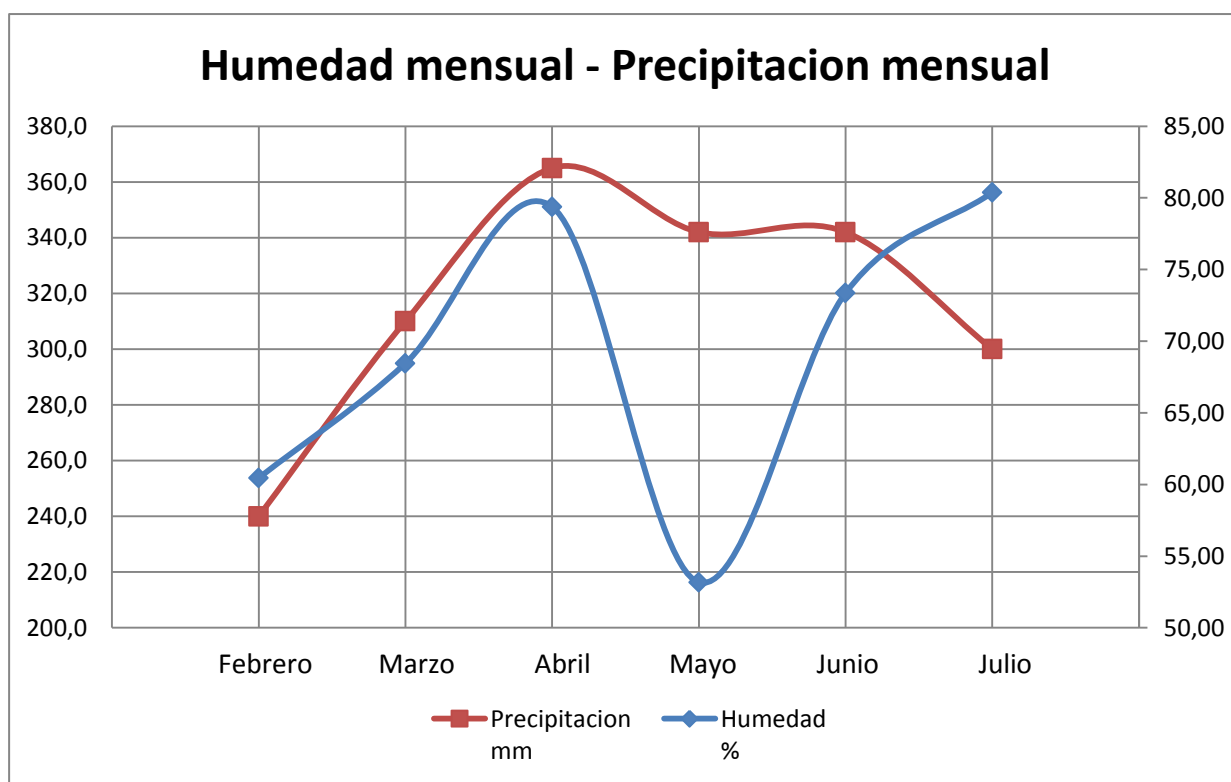


Elaborado por: Baca, 2015.

4.2.1.1. Comparación mensual del porcentaje de humedad contenida en los RSU y la precipitación (mm) de la Reserva Biológica Limoncocha

Gráfico No. 21. Comparación mensual del porcentaje de humedad (%) y precipitación (mm)

Mensual	Humedad %	Precipitación mm
Febrero	60,45	240,0
Marzo	68,46	310,0
Abril	79,37	365,0
Mayo	53,18	342,0
Junio	73,36	342,0
Julio	80,37	300,0



Elaborado por: Baca, 2015.

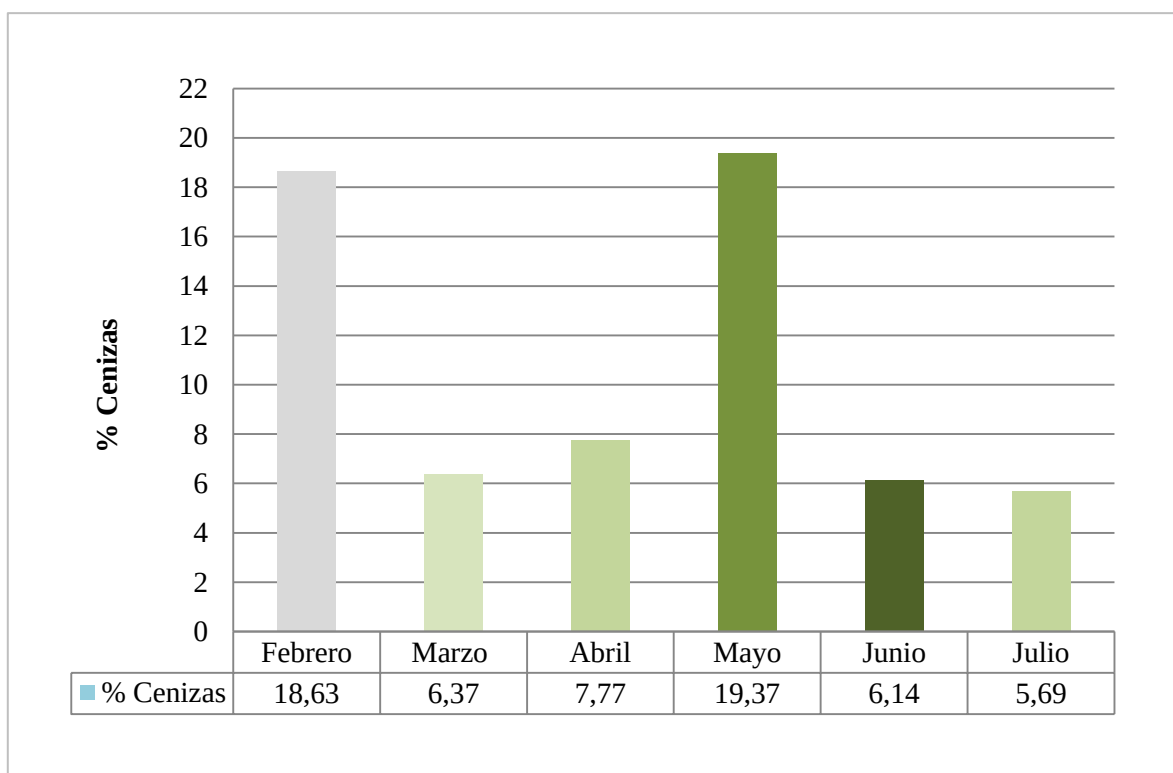
4.2.2. Cuantificación del porcentaje de cenizas obtenidas del proceso de incineración de los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

Al igual que en la sección anterior, en la gráfica siguiente se expone la variación del porcentaje de cenizas obtenidas del proceso de incineración de las distintas muestras de RSU

tomadas mensualmente, para que de una manera comparativa se pueda llegar a recomendar una apropiada gestión para los mismos.

Gráfico No. 22. Cuantificación del porcentaje de cenizas delos RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

Mensual	% Cenizas
Febrero	18,63
Marzo	6,37
Abril	7,77
Mayo	19,37
Junio	6,14
Julio	5,69



Elaborado por: Baca, 2015.

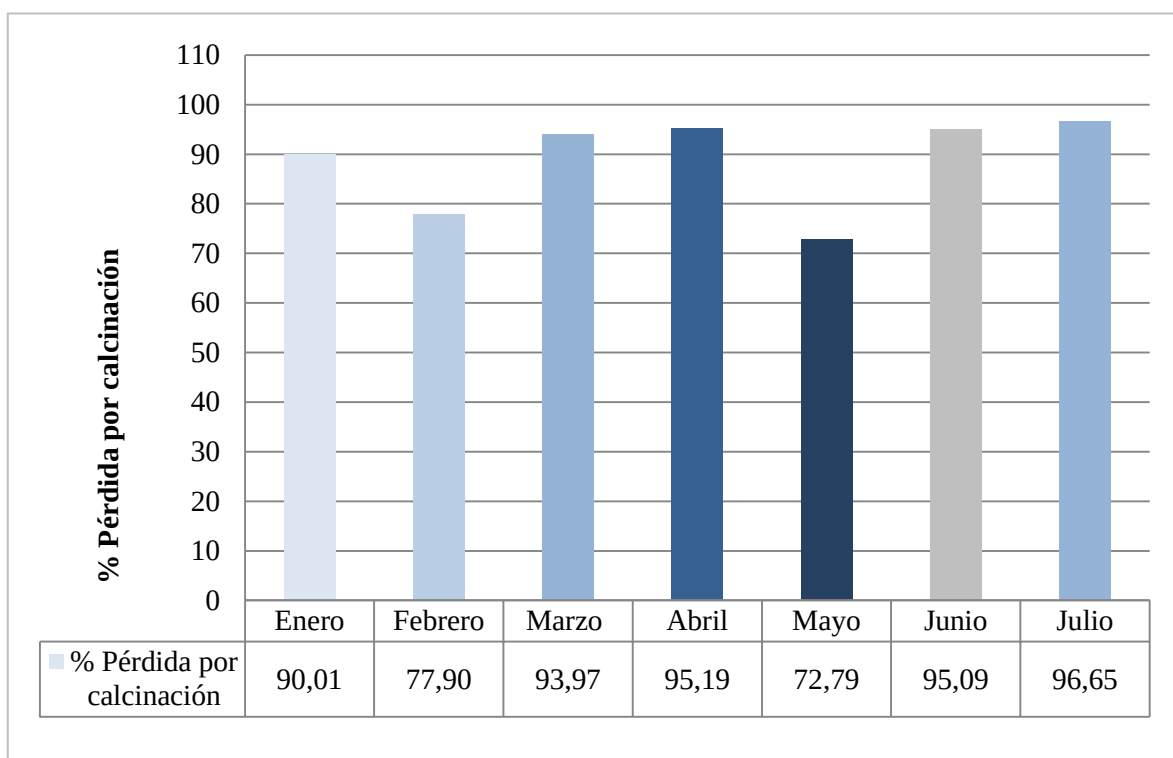
4.2.3. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

La **Gráfica No. 22** se muestra de manera mensual la variación del porcentaje de Pérdida por calcinación en las distintas muestras de 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 generados en una parroquia rural amazónica como Limoncocha.

Gráfico No. 23. Cuantificación del porcentaje de Pérdida por calcinación contenido en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

Mensual	% Pérdida por calcinación
Enero	90,01
Febrero	77,90
Marzo	93,97
Abril	95,19
Mayo	72,79
Junio	95,09
Julio	96,65



Elaborado por: Baca, 2015.

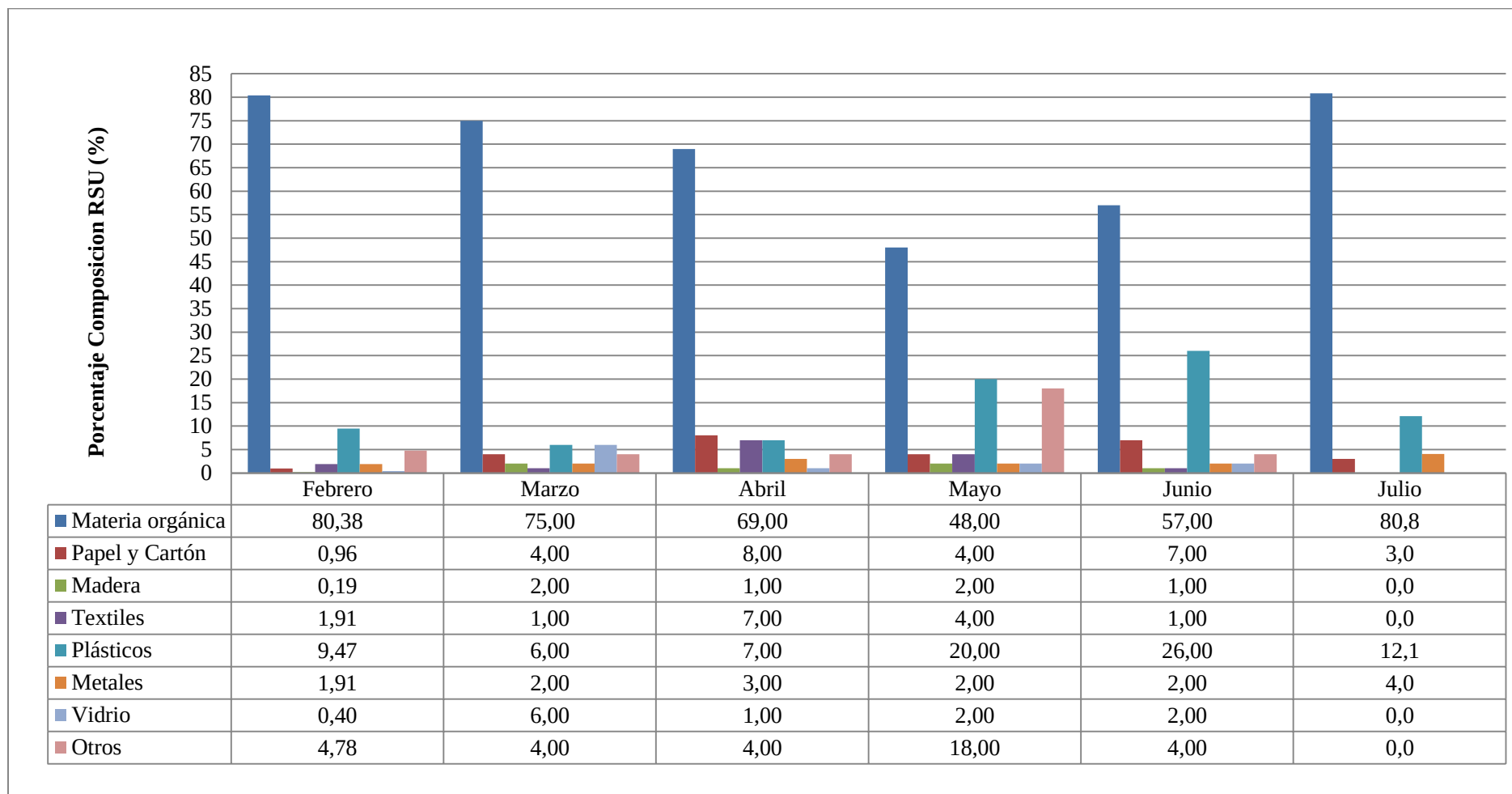
4.2.4. Comparación mensual de la composición de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha

Tabla No. 33. 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 (%)					
		Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	80,38	75,00	69,00	48,00	57,00	80,8
	Papel y Cartón	0,96	4,00	8,00	4,00	7,00	3,0
	Madera	0,19	2,00	1,00	2,00	1,00	0,0
	Textiles	1,91	1,00	7,00	4,00	1,00	0,0
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	9,47	6,00	7,00	20,00	26,00	12,1
	Metales	1,91	2,00	3,00	2,00	2,00	4,0
	Vidrio	0,40	6,00	1,00	2,00	2,00	0,0
No Reciclable	Otros	4,78	4,00	4,00	18,00	4,00	0,0
Total composición RSU		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Elaborado por: Baca, 2015.

Gráfico No. 24. Comparación mensual de la composición de los residuos sólidos urbanos generados en La Reserva Biológica de Limoncocha



Elaborado por: Baca, 2015.

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 presenta la ventaja de aplicarse a cualquier conjunto de datos sin importar en que forma estén distribuidos; pero se ha visto en la práctica que si un conjunto de datos se distribuye, aproximadamente, 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 se presentan tres tipos de desviaciones; la primera 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, y finalmente la tercera en la cual casi todos los datos de la muestra están a tres desviaciones de la media. En la presente 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 No. 34. Desviación estándar por categoría de RSU

Categorización de RSU		Muestras Enero - Julio	
		Media	Desviación estándar
Reciclables Orgánicos	Materia orgánica	68,37	13,32
	Papel y Cartón	4,50	2,60
	Madera	1,03	0,85
	Textiles	2,49	2,59
Reciclables Inorgánicos	Plásticos	13,43	7,94
	Metales	2,49	0,86
	Vidrio	1,90	2,17
No Reciclable	Otros	5,80	6,22

Elaborado por: Baca, 2015.

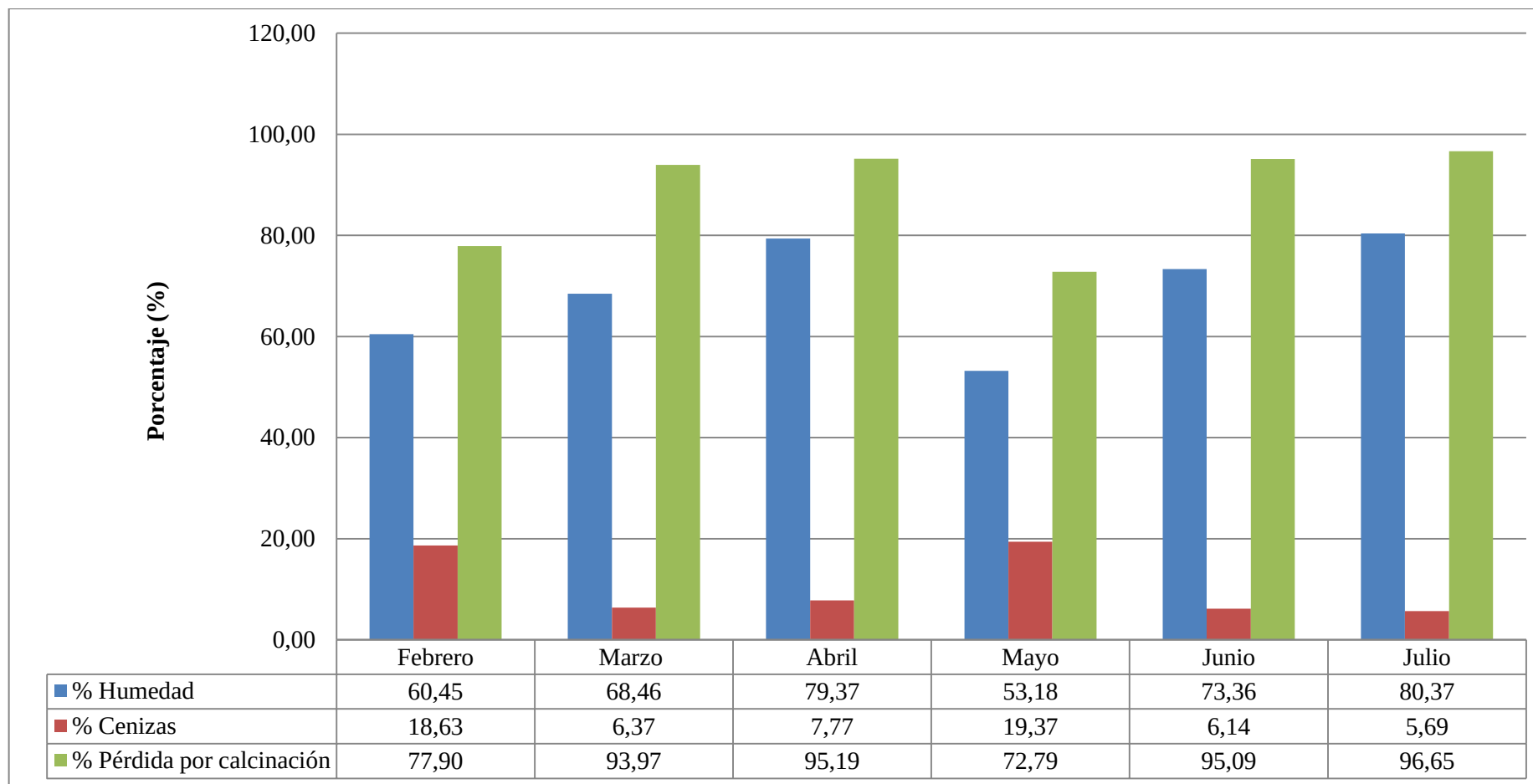
4.2.6. Comparación mensual de los datos obtenidos de los porcentajes de humedad, cenizas y pérdida por calcinación contenidos en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha

Tabla No. 35. Comparación mensual de los datos obtenidos de los porcentajes de humedad, cenizas y pérdida por calcinación contenidos en los RSU.

Mensual	% Humedad	% Cenizas	% Pérdida por calcinación
Febrero	60,45	18,63	77,90
Marzo	68,46	6,37	93,97
Abril	79,37	7,77	95,19
Mayo	53,18	19,37	72,79
Junio	73,36	6,14	95,09
Julio	80,37	5,69	96,65

Elaborado por: Baca, 2015.

Gráfico No. 25. Comparación mensual de los datos obtenidos de los porcentajes de humedad, cenizas y pérdida por calcinación contenidos en los RSU



Elaborado por: Baca, 2015.

4.2.7. Protocolo para la determinación del porcentaje de humedad y cenizas

Una vez realizada la experimentación en campo que describe la metodología establecida por el Dr. Kunitoshi Sakurai especificada en el **Capítulo III**, se obtuvo una muestra homogénea de 6,25 kg, la cual tras ser llevada a laboratorio y se debe proceder de la siguiente manera:

1. Tomar una muestra que sea representativa a la composición original.
2. Pesar cada muestra tomada por categoría y homogenizar la muestra hasta obtener un peso total de 100g.
3. Tomar un crisol de porcelana de 50mL y pesarlo en la balanza analítica. En caso de que los 100g de muestra ocupen más de un crisol, asignar un número a cada crisol de porcelana a ser utilizado.
4. Anotar el peso con 2 cifras significativas en Peso del Crisol(es).
5. A continuación, se procede a aforar el crisol con la muestra húmeda y se anota el valor con 2 cifras significativas en Peso Crisol + Muestra Húmeda en gramos (g).
6. Introducir el Crisol + Muestra Húmeda en la estufa y programarla a una temperatura de 105°C (temperatura estándar para secado) por un tiempo de secado de 24h.
7. Pasadas las 24 horas esperar por 10 minutos antes de abrir la estufa. Luego de este lapso, se retira el crisol con las pinzas y se pesa nuevamente.
8. Anotar el valor con dos cifras significativas en Peso Crisol + Muestra Seca.
9. Una vez obtenidos los pesos de la muestra húmeda y seca, se procede a utilizar la ecuación descrita en el **Capítulo III** para la *determinación del porcentaje de humedad contenida en los RSU*.
10. Una vez realizado el cálculo de humedad, tomar la muestra dispuesta en el crisol(es) e introducirla en una mufla programada a una temperatura de calcinación de 900°C para un tiempo de funcionamiento de 6 horas.
11. Una vez concluido el tiempo de incineración, esperar un mínimo de 45 minutos antes de extraer el crisol(es) de la mufla. Realizarlo con las pinzas de crisol.
12. Pesar y anotar el peso, en gramos, con 2 cifras significativas, en Peso Crisol + Muestra Incinerada.
13. Seguir la ecuación descrita en el **Capítulo III** para la *determinación del porcentaje de cenizas obtenidas del proceso de incineración de los RSU*.
14. Mediante la ayuda de un embudo, colocar las cenizas dispuestas en el crisol(es) en una probeta de 10mL para obtener el volumen de las mismas.
15. Basarse en la ecuación de *reducción en volumen* para hallar el volumen de cenizas obtenido después de la calcinación.
16. Contar las cenizas para el siguiente proceso.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Mediante el desarrollo de la presente investigación se cumplieron los objetivos planteados, para lo cual, los mismos siguieron tanto un proceso de revisión bibliográfica como el desarrollo en campo y en laboratorio.
- Para el caso de una parroquia rural amazónica como Limoncocha la gestión de los RSU mediante la utilización de la incineración, no es recomendable debido a los resultados obtenidos de los diversos análisis, lo cual reveló la presencia de grandes volúmenes de materia orgánica que es un factor limitante para este proceso, ya que absorbe gran cantidad de humedad proveniente principalmente de las gotas de lluvia (FAO, 2005), por lo que se necesitaría invertir gran cantidad de energía para llevarlo a cabo; además que los volúmenes per cápita de desechos generados en la Parroquia no justifica la implementación de una planta incineradora debido a los costos que ésta representa.
- A su vez, cabe mencionar que el presente estudio es parte de un grupo de investigación enfocado al tratamiento y aprovechamiento de los RSU, el mismo que aportó a una base de datos relevantes a la caracterización de los RSU, la cual permita llevar técnicamente el manejo de los residuos en la Parroquia de Limoncocha y acorde a esto, buscar alternativas para una adecuada gestión.
- La adaptación, a través de la experiencia en laboratorio, de metodologías bibliográficamente consultadas, permitió obtener un procedimiento y método de análisis apropiado para la determinación de los diferentes parámetros fijados en los objetivos del presente estudio, porcentaje de humedad, cenizas y pérdida por calcinación contenido en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha; los cuales se llevaron a cabo mediante la utilización de una estufa para el secado y la cuantificación de humedad, como también incineración mediante una mufla para la cuantificación de las cenizas obtenidas del proceso.
- 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, mas 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 desarrollado es comparable con un proceso de incineración a gran escala, en el sentido que se da en condiciones controladas de tiempo y temperatura, además de la presencia de oxígeno. Sin embargo, los resultados no son exactos debido a diversos factores, los mismos que pueden ser: la carga de material al incinerador, aislamiento de temperatura del incinerador,

material refractario del incinerador, sistemas de tratamiento de gases, cámaras de post combustión o la inclusión de residuos no analizados en el presente estudio, entre otros; los cuales podrían conllevar a ciertas diferencias, mas no a cambios radicales en los resultados obtenidos para las categorías estudiadas.

- Si bien el aporte de poder calórico a macro escala en un proceso de tratamiento térmico del plástico es bastante significativo y podría ser incluido en investigaciones posteriores, tuvo que ser excluido, debido a la generación de compuestos tóxicos como dioxinas y furanos en el proceso de incineración, ya que la temperatura aplicada es no es la óptima para evitar la liberación de estos contaminantes.
- El levantamiento de datos en campo para llevar a cabo la caracterización de la composición de los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha, como se ha mencionado previamente, se lo realizó de manera mensual y en donde se reveló que el consumo dado por la población variaba de mes a mes, reflejando sin embargo, la constante presencia de grandes volúmenes de material orgánico. Por tal razón y de lo observado cada mes, se pudo concluir que la generación de desechos de la población se encuentra vinculada al consumo de productos asociado a su temporada de cosecha, y esto es debido a que es una zona rural que posee grandes áreas destinadas a cultivos, los mismos que en su mayoría son utilizados para satisfacer sus necesidades personales.
- Las diferencias de la concentración de humedad contenida en los RSU en los distintos meses se hallan vinculadas principalmente a factores tales como la climatología del lugar, la cual influye en la variación de la humedad del residuo sólido o superficial, generando así un incremento en el valor que se obtendrá al momento de la determinación del porcentaje de la misma, ya que en el presente estudio se toma en cuenta un cálculo que incluye tanto a la humedad molecular como a la antes mencionada.
- Otro factor determinante al momento de la cuantificación del porcentaje de humedad son los hábitos de consumo de los habitantes de la Reserva, los cuales varían acorde a sus costumbres, como también a la temporada de cosecha.
- Los porcentajes de humedad obtenidos mediante los análisis de laboratorio, mostraron en el mes de Julio y Abril, con valores de 80,37% y 79,37% respectivamente, mayores concentraciones de este parámetro. Mientras que en Febrero y Mayo, con valores de 60,45% y 53,18% respectivamente, obtuvieron menores concentraciones de humedad; en dichos meses, en el proceso de laboratorio (secado y calcinación), se incluyeron las categorías de metales y vidrio con la finalidad de reflejar la diferencia en cuanto a la concentración de humedad. Siendo así que, los valores obtenidos se encuentran directamente relacionados con la presencia de materia orgánica y climatología del lugar, y al ser estos materiales (vidrio y metales) de difícil retención de humedad, el valor de este parámetro se mostrara inferior en comparación con aquellas que contienen mayor cantidad de residuos de origen orgánico.

- El porcentaje en peso de cenizas revelaron que en el mes de Julio con 5,69% y Marzo con 6,37% se obtuvieron menores valores. Mientras que en los meses de Febrero y Mayo, 18,63% y 19,37% respectivamente, reflejaron valores muy elevados. La razón está relacionada con la inclusión de las categorías antes mencionadas (vidrio y metales) que fueron incluidas en el proceso de laboratorio para determinar la diferencia y pérdida en cuanto al aprovechamiento calórico que implica la incorporación de estos materiales en un proceso de viabilidad energética. Por lo cual se pudo concluir que el incremento en el porcentaje de tal parámetro se encontró directamente relacionado con aquellos materiales que pudieron ser incinerados en su totalidad a una temperatura de 900°C, a la cual se llevó a cabo el proceso.
- El porcentaje de pérdida por calcinación se reflejó superior a los otros meses en Abril y Julio, con valores del 96,65% y 95,19% respectivamente, demostrando que el material presente poseía propiedades incinerables casi en su totalidad.
- A menor cantidad de materia orgánica en el volumen incinerable, mayor efectividad del proceso, ya que el porcentaje de humedad contenido en aquellos residuos orgánicos es demasiado alto, lo que hace necesaria la utilización de una excesiva cantidad de energía para eliminarla. Sin embargo, si previamente se realiza un proceso de secado, la efectividad del proceso de incineración se incrementaría, y lo tornaría en un tratamiento viable para el aprovechamiento energético debido a la cantidad de carbono contenido en los RSU que sirven de aporte como combustible.
- En el proceso realizado en laboratorio, tomar muestras de cada categoría correspondiente a su porcentaje de composición obtenida en la caracterización de los RSU y no muestras de composición aleatoria.
- La determinación de la pérdida por calcinación muestra que no se debe incluir las categorías de vidrio, metal y plástico en procesos térmicos realizados a una temperatura de 900°C ya que tornan al proceso menos viable para su aprovechamiento energético debido a su dificultad para incinerarlos y por el aporte calórico ínfimo que representan como tal en un tratamiento a estas condiciones.
- La elaboración de un protocolo para la determinación de los porcentajes de humedad y cenizas con el fin de analizar su viabilidad energética supone una base para el desarrollo del procesamiento de muestras en laboratorio.
- En cuanto a los datos obtenidos de la caracterización de los RSU de la Reserva, se pudo observar que en todos los meses de muestreo la categoría predominante fue el material orgánico con valores que fluctúan entre el 45,00 y 80,00%, es decir, la población de Limoncocha genera grandes cantidades de este desecho y esto puede deberse a las diferentes costumbres, características del lugar y realidades que vive el sector. Por ejemplo, haciendo una comparación breve con ciudades grandes como la capital, Quito, la generación de RSU se encuentra muy diferenciada en cuanto a la Parroquia de Limoncocha y esto puede deberse a los factores sociales, culturales y geográficos antes mencionados.

- Los tratamientos térmicos tales como la incineración, pueden significar una alternativa de gestión de residuos muy útil al momento de dar manejo a los mismos, disminuir patógenos, como también disminuir el impacto ambiental visual, alargar la vida útil de los rellenos sanitarios ya que con la reducción de volumen se estaría disponiendo de mayor espacio, mejorar la calidad ambiental y de vida de los pobladores entre otros; sin embargo, es importante tomar en cuenta el factor costo-beneficio. Los sistemas de incineración son costosos por la tecnología avanzada que ocupan y la maquinaria que emplean en sus procesos es compleja y varía dependiendo de cada parámetro; además que el tiempo de retorno de la inversión es lento en comparación a los gastos que ésta genera. Es por eso que, en países del tercer mundo no justifica la aplicación de este proceso, ya que no existe una cantidad de poder calorífico representativa ni constante.
- La incorporación de tratamientos sustentables para el manejo de desechos sólidos en una parroquia rural como Limoncocha, significa una mayor cantidad de reciclado y compostaje, y por tanto, una menor dependencia en los vertederos debido a la composición que poseen sus residuos en donde la materia orgánica se encuentra en mayor cantidad; estos no serían dispuestos en estos lugares.
- Los enfoques integrados a cero desechos para la sociedad que hace circular los recursos, debe direccionarse tanto a una visión de aprovechamiento de desechos a recursos como también de desechos a energía. La primera visión, indica un aprovechamiento en la composición de los residuos, de tal manera que la recolección diferenciada de desechos reciclables y restos de comida podrían ser utilizados como compostaje, por otro lado se encuentra la responsabilidad extendida del productor como también las instalaciones de recuperación de material. Mientras que la segunda visión se enfoca al aprovechamiento y transformación de combustibles a energía mediante tratamientos mecánicos biológicos y tratamientos térmicos como la incineración; de la misma manera, la generación de energía a través de la descomposición de desechos orgánicos (biogás y electricidad) y la generación de la misma mediante el uso de metano resultante de los desechos. Así se estaría optando por una maximización del reciclaje y aprovechamiento de los recursos (desechos).

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la metodología planteada en esta investigación para la continuación del proyecto, para de esta manera obtener resultados comparables mediante la aplicación de una técnica de análisis estándar.
- Es recomendable continuar con el análisis de los parámetros planteados en esta investigación y complementar con los demás parámetros fisicoquímicos de los residuos, de esta manera se busca 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.
- Se recomienda estudiar la carga de cenizas que significaría el incinerar las categorías no analizadas en esta investigación, ya sea a través de consulta bibliográfica o visitas a incineradores calificados por el MAE, los cuales podrán aportar con los datos requeridos.
- Es recomendable realizar el análisis físico-químico de las cenizas obtenidas para conocer su composición y de esta manera estudiar la posibilidad de su reutilización o nuevas aplicaciones a las que pueden estar destinadas.
- Si se continúa utilizando la metodología descrita en este estudio, se recomienda seguir excluyendo la categoría de plástico de los análisis, debido a que a la temperatura a la que se trabajó durante el proceso (900°C), pueden dar lugar a la producción de dioxinas y furanos, los cuales son contaminantes atmosféricos. Sin embargo, es recomendable buscar información acerca del porcentaje de cenizas de este residuo y también se recomendaría estudiar las posibles ventajas que hubiera en caso de reciclar.
- Maneras de dar un mejor aprovechamiento a recursos como los residuos es realizar previo a cualquier tratamiento, estudios de factibilidad y así tener análisis que sustenten la aplicabilidad de estos recursos en algo que refleje/represente beneficios para la comunidad.
- En las épocas de invierno, donde la humedad de los residuos aumentaría, sería recomendable aplicar técnicas de secado más eficientes, en caso de utilizar un sistema de tratamiento térmico. Esto es por ejemplo, mayor permanencia de los residuos en los sistemas de secado.
- Se recomienda, en caso de plantear un sistema de tratamiento térmico con aprovechamiento energético, eliminar la humedad de los residuos, ya que por su alto aporte de humedad afectarían a 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 analizar las propiedades de las cenizas resultantes del proceso para estudiar la eliminación efectiva de productos tóxicos.
- Es recomendable continuar y complementar la presente investigación con datos de poder calórico, con la finalidad de poder estimar la factibilidad de

aprovechamiento energético producto de la incineración o de cualquier tratamiento térmico. Es recomendable también usar los porcentajes de humedad obtenidos en este estudio, para poder calcular poder calórico superior e inferior.

- En cuanto a la metodología, es importante tomar en cuenta la correcta conservación de las muestras para realizar los análisis propuestos ya que al ser las mismas tomadas en Limoncocha en la Provincia de Sucumbíos, necesitan ser transportadas en condiciones óptimas, para de esta manera procurar la preservación de las propiedades intrínsecas que poseen los RSU, evitando alteraciones fisicoquímicas en las mismas y así obtener valores más reales y de gran utilidad para los fines previstos.
- Dado que esta investigación calculó los valores de pérdida por calcinación, que incluyen valores de pérdida por calcinación e inorgánico, es menester la determinación de pérdida por calcinación exclusivamente para conocer los porcentajes que representa cada uno en los RSU. Para ello, es importante tomar en cuenta la temperatura a la que éste llega a su punto de calcinación.
- Previo a la elección de un tratamiento térmico o cualquiera que fuese, es importante tener en cuenta el valor intrínseco que cada material posee, por lo que someter a una clasificación y tratamiento diferenciado podría significar un aprovechamiento de los recursos y el potencial contenido en ellos, como también abaratar los costos del proceso.
- No se recomienda utilizar la incineración como el tratamiento previo a la disposición final de los residuos, ya que el porcentaje de humedad es demasiado elevado y haría necesaria la utilización de una gran cantidad de energía; la baja y poco constante generación de desechos incinerables hacen inviable la utilización de este tipo de tecnologías.
- Se recomienda utilizar metodologías de clasificación doméstica y secundaria en el relleno sanitario de Shushufindi, 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 debería optar por la incorporación de tratamientos sustentables en los que la se incentive la cantidad de reciclado y compostaje, tornando ínfima la dependencia de vertederos.
- En la presente investigación se trabajó en laboratorio con muestras de composición aleatoria, por lo que es recomendable tomar muestras de cada categoría correspondiente a su porcentaje de composición obtenida en la caracterización de los RSU.
- No incluir las categorías de vidrio, metales y plástico en procesos térmicos realizados a una temperatura de 900°C ya que tornan al proceso menos viable para su aprovechamiento energético debido a su dificultad para incinerarlos y por el aporte calórico que significan como tal a esa temperatura.

- Utilizar el protocolo desarrollado en esta investigación para la determinación de los parámetros de interés que signifique una base para el correcto desarrollo de la experimentación en laboratorio.
- Analizar la relación costo-beneficio en cuanto a la implementación de un tratamiento térmico como la incineración y los gases que esta genera.
- Usar equipo de protección personal y contar con las vacunas correspondientes para realizar el procedimiento tanto en campo como en laboratorio y de esta manera disminuir los potenciales riesgos al trabajar con RSU.
- Finalmente, es necesario realizar un muestreo más largo en tiempo para obtener datos representativos que corroboren con la investigación.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acuerdo Ministerial No. 028. Sustituyente al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. *Registro Oficial, Edición Especial No. 270, viernes 13 de febrero de 2015.*
2. Agenda 21 (1992). Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible organizada por Naciones Unidas. Río de Janeiro, Brasil.
3. Albuja, G. (2004). Representaciones y discursos de los kichwas de la Comunidad Limoncocha respecto a la Industria Petrolera. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador.
4. Arrechea, A., Lopez, M., Espinosa, M. & Escobedo, R. (2009). ECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PROVENIENTES DE VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. Departamento de Estudios sobre Contaminación Ambiental (DECA), Centro de Investigaciones del Ozono (CIO), Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC).
5. Bastiaenen (S/F). Manejo de Residuos en los Países Bajos. Hollanel: Planeers in international business. Holanda.
6. Bastidas, D. (2009). Ficha informativa de los Humedales. Versión 2006-2008. Categorías aprobadas en la Recomendación 4.7 (1999) y modificadas por la Resolución VIII.13 de la 8ª Conferencia de las Partes Contratantes (2002) y Resoluciones IX.1, Anexo B, IX.6, IX.21 y IX. 22 de la 9ª Conferencia de las Partes Contratantes (2005). Sucumbíos, Ecuador.
7. Bonato F. (2000). Seminario: la gestión integral de los residuos sólidos del 5-8 Junio 2000, Alvear Palace Hotel, Salón Versailles. Argentina, Buenos Aires.
8. Bonato, F. (2000). Seminario: la gestión integral de los residuos sólidos del 5-8 Junio 2000, Alvear Palace Hotel, Salón Versailles. Argentina, Buenos Aires.
9. Bustos F. (2001). Manual de gestión y control medioambiental Pp. 286. Quito: R.N. Industria Gráfica.
10. Cantanhede, A. (s.f.) La gestión y tratamiento de los residuos generados en los centros de atención de salud. Recuperado de http://www.bvsde.ops-oms.org/foro_hispano/BVS/bvsars/e/fulltext/centros/centros.pdf

11. 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.
12. Carrigues, A. (2003). Manual para la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos Pp. 66-77, 259-262. Madrid: Carrigues Medio Ambiente.
13. Castillo S. (2011). Estadística aplicada a la investigación científica. Quito: Universidad Internacional SEK (UISEK).
14. CEMPRE (2012). Manual de gestión integral. Capítulo V - Tratamientos. Parte 4. Incineración. Parte 2. Uruguay.
15. “*Clima Shushufindi*”. (S/F). Recuperado de: <http://es.climate-data.org/location/25486/>
16. Colomer, F. & Gallardo, A. (2007). Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos. México: Universidad Politécnica de Valencia.
17. CONJUPAS (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia “Limoncocha”. Geográfica SIS. Consorcio de Juntas Parroquiales Rurales de la Provincia de Sucumbíos.
18. Constitución de la Republica (2008). Registro Oficial No. 449. Montecristi, Ecuador.
19. Coral, K. (2011). Control de la contaminación de aguas residuales. Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.
20. Demirbas, A. (2011). Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes, Energy Conversion and Management, Volume 52, Issue 2, February 2011, Pages 1280-1287, ISSN 0196-8904. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890410004279>
21. Dirección general de normas (1970). Norma mexicana NMX-F-106-1970: Alimentos. Determinación de cenizas en grenetina. México D.F.: La dirección.
22. Domus (2010). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS (PMRS).
23. Dong-Hoon, L. (2015). Tratamiento sostenible de desechos sólidos adecuado para la región de países tropicales. Universidad de Seúl.
24. Dueñas, D. (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. Tesis de grado. Universidad Internacional SEK. Quito.

25. EMASEO (2012). Gestión Integral de Residuos. Recuperado en: www.emaseo.gob.ec
26. EMGIRS-EP (2010). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Quito, Ecuador. Recuperado en: www.emgirs.gob.e
 - a. Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía.
27. FAO (2005). Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal: El significado de la porosidad del suelo. Boletín de suelos de la FAO. ISBN 92-5-304944-8. Roma, Italia.
28. GAD Shushufindi (2013). *Ordenanza que regula la Gestión Integral de Residuos y Desechos; y, la Limpieza en General del Cantón Shushufindi*. R.O. N° 119 VIERNES 8 DE NOVIEMBRE 2013.
29. Gallardo, C. (2014). *Diseño Definitivo del Sistema Integral de los Desechos Sólidos para el Cantón Shushufindi*. Estudio de Impacto Ambiental Tomo I. Gobierno Descentralizado Municipal del Cantón Shushufindi. Sucumbíos – Ecuador.
30. García-Valcarce, A. (1998). Cenizas volantes. Arquitectura y Edificación. Revista de Edificación. Vol. 03. Pág. 23. Publicada en el año de 1998.
31. Garrigues, N. (2003). Manual para la Gestión de los Residuos Urbanos. Ecoiuris. 909 pp. Madrid, España.
32. Goddard, H. (1995). «The Benefits and Costs of Alternative Solid Waste Management Policies», Resources, Conservation and Recycling, 13: 183-213.
33. González G (2008). Impacto de la tasa de humedad en la biodegradación de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Veracruz, México. Veracruz: Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana.
34. González, G., Rustrián, E., Houbbron, E. & Zamora, A. (2008). Impacto de la tasa de humedad en la biodegradación de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Veracruz, México. Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 4 (3): 336-341, 2008. Veracruz, México. Recuperado de: <http://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v4-n3-3-impacto-de-la-tasa-de-humedad-en-la-biodegradacion-de-los-residuos-solidos-urbanos.pdf>

35. González, J. (2008). Contaminación Ambiental. Módulo I. Residuos Sólidos Urbanos. Escuela de negocios – eoi. Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45492/componente45490.pdf
36. Ibáñez, R. et al. (2006). Guía de aplicación a las Actividades de Gestión de Residuos. Cantabria: Sosprocan Depro. Pp.39-40.
37. 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.
38. Ley de Gestión Ambiental (2004). Registro Oficial Suplemento 418 de 10-sep-2004. Ecuador.
39. Ley Orgánica de salud (2006). Registro Oficial # 423. Viernes 22 de Diciembre del 2006. Ecuador.
40. López B. (2001). Calculo de errores. Apéndice 1 Pp 4. Madrid: Universidad politécnica de Madrid, Escuela técnica superior de ingenieros de minas.
41. 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.
42. MINAM (2014). *Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS)*. Ministerio de Ambiente de Perú. Perú
43. 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.
44. 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.
45. OPS/OMS (2002). Análisis sectorial de Residuos sólidos: Ecuador (Ed.) Washington, D.C.: OPS.
46. 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-solidos/publicaciones,2214.html>

47. 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>

48. Prados J. et al. (2007). Estudio multidisciplinar sobre fracción resto de residuos sólidos urbanos (RSU) en ASTURIAS. En: (Vandecasteele C. y Block C (Eds.), Residuos Sólidos de tratamientos térmicos de la fracción resto de residuos sólidos urbanos (RSU): características, tratamiento, valorización e impacto medioambiental (pp. 93-122). Asturias: Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Universidad de Oviedo.

49. PTL (2014-2019). Plan de Trabajo para la candidatura a la junta parroquial “Limoncocha” candidatos: nómina de candidatos para la Parroquia Limoncocha. Periodo 2014-2019.

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

51. Romero, A. (s.f). Incineración de Residuos Sólidos Urbanos. Dpto. de Ingeniería Química. Facultad de CC. Químicas. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.

52. 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>

53. 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>.

54. 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 Posgrado 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 del Programa de Posgrado de la ESPE.

55. 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.
56. UCLM. (s/f). ROCAS DEL SINCLINAL DE ALMADÉN. Disponible en: <http://www.uclm.es/users/higueras/tema/almaden/Almaden.htm>
57. Universidad de Cantabria (2010). Cátedra de “Teoría de Errores”. Cantabria:
58. Webster, A. (1998). Estadística aplicada a los negocios y economía. 3era Edición. McGraw-Hill. Bogotá.

CAPÍTULO VII: ANEXOS FOTOGRAFICOS

Las fotografías tomadas en campo y laboratorio corresponden al grupo de investigación de la Universidad Internacional SEK.

<u>ANEXOS FOTOGRAFICOS</u>	
	
PROCEDIMIENTO EN CAMPO: MUESTREOS ENERO – JULIO, 2015	
MUESTREO No.1	
PROCEDIMIENTO EN CAMPO: MUESTREO ENERO 2015	
	
Lugar de acopio de basura Muestreo: Enero 2015	Lugar de acopio de basura Muestreo: Enero 2015



Recolección de ejemplares para el muestreo
Muestreo: Enero 2015



Recolección de ejemplares para el muestreo
Muestreo: Enero 2015



Pesaje de muestras de desechos
Muestreo: Enero 2015



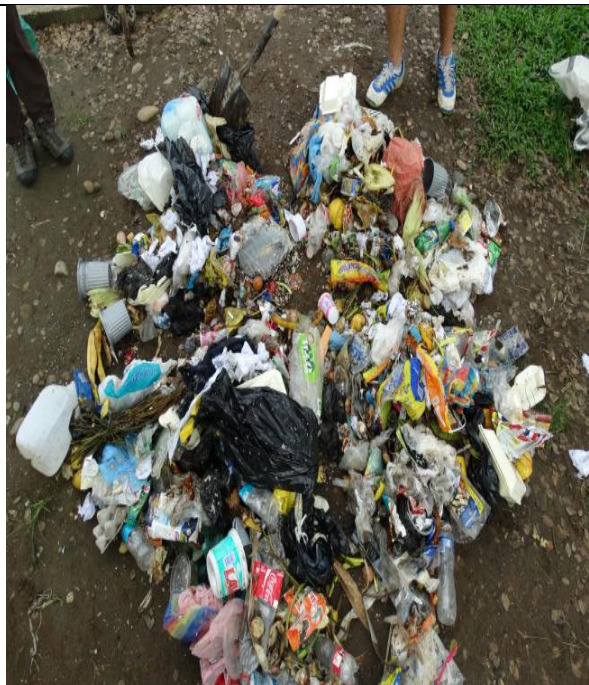
Pesaje de muestras de desechos
Muestreo: Enero 2015



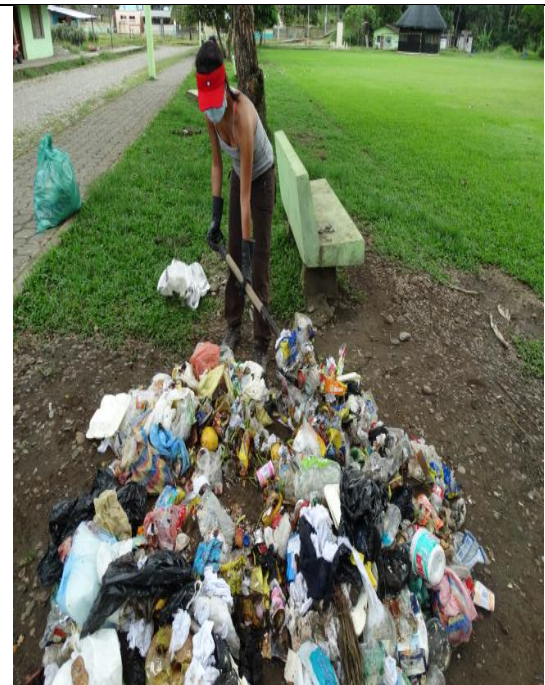
Clasificación de desechos por categorías
Muestreo: Enero 2015



Clasificación de desechos por categorías
Muestreo: Enero 2015



Homogenización de desechos para toma de muestra
Muestreo: Enero 2015



Homogenización de desechos para toma de muestra
Muestreo: Enero 2015



Toma de muestra
Muestreo: Enero 2015



Toma de muestra
Muestreo: Enero 2015

MUESTREO No.2

PROCEDIMIENTO EN CAMPO: MUESTREO FEBRERO 2015



Lugar de acopio de basura
Muestreo: Febrero 2015



Lugar de acopio de basura
Muestreo: Febrero 2015



Recolección de ejemplares para el muestreo
Muestreo: Febrero 2015



Recolección de ejemplares para el muestreo
Muestreo: Febrero 2015



Pesaje de muestras de desechos
Muestreo: Febrero 2015



Pesaje de muestras de desechos
Muestreo: Febrero 2015



Clasificación de desechos por categorías
Muestreo: Febrero 2015



Clasificación de desechos por categorías
Muestreo: Febrero 2015



Homogenización de desechos para toma de
muestra
Muestreo: Febrero 2015



Homogenización de desechos para toma de
muestra
Muestreo: Febrero 2015



Toma de muestra
Muestreo: Febrero 2015



Toma de muestra
Muestreo: Febrero 2015

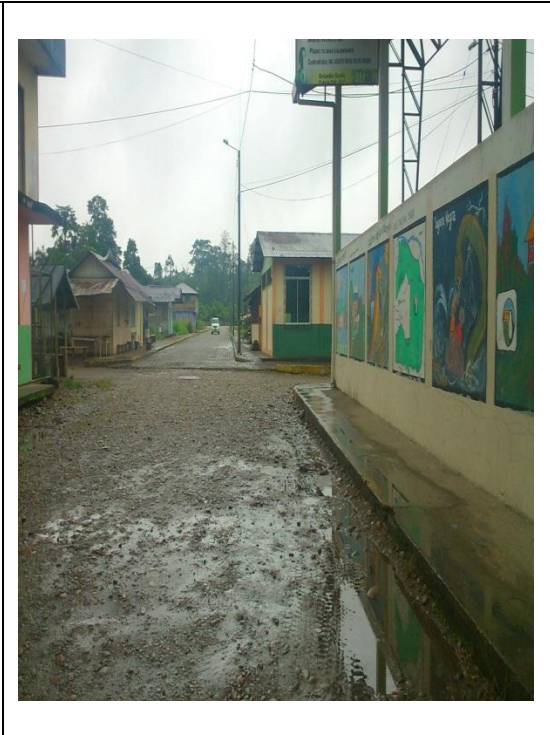


Transporte de muestras
Muestreo: Febrero 2015



Transporte de muestras
Muestreo: Febrero 2015

	
Servicio de recoleccion de basura Muestreo: Febrero 2015	Servicio de recoleccion de basura Muestreo: Febrero 2015

MUESTREO No.3	
PROCEDIMIENTO EN CAMPO: MUESTREO MARZO 2015	
	
Lugar de acopio de basura Muestreo: Marzo 2015	Caracteristicas del lugar Muestreo: Marzo 2015



Recolección de ejemplares para el muestreo
Muestreo: Marzo 2015



Pesaje de muestras de desechos
Muestreo: Marzo 2015



Pesaje de muestras de desechos
Muestreo: Marzo 2015



Clasificación de desechos por categorías
Muestreo: Marzo 2015



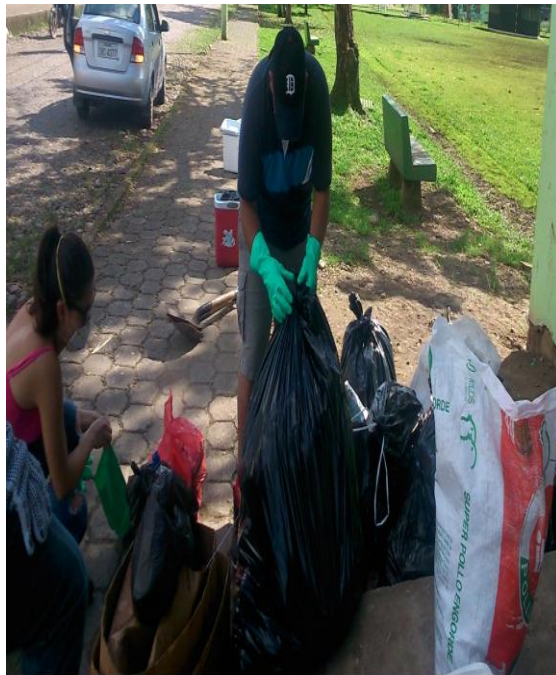
Homogenización de desechos para toma de muestra
Muestreo: Marzo 2015



Toma de muestra
Muestreo: Marzo 2015

MUESTREO No.4

PROCEDIMIENTO EN CAMPO: MUESTREO ABRIL 2015



Recolección de ejemplares para el muestreo
Muestreo: Abril 2015



Pesaje de muestras de desechos
Muestreo: Abril 2015



Clasificación de desechos por categorías
Muestreo: Abril 2015



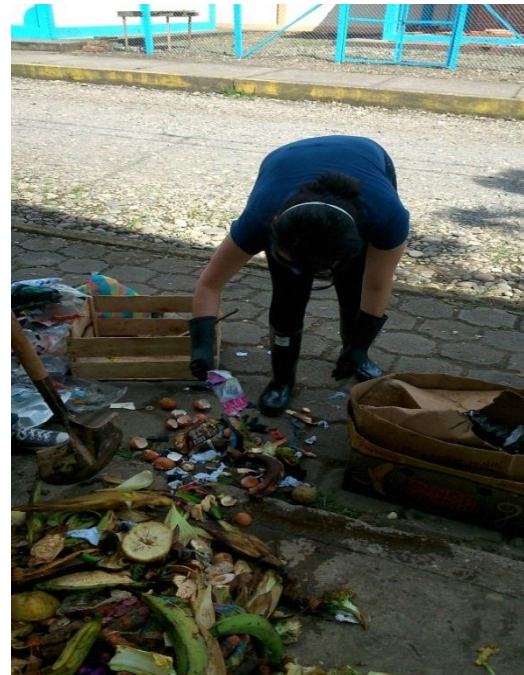
Toma de muestra
Muestreo: Abril 2015

MUESTREO No.5

PROCEDIMIENTO EN CAMPO: MUESTREO MAYO 2015



Clasificación de desechos por categorías
Muestreo: Mayo 2015



Clasificación de desechos por categorías
Muestreo: Mayo 2015



Homogenización de desechos para toma de muestra
Muestreo: Mayo 2015



Toma de muestra
Muestreo: Mayo 2015

MUESTREO No.6

PROCEDIMIENTO EN CAMPO: MUESTREO MAYO 2015



Recolección de ejemplares para el muestreo
Muestreo: Junio 2015



Pesaje de muestras de desechos
Muestreo: Junio 2015



Pesaje de muestras de desechos
Muestreo: Junio 2015



Clasificación de desechos por
categorías
Muestreo: Junio 2015



Clasificación de desechos por categorías
Muestreo: Junio 2015



Homogenización de desechos para toma
de muestra
Muestreo: Junio 2015



Toma de muestra
Muestreo: Junio 2015



Transporte de muestras
Muestreo: Junio 2015

ANEXOS FOTOGRAFICOS



PROCEDIMIENTO EN LABORATORIO: MUESTREOS ENERO – JULIO, 2015

MUESTREO No.1

PROCEDIMIENTO EN LABORATORIO: MUESTREO ENERO 2015



Pesaje muestra
Muestreo: Enero 2015



Pesaje muestra
Muestreo: Enero 2015



Pesaje muestra
Muestreo: Enero 2015



Crisoles de porcelana
Muestreo: Enero 2015



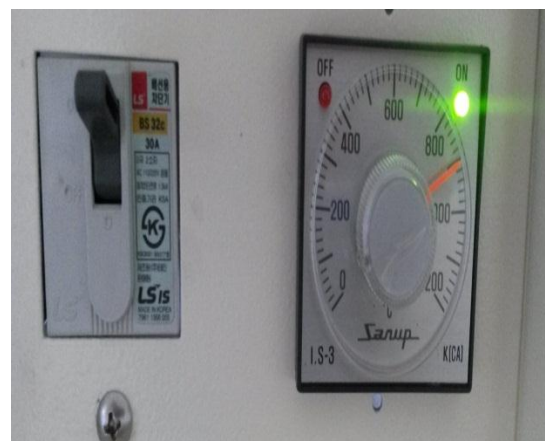
Estufa a 105°C para sacar humedad
Muestreo: Enero 2015



Programacion Estufa a 105°C
Muestreo: Enero 2015



Mufla a 900°C para incineracion
Muestreo: Enero 2015



Programacion Mufla a 900°C
Muestreo: Enero 2015



Pesaje muestra en balanza analítica
Muestreo: Enero 2015



Cenizas
Muestreo: Enero 2015



Almacenamiento de muestras
Muestreo: Enero 2015

MUESTREO No.2	
PROCEDIMIENTO EN LABORATORIO: MUESTREO FEBRERO 2015	
	
Pesaje muestra seca Muestreo: Febrero 2015	Muestras calcinadas en mufla a 900°C durante 6h Muestreo: Febrero 2015
	
Pesaje muestra calcinada Muestreo: Febrero 2015	Pesaje muestra calcinada Muestreo: Febrero 2015

MUESTREO No.3	
PROCEDIMIENTO EN LABORATORIO: MUESTREO MARZO 2015	
	
Muestra de residuos Muestreo: Marzo 2015	Muestra humedad Muestreo: Marzo 2015
	
Muestra en Estufa Muestreo: Marzo 2015	Muestra seca Muestreo: Marzo 2015



Muestras para incineracion
Muestreo: Marzo 2015

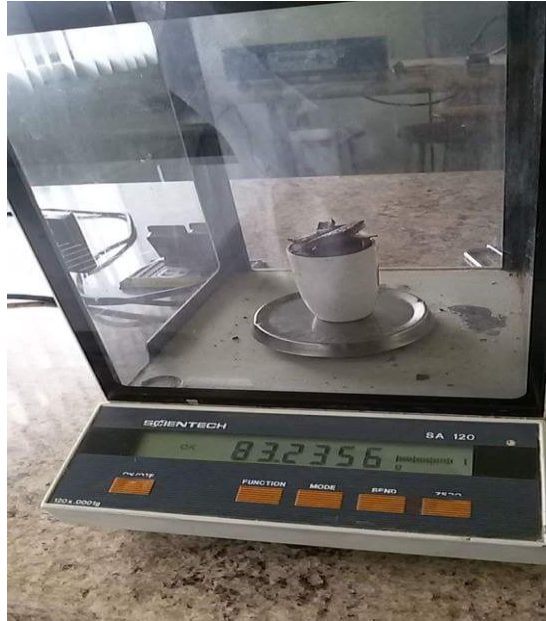


Mufla
Muestreo: Marzo 2015



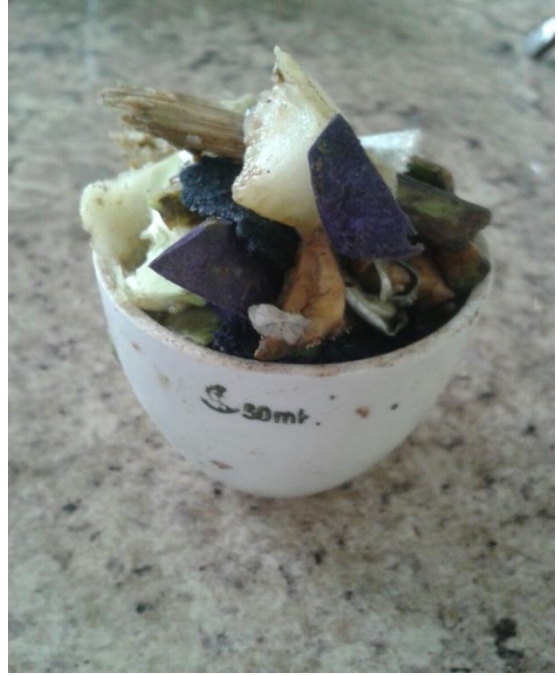
Cenizas
Muestreo: Marzo 2015

MUESTREO No.4	
PROCEDIMIENTO EN LABORATORIO: MUESTREO ABRIL 2015	
	
Muestra en Estufa Muestreo: Abril 2015	Muestra seca Muestreo: Abril 2015
	
Muestras para incineracion Muestreo: Abril 2015	Mufla Muestreo: Abril 2015

	
Muestras para incinerar Muestreo: Abril 2015	Pesaje muestra para incinerar Muestreo: Abril 2015

MUESTREO No.5	
PROCEDIMIENTO EN LABORATORIO: MUESTREO MAYO 2015	
	
Muestra en Estufa Muestreo: Mayo 2015	Muestra humeda Muestreo: Mayo 2015

	
Pesaje crisol Muestreo: Mayo 2015	Mufla Muestreo: Mayo 2015

MUESTREO No.6	
PROCEDIMIENTO EN LABORATORIO: MUESTREO JUNIO 2015	
	
Muestra de residuos Muestreo: Junio 2015	Muestra humeda Muestreo: Junio 2015

	
Muestra cenizas Muestreo: Junio 2015	Estufa a 105°C por 24h Muestreo: Junio 2015

MUESTREO No.7	
PROCEDIMIENTO EN LABORATORIO: MUESTREO JULIO 2015	
	
Muestra en humeda Muestreo: Julio 2015	Pesaje muestra humeda Muestreo: Julio 2015



Muestra cenizas
Muestreo: Julio 2015



Pesaje cenizas
Muestreo: Julio 2015



Muestra húmeda en Estufa
Muestreo: Julio 2015



Muestra en Mufla
Muestreo: Julio 2015

	
Cenizas Muestreo: Julio 2015	Medicion de volumen de cenizas Muestreo: Julio 2015
	
Transporte de muestras Muestreo: Julio 2015	