



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Plan de Investigación de Fin de Carrera Titulado:

**“DETERMINACION DE LA RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO DE LOS
RESIDUOS SOLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA DE LIMONCOCHA
2016-2015”**

Realizado por:

SEBASTIÁN ANDRES TORO SANTILLÁN

Director del proyecto:

ING. JORGE OVIEDO

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

AÑO

2015 – 2016



UNIVERSIDAD
INTERNACIONAL
SEK
SER MEJORES



DECLARACION JURAMENTADA

Yo, Sebastián Andrés Toro Santillán, con cédula de identidad # 171538749-2, 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.

Sebastián Andrés Toro Santillán

CC: 171538749-2



DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“DETERMINACION DE LA RELACION CARBONO-NITROGENO DE LOS
RESIDUOS SOLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA DE LIMONCOCHA 2015-
2016”**

Realizado por:

SEBASTIÁN ANDRÉS TORO SANTILLÁN

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERA AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

Jorge Esteban Oviedo

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

Ing. Jorge Oviedo

DIRECTOR



LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

KATTY CORAL

ANA RODRÍGUEZ

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

Ing. Katty Coral

Ing. Ana Rodríguez

Quito, 12 de Julio de 2016

DEDICATORIA

A mi familia por su apoyo y fuerza incondicional.

AGRADECIMIENTOS

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

A Esteban Oviedo, Katty Coral y Ana Rodríguez, por sus valiosas aportaciones y la guía que me han brindado a lo largo de este proyecto de investigación, su profesionalismo no se compara a su inmensa calidad humana.

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

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	6
Abstract	7
CAPÍTULO I	8
INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Antecedentes	10
1.2. Importancia del Estudio	16
1.3. Objetivos	17
1.3.1. Objetivo General	17
1.3.2. Objetivo Específico	17
1.4. Características del Sitio del proyecto	17
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Estudios Previos	22
2.2. Marco Legal.....	23
2.2.1. Normativa Internacional	24
2.2.2. Normativa Nacional.....	25
2.3. Marco Conceptual	28
2.3.1. Carbono	28
2.3.2. Nitrógeno	28
2.3.3. Relación Carbono/Nitrógeno	29
CAPÍTULO III	30
METODOLOGÍA	30
3.1. Nivel de estudio.....	30
3.2. Cálculo del Tamaño de muestra.....	30
3.3. Modalidad de Investigación	31
3.3.1. Fase de campo.....	32
3.3.2. Fase de laboratorio	32
3.3.3. Relación Carbono/Nitrógeno	39
3.3.4. Volumen de aprovechamiento óptimo	39
3.4. Método.....	41

3.5.	Selección de instrumentos de investigación	41
3.6.	Validez y Confiabilidad de los instrumentos	41
3.7.	Procesamiento de datos.....	42
3.8.	Levantamiento de datos.....	42
CAPÍTULO IV		43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		43
4.1.	Concentración de Carbono en los Residuos Sólidos Orgánicos de la Parroquia de Limoncocha.	43
4.1.1.	Porcentaje de Carbono de los RSO.....	43
4.2.	Concentración de Nitrógeno (NTK) en los Residuos Sólidos Orgánicos de la Parroquia de Limoncocha.	46
4.3.	Relación C/N en los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) de la parroquia de Limoncocha 50	
4.3.1.	Relación C/N de los RSO.....	50
4.4.	Discusión	54
CAPÍTULO V		60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		60
5.1.	Conclusiones.....	60
5.2.	Recomendaciones	62
CAPÍTULO VI		64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		64
ANEXO A. FORMATO DE REGISTRO DE MUESTREOS		70
ANEXO B. PREPARACIÓN DE REACTIVOS MÉTODO KJELDAHL.....		71
•	Hidróxido de Sodio al 40%	71
•	Mezcla Catalítica Kjeldahl.....	71
•	Indicador Kjeldahl.....	71
•	Ácido Bórico al 5%.....	72
•	Ácido Clorhídrico 0.25 M.....	72
ANEXO C. Fotografías		73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Generación de Residuos Municipales Per Cápita en Ciudades con 500.000 a 2 Millones de Habitantes.	12
Tabla 2 Datos Generales de Limoncocha	17
Tabla 3 Resultados de Concentración de Carbono	44
Tabla 4 Análisis Estadístico %C	44
Tabla 5 Concentración de NTK.....	47
Tabla 6 Análisis Estadístico %NTK.....	48
Tabla 7 Relación C/N	50
Tabla 8 Análisis Estadístico C/N.....	52
Tabla 9 Fracción de carbono de los residuos vegetales.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Reserva Biológica Limoncocha.....	18
Gráfico 2 Logo de la Reserva Biológica Limoncocha	19
Gráfico 3 Habitantes de la parroquia Limoncocha según edades.....	20
Gráfico 4 Concentraciones de Carbono.....	45
Gráfico 5 Concentración de %NTK	49
Gráfico 6 Análisis Clúster %NTK.....	50
Gráfico 7 Relación C/N	53
Gráfico 8 Gráfico de Burbujas Relación C/N.....	54
Gráfico 9 Comparación de Relaciones C/N ET Norte y ET Sur.	58

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Tamaño Muestral	30
Ecuación 2 Determinación de %LOI.....	35
Ecuación 3 Determinación de porcentaje de carbono.	35
Ecuación 4 Nitrógeno Total Kjeldah.....	38
Ecuación 5 Relación C/N	39
Ecuación 6 Proporción de mezcla	40

Resumen

La problemática de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) representa un reto importante para nuestra sociedad, de tal manera que se debe proponer nuevas alternativas de tratamiento en función de las necesidades de cada comunidad. En el presente proyecto de investigación, se determinaron las concentraciones de carbono y nitrógeno presente en los residuos sólidos urbanos de la parroquia de Limoncocha, en específico se analizó la fracción orgánica de los residuos, obteniendo así su relación Carbono/Nitrógeno. Con lo que se propondrá una posible utilización de los desechos orgánicos en procesos de compostaje si estos presentan una relación C/N óptima (25-35). La investigación se desarrolló en el período comprendido entre los meses de septiembre de 2015 y mayo 2016, constando de dos fases. La primera fue la fase de campo o muestreo, en la cual se recolectaron las muestras de residuos sólidos orgánicos, una vez por mes, de la parroquia de Limoncocha, utilizando el método de cuarteo. La segunda fase fue la de laboratorio, en la cual se aplicaron dos metodologías: pérdida por ignición (LOI) para cuantificar la concentración de carbono de las muestras, y el método Kjeldahl para la determinación de nitrógeno total (NTK). La finalidad de la cuantificación de estos elementos es obtener las relaciones C/N de los residuos mezclas y mediante este parámetro establecer la viabilidad del uso de estos residuos en procesos de compostaje.

Los datos de laboratorio fueron procesados a través de fórmulas específicas para cada uno de los elementos, y se obtuvieron resultados con una media de 44,77% en Carbono y 0,42% de Nitrógeno. Tomando en cuenta que el parámetro que define viabilidad en los procesos de compostaje es la relación Carbono/Nitrógeno, se obtuvo valores con una media de 158,53. Este valor fue comparado con el rango óptimo establecido en la bibliografía (25-35), dando como resultado que los RSU de la parroquia de Limoncocha por si solos, no son viables de compostar; pero no descarta en su totalidad un proceso de compostaje, por lo cual se requiere profundizar el estudio para la obtención de mezclas óptimas para compostaje.

Palabras Clave: Tratamiento de residuos sólidos, Compostificación, Carbono, Nitrógeno.

Abstract

The problem of Solid Waste (MSW) is a major challenge for our society, so it should suggest new treatment alternatives depending on the needs of each community. In this research project, concentrations of carbon and nitrogen in municipal solid waste in the parish of Limoncocha, specifically the organic fraction of the waste was analyzed, obtaining the carbon / nitrogen were determined. With what possible use of organic waste in composting processes it will be proposed if they present an optimum C/N (25-35). The research was conducted in the period between the months of September 2015 and May 2016, consisting of two phases. The first was the field or sampling phase, in which the organic solid waste samples were collected once a month, in the parish of Limoncocha, using the quartering method. The second stage was the laboratory, in which two methodologies were employed: loss on ignition (LOI) to quantify the carbon concentration of the samples, and the Kjeldahl method for determination of total nitrogen (TKN). The purpose of quantification of these elements is to obtain C / N ratios of waste mixtures and using this parameter establish the feasibility of using these waste composting processes.

Laboratory data were processed through specific formulas for each of the elements and the results that were obtained present an average of 44.77% in Carbon and 0.42% of Nitrogen were obtained. Taking into account that the parameter that defines viability in composting processes is the carbon/nitrogen ratio, an average of 158,53 values were obtained. These value were compared with the optimum range established in the references (25-35), resulting in the RSU of the Parish Limoncocha are not viable for composting by themselves; but not entirely discard a composting process, which require further study to obtain optimum mixtures for composting

Key words: Solid Waste Treatment, Composting, Carbon, Nitrogen.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La generación de residuos sólidos urbanos (RSU) es considerada uno de los problemas más importantes en la sociedad actual, esto junto con el acelerado desarrollo de procesos y actividades han llevado a la producción de una gran cantidad de residuos (Gaggero & Ordoñez, 2007)

Tal es el caso de la parroquia rural de Limoncocha, actualmente no existe un adecuado manejo de RSU, junto con esto, se conoce muy poco de su caracterización y generación. Los residuos generados en esta parroquia son depositados en el botadero a cielo abierto de Shushufindi, el cual cumple la función de relleno sanitario del cantón (Marañón, 2015 & Younes, 2006).

Existen diferentes métodos para la reducción de los RSU, como es el caso del aprovechamiento energético el cual consiste en la obtención de energía a base de la incineración de los residuos, disminuyendo en gran cantidad el volumen de estos (Sztern & Pravia, 1999). Aunque esta podría ser la opción más lógica para el tratamiento de residuos, no es la más optada debido a la falta de tecnología e inversión hacia este proyecto, volviéndola casi inalcanzable para países en vías de desarrollo, como es el caso del nuestro (Barrera, 2006).

En zonas urbanizadas, la porción orgánica de los residuos representa un valor aproximado del 60%, mientras que en la Reserva Biológica de Limoncocha se encuentran entre el 80-90% de los mismos, siendo esta característica decisiva al momento de elegir un tratamiento óptimo para este residuo (Marañón, 2015)

Entre las mejores alternativas ambientales para el tratamiento de residuos urbanos se encuentran las que permiten una mayor recuperación o reciclaje de los diferentes recursos contenidos en ellos. Entre estas se encuentran procesos biológicos para la obtención de

un bien deseado como es el caso de abono para la agricultura, obtención de bioalcoholes para la industria de combustibles y compuestos derivados de lignocelulosa utilizados como fuentes de energía más limpias (Cuervo, Folch, & Quiroz, 2001).

La reutilización de residuos orgánicos como fuente de alimento animal o como abono, en el caso de su aplicación directa en el suelo, ha sido considerada la alternativa más usada a lo largo de la historia. Dentro de los tratamientos biológicos se encuentran el compostaje y la biodigestión. La principal diferencia de estos dos radica en sus productos, si bien ambos producen un material que puede ser utilizado como abono orgánico, la biodigestión tiende a producir también un gas con alto contenido de metano el cual puede ser utilizado como fuente energética (Greenpeace , 2005). La obtención de etanol mediante fermentación alcohólica, es también un proceso mediante el cual se puede generar un valorar de los desechos, consiste en un proceso de degradación de azúcares mediante microorganismos. Este es extraído mediante destilación fraccionada, el cual puede ser utilizado como combustible al remplazar a la gasolina o en mezclas de alcohol-nafta, sin la necesidad de modificar motores que utilizan estos combustibles, logrando una reducción de aditivos en el combustible como es el caso del plomo, elevando el octanaje mediante esta sustitución (Sztern & Pravia, 1999).

De acuerdo a Haug (1993) el compostaje consiste en:

La descomposición estabilización biológica de sustratos orgánicos, bajo condiciones que permiten el desarrollo de temperaturas termófilas como resultado del calor producido biológicamente, para producir un producto final estable, libre de patógenos y semillas, y que puede ser aplicado de forma beneficiosa al suelo.

En otras palabras, el compostaje es un tratamiento que permite aprovechar todo tipo de residuos orgánicos y material biodegradable (desechos de agricultura, jardín o cocina, papel y derivados, heces animales, etc.). Esto gracias a la facilidad de su realización, ya que no se necesita de una inversión considerable (Fuentes, 2013)

Sin embargo, el mayor conflicto que presenta el compostaje son las condiciones y control constante que necesitan los organismos vivos que intervienen: pH, humedad, temperatura,

nutrientes, etc.; pero posiblemente el parámetro más importante es la materia prima que estos utilizan (material orgánico). Siendo el carbono y nitrógeno los más importantes de los nutrientes presentes, el carbono usado como fuente de energía para los organismos y el nitrógeno como elemento básico para la síntesis de proteínas y aminoácidos (Sztern & Pravia, 1999).

La relación C/N son las unidades de carbono por unidades de nitrógeno presente en la materia. Según (Sztern & Pravia, 1999) *“Una relación C/N optima de entrada, es decir de material "crudo o fresco" a compostar es de 25 unidades de Carbono por una unidad de Nitrógeno, es decir $C(25)/N(1) = 25$ ”*.

Entonces el principal problema al momento de llevar a cabo un proyecto de compostaje es el control de este parámetro en la materia prima a utilizar, ya que si no se llega a un adecuado balance entre estos dos elementos se presentarán complicaciones, ya sea un mayor o menor tiempo de descomposición u obtener un abono de baja calidad que no podría llegar a ser comercializado siendo inutilizado este tipo de tratamiento (Acosta, 2005)

Por tales razones, el presente proyecto pretende conocer la relación entre Carbono y el Nitrógeno existe en los RSU de Limoncocha.

1.1. Antecedentes

Desde el origen de la especie humana se conoce que la existencia de esta especie ha estado ligada con el uso de los recursos naturales, siendo de fundamental importancia para la sobrevivencia de la especie; lamentablemente el uso de estos siempre generará alguna clase de residuo, provocando diferentes tipos de impactos ambientales. En un principio estos impactos eran casi nulos, ya que eran en su totalidad material orgánico resultante de sus actividades cotidianas (caza, pesca y recolección), además de presentarse en menor cantidad debido al reducido número de individuos (Lezcano, 2001)

Aunque la problemática de esta generación de residuos se hizo evidente al momento de aparecer las primeras ciudades, las cuales trajeron un incremento en el número de habitantes y con esto un incremento de los daños ambientales (Rios, 2009)

La humanidad ha recurrido a diferentes técnicas para el tratamiento de los residuos generados para lograr eliminarlos del hábitat en el que residen, logrando así una eliminación de la molestia física que producen estos producen. La principal técnica para el tratamiento de residuos es la disposición de estos en un relleno sanitario, el cual consiste en la designación de un área específica para la disposición de RSU. Si bien esta manera de tratamiento ha sido utilizada casi en la totalidad de ciudades, no significa que sea la mejor opción ya que no elimina el residuo en sí, sino solo lo traslada de lugar generando otro tipo de impacto ambiental (Lezcano, 2001)

En cuanto a las principales alternativas a los rellenos sanitarios tenemos: segregación en la fuente, reciclaje, incineración, compostaje y centros recolectores, sin embargo estas proponen la aplicación de políticas e instrumentos económicos para un desarrollo sostenible (Moreno, Garcia, Pascual, & Bernal, 2014).

Los problemas para la eliminación de RSU se vieron agravados por el constante crecimiento de las diferentes urbes, su población y una falta de sistemas de recogida o lugares adecuados para su desecho. Esta situación empezó a notarse a mediados del milenio pasado, en donde la falta de cultura, pobreza y nula protección social eran las principales causas de que restos de alimentos, excremento y todo tipo de residuos sean arrojados en calles y caminos, los cuales carecían de una capa de recubrimiento, causando una proliferación de ratas, es así que la edad media se caracterizó por la presencia de la peste bubónica la cual era transmitida principalmente por los roedores provenientes de los residuos (Altamirano & Cabrera, 2006)

Los primeros pasos de una conciencia ambiental surgieron junto con la Revolución Industrial basándose en los daños en la salud humana, intentado conocer las causas de las diferentes enfermedades presentes, llegando a la conclusión de que estas provenían de la mala disposición de los desechos. En esa época, la gestión de residuos se limitaba a la retirada de RSO de las calles de las ciudades y al transporte fuera de ellas, eliminando así los riesgos sanitarios que estos podían presentar. (Aborgase-Edifesa, 2001)

La explosión demográfica del siglo XX dio un incremento a la problemática producida por los residuos a causa de la industrialización masiva de las sociedades desarrolladas, ya que ha generado una complicación en la eliminación de estos por excesivo crecimiento y forzando a investigar nuevas maneras para su eliminación. (Colomer & Izquierdo, 2007)

Junto con el aumento de la generación de residuos vino la aparición de materiales sintéticos, los cuales no se pueden degradar de manera natural o que presentan largos periodos de biodegradación como es el caso de los plásticos. Esto junto con el auge de la cultura consumista y la mentalidad de “usar y tirar”, trajo graves problemas de contaminación de suelos y la urgente necesidad de realizar una correcta gestión de los RSU (Rios, 2009)

En América Latina y el Caribe la historia es similar, ya que en los últimos 30 años la producción per cápita de basura generada se duplicó, alcanzando un promedio de un kilo diario incluyendo materiales no degradables y tóxicos. La generación de residuos sólidos domésticos de esta región varía en un promedio de 0.3 a 0.8 kg/día, mientras que los RSU presenta un incremento del 20 a 50%, definiendo un promedio regional de 0.92 kg/hab/día (Acosta, 2005)

Tabla 1 Generación de Residuos Municipales Per Cápita en Ciudades con 500.000 a 2 Millones de Habitantes.

Ciudad	Población (miles)	Producción RSU (t/día)	PPC (Kg/hab/día)
<i>Brasilia, Brasil (1996)</i>	1800	1600	0.89
<i>Rosario, Argentina (1996)</i>	15600	18700	1.20
<i>Cali, Colombia (1996)</i>	1100	700	0.64
<i>Quito, Ecuador (1996)</i>	1300	900	0.70

Fuente: (Acosta, 2005).

Si bien el compostaje ha sido utilizado en la actualidad en mayor cantidad, esto no significa que sea una práctica nueva para el tratamiento de residuos orgánicos. El uso de esta técnica se remonta al inicio de la agricultura, en donde los residuos eran aplicados directamente en el suelo, para un mayor aprovechamiento de los nutrientes y los que no

eran apilados para su conservación respondían al nombre de “estercoleros”. En donde se conocía como almacenarlos, tratarlos y aplicarlos para así generar una correcta conservación de los nutrientes, esto junto a la escasa cantidad de residuos generados evitaba la aparición de problemas de contaminación (Soliva, Lopez, & Huerta, 2008).

El compostaje como tal no apareció hasta el siglo XX en el que Albert Howard lo sistematizó conociéndolo como sistema Indore, el cual fue principalmente utilizado en Estados Unidos como una manera de tratar los residuos humanos en poblaciones carentes de sistemas de alcantarillado. (Soliva, Lopez, & Huerta, 2008).

En Ecuador el caso es diferente, ya que la aplicación del compostaje como tratamiento de RSU ha sido muy escaso y reciente, comparándolo con procesos de reciclaje de desechos inorgánicos, estos últimos tienen una antigüedad aproximada de 20 años. Existen cinco tipos de proyectos de compostaje en nuestro país, basados en los organismos que se han encargado de financiarlos y realizarlos, estos son: municipales ocupando el 12.5% de los proyectos totales, comunitarios 18.75 %, privados 18.75 %, universitarios 18.75 % y mixtos con el 31.25%. En los proyectos comunitarios y mixtos que representan el 50% del total, la población tiene una participación como ejecutora del proyecto mientras que en los privados, universitarios y municipales, la población es la beneficiaria del proyecto (Lugo, 1998)

Los proyectos de compostaje (P.C.) que existen en el país, han surgido de la elaboración de programas de agricultura orgánica usados en el mejoramiento de suelos para posteriormente pasar a ser alternativa de aprovechamiento de residuos orgánicos. En el año 1998 existió un número considerable de proyectos de compostaje distribuidos en las tres regiones continentales del país, entre los cuales se encuentra los siguientes: P.C. en la ciudad de Puyo provincia de Pastaza, a cargo de la Fundación Saar Entiza; P.C. del Municipio de la ciudad de Tena, provincia de Napo; P.C. "Patios de Reciclaje" a cargo de la Fundación Pro-Pueblo en la población de Puerto Rico en la provincia de Manabí; P.C. de la Universidad Tecnológica Equinoccial perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica y ubicado en el cantón Puerto Quito, provincia de Pichincha; P.C. de investigación técnica sobre los desechos de mercado realizado por el Municipio y la Universidad Técnica de Ambato en la Provincia de Tungurahua; P.C. Salesiano de granjas integrales para los chicos de la calle localizado en Ambato, provincia de Tungurahua;

planta industrial de Compostaje de la ciudad de Guaranda, ubicada en la comunidad de Joyocoto, provincia de Bolívar; P.C. de investigación técnica utilizando los desechos del mercado Amazonas realizado por la Universidad Técnica del Norte en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura; P.C. para el tratamiento de desechos orgánicos de mercados y camal, manejado por la Asociación de Tricicleros Nuevo Camino - Swissaid y Municipio de Riobamba, provincia de Chimborazo; P.C. de Experimentación realizado por el Centro Andino de Tecnología Rural CATER, Universidad Nacional de Loja, provincia de Loja; y, Empresa COMPOSTEC. Quito, provincia de Pichincha (Lugo, 1998).

De los proyectos realizados, el 75% de estos lograron concretar los objetivos propuestos en su totalidad, mientras que el 25% restante consiguió concretarlos parcialmente. El principal objetivo que no se pudo concretar fue el de que el compostaje realizado sea económicamente viable. De todos los proyectos de compostaje cabe recalcar que el 50% de estos se halla en funcionamiento, el 25% ha tenido un funcionamiento irregular y el 25% restante han terminado por completo su ejecución (Lugo, 1998).

Cualquier proceso de compostaje debe mantener un control máximo sobre los factores que permitan manejar adecuadamente el proceso, comenzando con la obtención de materia prima óptima para el compostaje (Barrera, 2006). Sin embargo, en los proyectos citados anteriormente, existió un escaso control en los aspectos de la fabricación del compost, los problemas que se presentaron fueron: un control de la temperatura en solo el 63.63% de los proyectos, 4 de los 11 proyectos no presentaban un control de la humedad, solo la mitad de los proyectos realizaron estudios fisicoquímicos del producto final y finalmente solo 6 de los 11 proyectos realizaron un control sobre la relación carbono nitrógeno. Siendo este posiblemente el factor de control más importante, 5 de estos presentaron un control empírico mediante mezclas de materiales carbonados y nitrógenos, y solo el proyecto de la Universidad Técnica del Norte contó con el dato exacto de esta relación (Lugo, 1998).

Lo que demuestra que en el Ecuador actualmente el compostaje no es considerado un tratamiento de residuos tradicional, esto debido a que se encuentran fuera del manejo de la parte municipal de las ciudades, siendo más bien proyectos independientes realizados a pequeña escala. (Acosta, 2005).

Varios factores han influido para que el compostaje no sea un tratamiento ampliamente desarrollado en el país. En primer lugar, la presencia de las generalizadas condiciones existentes en cuanto a la gestión para el manejo de residuos, existe un bajo nivel tecnológico para la realización de los proyectos, siendo mayoritariamente de tipo artesanal. En cuanto a lo económico, no existe un mercado para una correcta comercialización del abono generado, las investigaciones realizadas en el país son recientes y no han sido difundidas lo suficiente como para generar proyectos en otros lugares. A su vez, la falta de un marco legal nacional e institucional para el manejo de residuos sólidos que pueda asegurar la participación de todos los actores en el proceso, ha debilitado los intentos para concretarlos. Además los proyectos que cuentan con el apoyo municipal han presentado inconvenientes con la misma organización interna de los municipios, burocracia y en ciertos casos intereses políticos. Además, no existe una activa participación por parte de la comunidad, la cual se limita a pagar por un servicio municipal de aseo, en el cual consta la recolección y eliminación de residuos mediante rellenos sanitarios y no por una correcta disposición y tratamiento de los mismos. Finalmente, los proyectos de compostaje presentan problemas de tipo técnico, económico, social y ambiental lo que impide que logren cumplir con sus objetivos planteados (Lugo, 1998).

A pesar de su importancia, la participación de las universidades en los proyectos de compostaje es baja, siendo solo el 35% del total de proyectos. Estos proyectos trabajan con actividades que permiten un aprendizaje práctico de técnicas de producción agrícola o de tratamiento de residuos. Entre los proyectos universitarios en el país se destacan: El proyecto de la Universidad de Loja que trabaja con la comunidad para mejorar las condiciones de producción agrícola y el proyecto de la Universidad Técnica del Norte el cual destaca por ser un plan piloto de manejo de residuos sólidos con la participación directa del municipio de Ibarra (Lugo, 1998).

La Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK, a partir del año 2012, ha llevado a cabo investigaciones científicas basadas en los RSU tanto en el Distrito Metropolitano de Quito como en la Reserva Biológica de Limoncocha. Es así que las metodologías aplicadas han sido aprobadas y validadas en estos años. La presente investigación ha enfocado su objetivo de estudio en la determinación de la relación carbono-nitrógeno en los RSU de la Reserva Biológica Limoncocha utilizando dichas metodologías.

1.2.Importancia del Estudio

Debido a que la cabecera parroquial de Limoncocha está localizada en el área de amortiguamiento de la Reserva Biológica Limoncocha, representa una fragilidad alta ante impactos ambientales para este importante ecosistema.

La importancia del presente trabajo radica en que el sistema actual de gestión de RSU en la Reserva Biológica de Limoncocha, no posee un tratamiento en sí, manteniendo la generación de contaminación ambiental. Esto debido a la presencia de un sistema de recolección y disposición final en un relleno sanitario, sin diferenciación que permita recuperar las fracciones potencialmente valorizables que podrían ser fuente de energía, materia prima y una reducción del espacio destinado en el vertedero, aprovechando de mejor manera los recursos y junto con esto, se reduciría la contaminación ambiental generada y disminuirían, de igual manera, los impactos hacia la salud del ser humano.

Por lo mencionado, y mediante la presente investigación, se aportarán datos de relevancia que permitan el conocimiento del estado actual de los RSU de Limoncocha, así como la relación de carbono-nitrógeno de la parte orgánica de los mismos, contribuyendo con datos para futuros estudios sobre el uso de residuos para un tratamiento mediante compostaje y con 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 obtenida, se pretende mejorar la calidad de vida de los pobladores y del estado ambiental de la RBL, generando un desarrollo económico por la comercialización del producto del compostaje, y mediante el ahorro generado de los residuos no destinados al relleno sanitario de Shushufindi.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar las relaciones de carbono y nitrógeno de los residuos sólidos orgánicos de la Reserva Biológica de Limoncocha, utilizando métodos analíticos, para determinar la factibilidad de su uso en el compostaje.

1.3.2. Objetivo Específico

- Determinar la concentración de Carbono orgánico en los RSU utilizando el método de Perdida por Ignición (LOI).
- Determinar la concentración de Nitrógeno total en los RSU utilizando el método Kjeldahl (NTK).
- Evaluar las relaciones obtenidas con las relaciones óptimas descritas en fuentes bibliográficas, para conocer el potencial uso de residuos sólidos orgánicos en procesos de compostaje.

1.4. Características del Sitio del proyecto

La Parroquia Limoncocha se encuentra ubicada en el cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos y registra una superficie total de 59.583,32 ha., limitando al norte se encuentran las parroquias de Shushufindi y San Roque, al sur: la provincia de Orellana, al este: la parroquia Pañacocha y la provincia de Orellana y al oeste: la provincia de Orellana. (Marañón, 2015).

Tabla 2 Datos Generales de Limoncocha

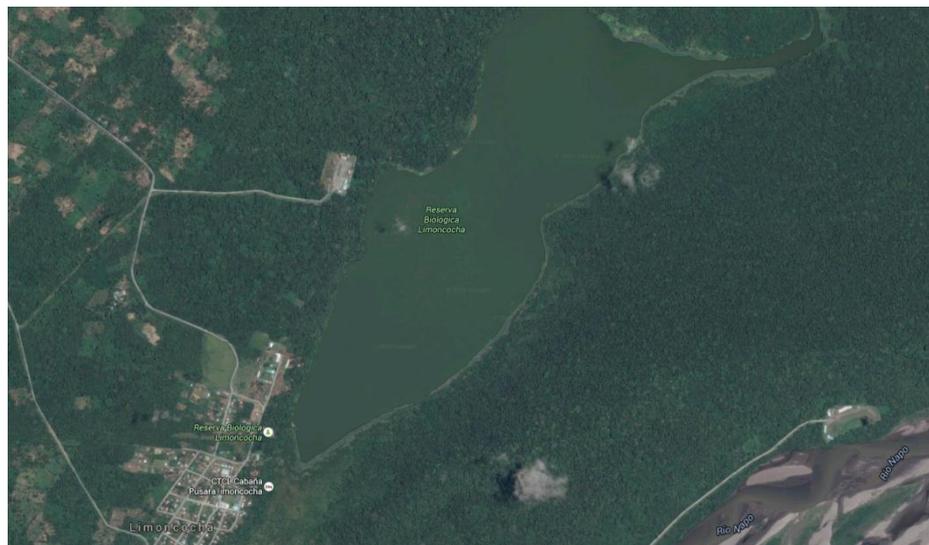
Parroquia	Limoncocha
Cantón	Shushufindi
Población al año 2001	3.819 hab
Población al año 2010	6.817 hab

Superficie cabecera	30,36 has
Superficie total de la Parroquia	59.583,32 has
Densidad poblacional 2011	15.5 hab/ha
Tasa de crecimiento parroquial anual	3.18

Fuente: (Marañón, 2015)

La Reserva Biológica Limoncocha (RBL) se encuentra ubicada en la provincia de Sucumbíos, en la Parroquia Limoncocha al noreste de la Región Amazónica del Ecuador. La RBL fue declarada como tal el 23 de septiembre de 1985 por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, mediante el Acuerdo Ministerial N° 394 y es considerado un sitio RAMSAR desde el 21 de abril de 1998. Los límites y a superficie de la RBL, se modificaron en el Acuerdo Ministerial N° 359 del 29 de agosto de 1986, quedando en la superficie actual de 4.613,24 ha (Armas & Lasso, 2011).

Gráfico 1 Reserva Biológica Limoncocha



Fuente: Google Earth 2016

La RBL está básicamente compuesta por la laguna de Limoncocha, zonas adyacentes y la laguna negra también llamada Yanococha. La laguna de Limoncocha se encuentra

aproximadamente a 500 metros de la población, la cual está constituida en su totalidad por indígenas Kichwas, la zona de influencia de esta reserva está constituido por 10 kilómetros alrededor de la esta. (Neira, Suza, & Robles, 2013)

La laguna de Limoncocha recibe su nombre de la palabra limón debido a la abundancia de la fruta a los alrededores de la laguna y del color característico de esta, y de la palabra Kichwa cocha que significa charco de agua sin salida. Los primeros asentamientos datan de la década de los 50s, cuando cazadores y pescadores Kichwas empezaron con el asentamiento a orillas del río Napo, no sería hasta finales de esta década que el Instituto Lingüístico de Verano llegaría generando un incremento de la población indígena a las orillas de la laguna (Albuja, 2004)

La formación ecológica predominante en la RBL es el bosque húmedo tropical, presentando ocho formaciones vegetales: bosque maduro, bosque siempre verde de tierras bajas inundado por aguas blancas (vegetación de ríos pequeños), bosque siempre verde de tierras bajas inundado por aguas negras (vegetación de ríos pequeños), bosque secundario, cultivos y pastizales, herbazal lacustre, pantano de moretal, vegetación de islas (Younes, 2006).

En cuanto a fauna, en la RBL se han registrado 144 especies de aves, 74 especies de mamíferos, 53 especies de anfibios, 39 especies de reptiles y 93 especies de peces. Según los registros del 2006, cuatro especies de mamíferos, y una especie de aves constan como especies en peligro de extinción, mientras que el caimán negro es considerado como la especie emblemática de la RBL (Younes, 2006).

Gráfico 2 Logo de la Reserva Biológica Limoncocha



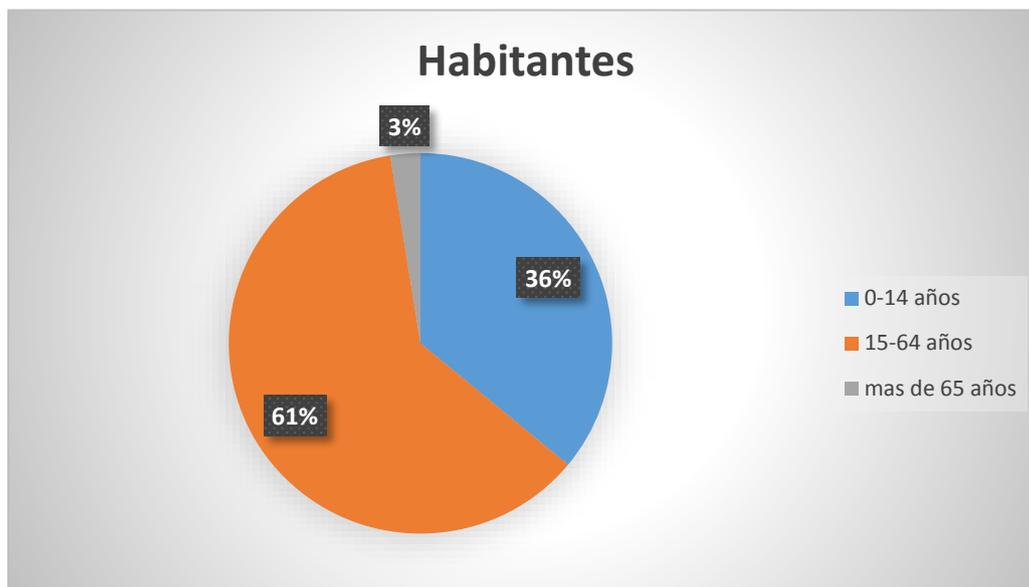
Fuente: (Armas & Lasso, 2011).

La RBL también posee una importancia arqueológica, esto debido a que la cultura Napo habitó esta zona entre los años 1188 y 1480, se han encontrado evidencias como vasijas y estatuillas con figuras humanas hechas en cerámica que fueron confeccionadas por esta

cultura. Gracias a esto se pudo conocer algunos aspectos sobre las costumbres de los habitantes de esa época, como el uso de pintura facial, perforación en los lóbulos de las orejas para el uso de objetos decorativos, cabello recogidos mediante trenzas y uso de adornos colgantes en el pecho y brazos. En cuanto a sus costumbres funerarias practicaban el enterramiento secundario, es decir, exhumaban los cadáveres depositando los huesos de los fallecidos en ánforas de cerámica con decoraciones de la fauna local (Zurita, 2010).

Según el censo del 2010, la población de la parroquia Limoncocha consta de 6.817 habitantes de los cuales 4.086 son hombres y 2.731 son mujeres. La repartición de la de la población se encuentra en tres grupos de edades: 0-14; 15-64; y más de 65.

Gráfico 3 Habitantes de la parroquia Limoncocha según edades



Fuente: (INEC, 2011).

La población económicamente activa ocupa el 40,32% de la población total de los cuales 956 personas se dedican únicamente a la agricultura (Neira, Suza, & Robles, 2013).

La estructura de las viviendas difiere considerablemente de las tradicionales de la cultura Kichwa de la amazonia, existiendo una tendencia a imitar la arquitectura occidental, en general, la estructura urbanística de Limoncocha se asemeja al de una ciudad pequeña, con la presencia de manzanas, calles, canchas de recreación, casas comunales, etc. En cuanto al idioma hablado, las personas de la comunidad son bilingües hablando Kichwa

y español, siendo este último para facilitar las relaciones interculturales, mientras que el Kichwa se ha ido perdiendo en las nuevas generaciones que únicamente lo aprenden como pensum de estudio (Urresta, 2003).

En cuanto al clima de la Reserva Biológica de Limoncocha, presenta un rango de temperatura que va desde los 25 a 25.5°C, se presentan precipitaciones mínimas de 2.850 a máximas de 2.900 mm. (CONJUPAS, 2011).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Estudios Previos

Si bien existen campañas de reciclaje o aprovechamiento de residuos en el país, estos se limitan a ciudades grandes como es el caso de Quito, siendo dirigidos a una clasificación en la fuente, llevados a cabo por la administración del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (Empresa Metropolitana de Aseo. (EMASEO)., 2014). Mientras que los estudios sobre la utilización de los residuos sólidos urbanos con el fin de un aprovechamiento en procesos de compostaje no han sido llevados de la misma manera que otros, entre los años 2003 y 2004 se realizaron trabajos de compostaje utilizando los residuos orgánicos producidos en el Mercado Central de Quito, siendo este proyecto abandonado sin ninguna razón (Arteaga, 2014).

En la actualidad existen varios estudios universitarios realizados en el país, destinados a la producción de compostaje a partir de residuos. Entre los proyectos se encuentran: *“Aislamiento, identificación y caracterización de microorganismos con capacidad enzimática en procesos de compostaje en fase termófila”* por (Hidalgo, 2006), el cual se centra en producir bioinoculantes para el aprovechamiento de residuos orgánicos urbanos florícolas mediante procesos de compostaje; *“Diseño Económico de una Compostera para Desechos de Flores”* desarrollado por (Alcocer & Guascoto, 2011), el que trata de una implementación de una empresa productora de compostaje utilizando residuos florícolas. Finalmente, el trabajo realizado por (Gordillo & Chávez, 2012): *“Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros”*, el cual tiene como objetivo el aprovechamiento de residuos azucareros para la elaboración y estandarización de un proceso de compostaje, junto con la evaluación de la calidad del producto final.

Otras investigaciones a tomar en cuenta son la de Sánchez (2006), “*Mejoramiento de la Relación Carbono/Nitrógeno de los Residuos de Post-Cosecha de una florícola*”, y la de Caicedo (2008), “*Biodegradación de las Hojas de la especie Eucalyptus globulus en el Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito mediante un proceso compostaje y su posible utilización en el mejoramiento de las características del suelo de la zona*”, que si bien no toman en cuenta la utilización de RSU de la parroquia de Limoncocha en compostaje, establecen características y variables que se deben considerar durante este tratamiento.

La Universidad Internacional SEK posee una gran base de datos acerca de los residuos sólidos urbanos, la mayoría de estos datos proviene de las investigaciones realizadas en el proyecto “*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*” llevado a cabo por Coral & Oviedo. (Castillo, 2012, citado en Casco, 2015).

Y en el 2015, Casco E, llevó a cabo como tesis de pregrado la “*Determinación de carbono y nitrógeno de los residuos orgánicos del Distrito Metropolitano de Quito*” bajo la dirección de la ingeniera Katty Coral, este estudio servirá de base para el presente trabajo, basándose en la misma metodología y aplicándola en la parroquia de Limoncocha.

Finalmente, todos los estudios citados anteriormente, se consolidaron como una base de datos para el desarrollo la presente investigación.

2.2.Marco Legal

El presente marco legal aplicable para Residuos Sólidos Urbanos de la Parroquia de Limoncocha, comprende un conjunto de normas que consideran de manera general o específica la gestión ambiental de estos y el desarrollo de tecnologías más amigables con el ambiente, minimizando así los impactos negativos. Considerando que son varios cuerpos legales en los que se basa esta temática, se los clasificó en normativa internacional y nacional.

2.2.1. Normativa Internacional

En el ámbito internacional, Ecuador es un país signatario en diferentes Convenios, implicando así que las mociones decretadas en cada uno de estos documentos legales podrían considerarse de carácter obligatorio, por lo cual, al ser estas consideradas normas blandas, las hacen de cumplimiento opcional. Junto a esto, el país ha participado en conversatorios internacionales, los cuales tratan principalmente del cuidado del ambiente y los problemas ambientales a los que nos enfrentamos actualmente. Orellana (2012) menciona los siguientes como los más principales:

- Conferencia Climatológica Mundial en Ginebra (1990).
- Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (1992).
- Reunión de Seguimiento Realizada en Berlín (1995).
- Conferencia de los Partidos (COP) sobre la Convención del Cambio Climático en Kioto (1997).
- Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe (1997)

La “Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente y Desarrollo” que se realizó en Rio de Janeiro en el año 1992, promulgó la Agenda 21, la cual es un programa de acción, que constituye un resumen de diferentes temáticas ambientales de interés público, junto con actividades específicas a llevar a cabo; entre estas se puede encontrar la contaminación atmosférica, gestión de recursos tanto renovables como no renovables y ecosistemas, gestión de agricultura y gestión de residuos sólidos. En el Capítulo 21 del documento mencionado, se habla de cuatro programas que el Ecuador como país firmante, se compromete a cumplir. Estos 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. Hasta el año 2012 no se evidenció un cumplimiento estricto a la Agenda 21. (Agenda 21, 1992, citada en Orellana 2012).

En el “Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe” de 1997, la agenda estableció, que cada país determinará sus propios programas para lograr el marco de acción antes mencionado, de acuerdo a sus condiciones locales y capacidades económicas. Debido a esto, en el año 2000 los países en vías de desarrollo se vieron obligados a establecer criterios que se adapten a la realidad de estos, prometiendo así para el 2005, un correcto tratamiento al 50% de sus residuos municipales, esto mediante una correcta disposición final y una constante vigilancia ambiental (Orellana, 2012).

2.2.2. Normativa Nacional

2.2.2.1. Constitución de la República

La Constitución del Ecuador del 2008 es el marco legal más importante en el país ya que no existe nada superior a esta, en términos generales se le da una gran importancia al cuidado ambiental. Debido a esto, existen varios artículos en los que se topa el cuidado y la protección del ambiente, el derecho a vivir en un ambiente sano, la prevención de la contaminación, y los incentivos para el desarrollo y uso de tecnologías ambientalmente limpias o amigables.

Los Artículos 264 y 415, tratan sobre el cumplimiento con las competencias exclusivas estipuladas en la Constitución, la gestión de los residuos sólidos, el desarrollo de programas de reducción, reciclaje y tratamiento adecuado para estos desechos (Constitución, 2008).

Los artículos existentes en la Constitución, si bien presentan un criterio muy general a las temáticas ambientales y manejo de residuos, este documento al ser de carácter indiscutible ante otros marcos legales presentes en la constitución será la base de la presente investigación.

2.2.2.2. Ley de Gestión Ambiental

La ley de Gestión Ambiental establece en el Artículo 2, que la gestión en la parte ambiental está sujeta a los principios de solidaridad, responsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas sustentables ambientalmente y a las culturas y prácticas tradicionales.

Junto a esto, se menciona que al Ministerio del Ambiente le corresponde, principalmente en coordinar sistemas de control con los organismos competentes para la verificación del cumplimiento de normas de calidad referentes a los desechos (Art. 9).

2.2.2.3. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) (2010)

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización establece, las competencias de las diferentes entidades en la parte ambiental, siendo en la mayoría de casos Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) competentes y acreditados ante el Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA). La autoridad competente actuará como ente regulador, de no encontrarse acreditada ante el SUMA, el Ministerio del Ambiente será el encargado de este papel, (Sevilla, 2015).

En el Art. 55 del presente documento se establece en los gobiernos municipales la competencia exclusiva el servicio de manejo de desechos sólidos. Además, de instruir de forma imperativa que los GADs municipales establezcan progresivamente un sistema de gestión integral de desechos, con la finalidad de eliminar vertidos contaminantes en cuerpos hídricos como ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar, aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado y la eliminación del vertido en redes de alcantarillado. (Art. 136).

2.2.2.4. Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)

En el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente los siguientes títulos del Libro IV (Calidad Ambiental) son pertinentes en la gestión de RSU:

- Título II “Políticas Nacionales de Residuos Sólidos”.
- Título III: “Comité de Coordinación y Cooperación Interinstitucional para la Gestión de Residuos”.
- Título IV: “Reglamento de la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la contaminación ambiental”.
- Título V: “Reglamento para la prevención y control de la contaminación por desechos peligrosos”.
- Libro VI-Anexo 6: Sustituido por el Acuerdo Ministerial 061.

2.2.2.5. Acuerdo Ministerial 061 (2015).

Mediante el presente acuerdo, en año 2015 se sustituye y modifican partes del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. El principal aspecto que se considera en el A.M 061 es un mayor enfoque al aprovechamiento y valorización de residuos, mediante la aplicación de herramientas como la jerarquización, prevención, minimización de la generación en la fuente, clasificación, aprovechamiento y/o valorización (incluye el reusó y reciclaje), tratamiento y disposición final, generando así una gestión de residuos más óptima. Junto con esto, establece como política de gestión de residuos un fortalecimiento a la educación ambiental, la participación ciudadana y una mayor conciencia en relación con el manejo de residuos y/o desechos.

2.2.2.6. Ordenanza que regula el manejo y disposición de desechos sólidos en el Cantón de Shushufindi

Determina las políticas, principios, normativas y procedimientos de todo el sistema de RSU y fija los derechos, deberes y responsabilidades que son de obligatorio cumplimiento para las ciudadanas y ciudadanos residentes en el Cantón y de las instituciones, organizaciones y empresas de todo tipo, tanto públicas como privadas.

2.3.Marco Conceptual

2.3.1. Carbono

El carbono se encuentra presente tanto como carbono elemental como en carbono orgánico. Como sus nombres explican, las fuentes en las que se encuentran, el carbono elemental está almacenado en la atmósfera, océanos y minerales derivados (carbón mineral, grafito, diamante, etc.) mientras que el carbono orgánico se lo puede encontrar en plantas y animales, los cuales lo obtienen en transformaciones metabólicas del carbono elemental. (Boehm, 1994).

Manahan (2007) dice, “*el carbono es un elemento esencial para la vida, y constituye un porcentaje alto del peso seco de los microorganismos*” (p.116). Esto debido a que la mayoría de los microorganismos, involucran cambio en el estado de oxidación del carbono en todos sus procesos metabólicos de producción o consumo de energía.

La mayor concentración de carbono en el planeta la contienen los suelos, siendo mayor que la suma de la cantidad existente en la vegetación y en la atmósfera, aquí el carbono se puede encontrar tanto en su forma elemental como en su forma inorgánica. (Espinoza, 2013).

En temas de compostaje el carbono es considerado como la energía que los microorganismos necesitan para realizar sus funciones metabólicas, debido a esto se da la importancia al carbono y a su relación con el nitrógeno. En otras palabras para demanda y almacenamiento de energía, las cantidades de carbono deben ser altas y mucho mayores que las de nitrógeno (Arteaga, 2014).

2.3.2. Nitrógeno

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales.

(Rodríguez, Sevillano, & Subraniam, 1985)

La mayor parte del nitrógeno del planeta se encuentra en las rocas ígneas de la corteza y manto terrestre, este no se encuentra de manera disponible al 100% tanto para plantas como microorganismos, sino en un 50% (Rodríguez, Sevillano, & Subraniam, 1985).

En el compostaje el nitrógeno o proteína es de igual manera importante, ya que se encarga de la degradación y transformación de la materia orgánica, además de intervenir en el crecimiento de los microorganismos que participan en este proceso (Arteaga, 2014).

2.3.3. Relación Carbono/Nitrógeno

Los constituyentes más básicos de la materia orgánica son el carbono y el nitrógeno, debido a esto la disponibilidad de estos elementos es sin duda el aspecto más importante en los procesos de compostaje, ya que la cantidad de los mismos definirá la velocidad de reacción del proceso (Sztern & Pravia, 1999).

Lo más deseable en una relación carbono nitrógeno (C/N), es que esta se encuentre en un rango de entre 25 a 35 en la materia orgánica a usar. Si el residuo supera el rango anterior significa que la materia orgánica es poco degradable, aumentando así el tiempo de reacción deseado, mientras que si el rango de la relación es menor existirá una reacción extremadamente veloz por una mayor presencia de microorganismos pero la degradación solo afectará una porción de la materia orgánica usada, de darse uno de estos casos el proceso de compostaje se verá inutilizado o simplemente no se obtendrá una cantidad deseada de producto volviendo el proceso no viable (Barrera, 2006).

Por lo tanto, para una relación óptima la parte de carbono debe ser mayor a la de nitrógeno, siendo de 25 a 35 unidades de carbono por cada unidad de nitrógeno presentes en la materia orgánica a usar en el proceso de compostaje (Arteaga, 2014).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Nivel de estudio

El presente estudio es de tipo exploratorio ya que dará datos de visión general y aproximada respecto a la relación C/N. Esta investigación se sustentó con la información obtenida a partir de revisiones bibliográficas, estudios relacionados y con datos recogidos en campo para poder determinar las concentraciones de Carbono y Nitrógeno de los residuos sólidos orgánicos de la parroquia de Limoncocha.

3.2. Cálculo del Tamaño de muestra

Para la determinación del tamaño de la muestra, se utilizó la formula estadística aplicada a poblaciones finitas, es decir menos de 99.999 individuos. Esto con el fin de determinar el número de meses necesarios para muestrear en la parroquia de Limoncocha.

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

Ecuación 1 Tamaño Muestral

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

En donde:

n = tamaño de muestra

N = tamaño de población

Z = nivel de confianza

p = probabilidad de que ocurra el suceso

q = probabilidad de que no ocurra el suceso

e = error muestral

Para este caso, se utilizó como población (N) los 12 meses del año, esto debido a que es el tiempo por el cual se tenía estimado el muestreo. Mientras que para el nivel de confianza se escogió un valor estandarizado del 95,0%, el cual representa y abarca gran parte de la población a muestrear. Para el error se dispuso en un 10%, es decir, $e = 0.1$ de igual manera, se utilizó valores estándares para la probabilidad de éxito y fracaso, $P = 0.5$ y $Q = 0.5$, siendo valores del 50% respectivamente.

$$n = \frac{24}{1 + \frac{0.1^2(24 - 1)}{1,96^2 * 0.5 * 0.5}}$$
$$n = 19,36 \text{ meses}$$

Esto quiere decir que es necesario tomar la muestra una vez durante 19 meses en un periodo de dos años.

Lo que significa desde octubre el 2015 hasta abril del 2017. Pero cabe mencionar que debido a la falta de recursos, tiempo y a complicaciones con los equipos, se decidió muestrear durante 9 meses para la presente investigación, y los meses restantes serán cubiertos por las siguientes investigaciones.

3.3.Modalidad de Investigación

La modalidad adoptada para la realización de esta investigación se basó en el estudio de la Ingeniera Estefanía Casco “DETERMINACIÓN DE CARBONO Y NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. AÑO 2014-2015” consistiendo en las siguientes fases:

- De Campo: se recolectó la muestra de residuos sólidos urbanos en la parroquia de Limoncocha una vez al mes, durante 9 meses (septiembre - mayo). La

metodología de muestreo se basó en el diseño del Dr.

Kunitoshi Sakurai y de las modificaciones realizadas en los estudios previos a esta investigación.

- Documental: El sustento teórico de la investigación se obtuvo a partir de medios impresos, audiovisuales, electrónicos y entrevistas en la zona.
- Proyecto de desarrollo: el estudio servirá como una guía para la elaboración de una propuesta viable en el aprovechamiento agrícola de los RSU, generación de abono orgánico y por consiguiente una reducción considerable de la contaminación ambiental.

3.3.1. Fase de campo

La fase de campo consistió en la recolección de una muestra significativa de residuos sólidos urbanos en la parroquia de Limoncocha. Los muestreos se realizaron una vez por mes entre la segunda y tercera semana del mes, alternando los días martes y viernes (días en los que se realiza la recolección de basura por parte del municipio), ya que la composición y características de los residuos varían dependiendo del día en los que fueron recolectados.

3.3.2. Fase de laboratorio

3.3.2.1. Conservación de muestras

Lo más importante que se considera en una investigación de campo es el tiempo transcurrido entre el muestreo y el procesamiento de las muestras. Además de la tendencia de los materiales orgánicos a degradarse una vez que son desechados de las viviendas. Largos periodos en contenedores o sitios de almacenamiento contribuyen al aumento de la generación de lixiviados, generando una pérdida de humedad propia del material, lo cual es un dato necesario para el cálculo de carbono y de volumen de aprovechamiento óptimo, es necesario que este no se vea alterado. (Moreno, Garcia, Pascual, & Bernal, 2014).

Junto con esto, en el caso concreto de RSO, si estos han permanecido un alto tiempo en un contenedor o bolsas cerradas, el pH tiende a disminuir aumentando así la degradación de los mismos. Por su naturaleza, la parte orgánica de los RSU presenta un pH inicial de 4.5 a 6 (Villacis, 2010). Este aumento en la acidez del pH se debe a procesos anaerobios

que ocurren en los contenedores y bolsas donde los residuos son almacenados (Moreno, Garcia, Pascual, & Bernal, 2014).

Debido a esto las muestras son tomadas en la parroquia de Limoncocha el mismo día en el que son recolectadas por el municipio para su disposición final, esto se puede realizar el día martes o viernes, entre las 8h00 a 10h00 de la mañana; encontrando así la muestra fresca para su recolección. Una vez realizado el método de cuarteo las fracciones de muestra son pesadas, separadas y almacenadas en fundas diferentes y colocadas en un cooler de 40 litros.

Como ya se mencionó anteriormente, es de suma importancia que el tiempo transcurrido entre el muestreo y los análisis de laboratorio sea el mínimo, debido a esto una vez almacenada la muestra es colocada en refrigeración en la Estación Científica de la Universidad hasta su inmediato transporte a la ciudad de Quito. Una vez en las instalaciones de la Universidad Internacional SEK la muestra es puesta en refrigeración para así disminuir el proceso de degradación que se puede presentar.

3.3.2.2. Determinación de carbono

La determinación de carbono se realizó a través del método de Pérdida por Ignición (LOI). Este método mide la cantidad de materia orgánica en las muestras que pueden ser combustionadas a 550°C. La muestra de RSO es sometida a dos fases secuenciales: para empezar, es introducida durante 24 horas en una estufa a 105°C para así eliminar toda la humedad contenida en la muestra; posteriormente, se combustiona en la mufla a una temperatura de 550°C durante 30 minutos, siendo la pérdida de peso durante la combustión equivalente a la masa de la materia orgánica en la muestra (Barrera, 2006).

Debido a la complejidad del método LOI, el contenido de carbono de las muestras se estima en base al contenido en materia orgánica de la muestra, considerando que para la mayoría de materiales el contenido de carbono se encuentra entre el 60% y el 80% de la fracción orgánica (Marañón, 2015).

Si bien es cierto que el procedimiento de LOI tiene una metodología específica, existen variaciones de condiciones en cuanto al tiempo y temperatura, esto depende del tipo de muestra que se vaya a analizar, por lo cual para el uso de RSO de la parroquia de

Limoncocha se hizo una adaptación al procedimiento del estudio de Estefanía Casco del 2015 en el Distrito Metropolitano de Quito, experiencia de laboratorio y datos bibliográficos.

Los pasos aplicados para la determinación de materia orgánica por perdida de ignición (LOI) en RSO son los siguientes:

1. Se marcaron dos crisoles de 50 mL con los nombres de cada muestra (C1 y C2). No se utilizaron etiquetas porque estas podían influir en el peso de la muestra.
2. Se pesaron los crisoles de 50mL en una balanza analítica y se anotó el valor obtenido utilizando 4 cifras significativas.
3. Se taró la balanza con el peso del crisol.
4. Las muestras fueron trituradas con la ayuda de trituradora mecánica y de una tijera, en trozos relativamente pequeños de hasta 1cm cada una, y se colocaron los pedazos de cada muestra en un vaso de precipitación, respectivamente.
5. Se trasladó una porción de las muestras a los crisoles, hasta que alcance un valor de 10g en cada uno.
6. Se ubicó los crisoles en la estufa y se regularon las condiciones bajo las cuales se iba a realizar el proceso de secado. Para el caso de esta investigación, las muestras introducidas en la estufa y fueron secadas a 105°C durante 24 horas.
7. Luego de que transcurrieron las 24 horas, se esperan 20 minutos hasta que la T° de la estufa descienda, y se pueda extraer las muestras.
8. Se extrajeron los crisoles con la ayuda de una pinza para evitar alteraciones en el peso y se procedió a pesarlos nuevamente. El valor obtenido fue anotado con cuatro cifras significativas.
9. Se colocaron los crisoles en una mufla a 550°C durante media hora.
10. Se esperó hasta que la temperatura de la mufla descienda a la temperatura ambiente y se extrajeron los crisoles con la ayuda de una pinza.
11. Finalmente, se pesaron los crisoles en una balanza analítica y el valor obtenido fue anotado con cuatro cifras significativas.

3.3.2.3. Cálculo de porcentaje de materia orgánica y Carbono (LOI)

El contenido de materia orgánica es expresada como %LOI (Barrera, 2006) y se determina a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 2 Determinación de %LOI

$$\%LOI = \frac{(A - B)}{(A - C)} * 100$$

Fuente: (Barrera, 2006).

Donde:

A = peso del crisol y de la muestra seca antes de la ignición (g),

B = peso del crisol y de la muestra seca después de la ignición (g), y

C = peso del crisol (g).

Tomando en cuenta que el objetivo de la presente investigación es la cuantificación de carbono se parte de la ecuación 1, y se la combina con una constante se obtiene el porcentaje de carbono presente.

Ecuación 3 Determinación de porcentaje de carbono.

$$\%C = (\%LOI) * 0.58$$

Fuente: (Barrera, 2006).

3.3.2.4. Determinación de nitrógeno

El porcentaje de nitrógeno se determinó mediante el método Kjeldahl, el cual es un análisis de tres partes (digestión, destilación y valoración) para la determinación de nitrógeno y proteínas en muestras orgánicas. En esta técnica se digieren todas las proteínas y compuestos orgánicos de la muestra, en una mezcla de ácidos fuertes en este caso ácido sulfúrico y catalizadores. El nitrógeno orgánico contenido es convertido en

sulfato de amonio al momento de la digestión, la sustancia obtenida es neutralizada con una base fuerte, destilada y recogida en una solución de ácido bórico. Finalmente los iones de borato formados en la destilación son neutralizados con ácido clorhídrico, obteniendo así el porcentaje de nitrógeno total Kjeldahl (Bradstreet, 1954).

El nitrógeno total Kjeldahl se determinó mediante un procedimiento adaptado al propuesto por Estefanía Caso (2015) en su investigación. Este método consta de tres etapas:

- a) Digestión de la muestra. - Esta se llevó a cabo siempre bajo una campana de gases, debido a que el ácido sulfúrico concentrado genera gases tóxicos al igual que el proceso de digestión en sí.
- Se trituró la parte orgánica de la muestra obtenida mensualmente hasta conseguir trozos relativamente pequeños de un tamaño aproximado de 1cm, y se colocaron los pedazos de cada muestra en un vaso de precipitación.
 - Se colocó en una balanza analítica un papel filtro cuantitativo sobre un vidrio reloj y se taró. Sobre el filtro se colocaron las muestras hasta alcanzar un valor de 10g (muestra húmeda). Se envolvió la muestra en el papel filtro y se la introdujo en un tubo Kjeldahl, etiquetando previamente cada uno de los dos tubos con el número que corresponde la muestra pesada.
 - Los 10g deben presentar la misma caracterización que la muestra traída de la parroquia de Limoncocha.
 - Se añadió un gramo de mezcla catalítica ($K_2SO_4 + CuSO_4 \cdot 5H_2O$) a cada tubo de digestión. A continuación, se añadió poco a poco 25 mL de ácido sulfúrico concentrado (96%), moviendo el tubo y asegurando que la muestra sea disuelta en el ácido en su totalidad.
 - Hacer una prueba en blanco introduciendo en el tubo el papel de filtro y el catalizador.
 - Se colocaron los tubos Kjeldahl en el digestor InKjel M a un 80% de energía, dejando que la muestra se digiera durante 4 horas.

- Se dejaron enfriar los tubos por aproximadamente una hora.
- b) Destilación. - Se configuró el equipo en dos programas diferentes, “01” para la destilación de la muestra y “00” una correcta limpieza del equipo. El indicativo de que la muestra destilada posee concentraciones perceptibles de nitrógeno es el cambio de coloración de a mezcla contenida en el Erlenmeyer (ácido bórico con indicador Kjeldahl), tornándose de violeta fuerte a verde oscuro.
- A cada uno de los tubos se agregaron lentamente 25 mL de agua destilada, y luego se colocó el tubo en el soporte del aparato de destilación.
 - Se agregaron 70 mL de Hidróxido de Sodio al 40 % en una probeta y se conectó al equipo de destilación, esto para alcalinizar fuertemente el medio y así desplazar el amoníaco del sulfato de amonio.
 - En un matraz de 250mL se agregaron 50mL de ácido bórico + 10 gotas del indicador Kjeldahl (rojo de metilo + azul de metileno + alcohol etílico).
 - Se corrió el programa “01” y recogió la disolución hasta que esta alcanzo un volumen de 150mL en aproximadamente 5 minutos de destilación.
 - Se corrió el programa “00” y se limpió el equipo llenando $\frac{3}{4}$ de un tubo de agua destilada para realizar una destilación para así evitar cualquier tipo de contaminación cruzada entre las muestras.
- c) Valoración. -
- Se colocó el Erlenmeyer con el producto recogido de la destilación sobre un agitador mecánico. Junto al agitador se colocó un soporte universal con una pinza mariposa (pinza doble para bureta) que sujetaba una bureta de 25 mL.
 - En la bureta se colocaron 25mL de Ácido Clorhídrico 0,25M.

- Se dejó caer el ácido clorhídrico gota por gota en el destilado hasta que ocurrió el cambio de coloración de verde a violeta. El líquido contenido en el Erlenmeyer se mantuvo en agitación continua durante la valoración.
- Finalmente, se leyó la cantidad del ácido clorhídrico consumido en la valoración.

*Para ver la preparación de los reactivos que intervienen en el Método ir a [PREPARACIÓN DE REACTIVOS MÉTODO KJELDAHL](#).

3.3.2.5. Cálculo de porcentaje de Nitrógeno (Kjeldahl)

Para cuantificar la cantidad de nitrógeno presente en las muestras, se procesaron los datos obtenidos de la aplicación del método Kjeldahl, obteniéndose así nitrógeno total Kjeldahl (NTK), el cual consiste en la suma de los nitrógenos en forma amoniacal y orgánico presentes en la muestra (Bradstreet, 1954).

El procesamiento de los datos se lo hizo con la siguiente ecuación:

Ecuación 4 Nitrógeno Total Kjeldahl.

$$\%NTK = \frac{(A - B) * N * 1.4007}{m}$$

Fuente: (Bradstreet, 1954).

Donde,

A = Volumen de Ácido Clorhídrico (HCl) consumido en la valoración (mL)

B = Volumen de Ácido Clorhídrico (HCl) consumido en la valoración del blanco (mL)

N = Normalidad del Ácido Clorhídrico (HCl) utilizado en la valoración

m = Peso de la muestra (g)

Los resultados obtenidos de Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK), se expresan en % con cuatro cifras decimales (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, 2001).

3.3.3. Relación Carbono/Nitrógeno

La relación Carbono/Nitrógeno (C/N) está en función del porcentaje de carbono obtenido en la ecuación 3., y del porcentaje de Nitrógeno Total Kjeldahl obtenido de la ecuación 4.

Obteniendo una nueva ecuación para determinar la relación (C/N) la cual es:

Ecuación 5 Relación C/N

$$\frac{C}{N} = \frac{\%C}{\%NTK}$$

Fuente: (Barrera, 2006)

Los resultados de la relación Carbono/Nitrógeno se expresan en números adimensionales (Dirección General de Medio Ambiente, 2000).

3.3.4. Volumen de aprovechamiento óptimo

El éxito de un proceso de compostaje es la generación de un producto útil a base de la reducción de residuos sólidos orgánicos, en este caso un abono orgánico de calidad, para esto la materia prima utilizada es un factor altamente influyente. Para los procesos de compostaje no existen recetas establecidas, se deben hacer estudios de posibilidades, factibilidad técnica, económica y ambiental tomando decisiones para cada caso. (Sztern & Pravia, 1999).

Si bien el carbono y nitrógeno son elementos presentes en casi todo lo que se conoce, esto no significa que todos los materiales orgánicos tengan propiedades óptimas para ser compostados, esto se da debido a que la relación C/N inicial presente en la materia no es la apropiada para procesos de compostaje. Entonces, para obtener un compostaje óptimo se deben realizar mezclas con otros elementos para lograr una relación apropiada. Este procedimiento se le conoce como Balance de Nutrientes. (Zorpas, et al, 2000).

La realización de las mezclas se debe llevar a cabo de manera volumétrica, aunque para esto se debe conocer las características de los materiales y saber combinarlos. Se toma en cuenta los aspectos mas importantes para la mezcla, siendo el contenido de carbono,

nitrógeno y humedad, modulando así las proporciones. Tomando en cuenta que las relaciones óptimas de C/N se encuentran entre 25 a 35 se tomó como referente el valor de 30 para iniciar un correcto proceso de compostaje. A partir de los datos de la composición de los materiales, se hace el cálculo de la mezcla idónea aplicando la ecuación 6 (Moreno, Garcia, Pascual, & Bernal, 2014)

Ecuación 6 Proporción de mezcla

$$\frac{C}{N} = \frac{\sum_i^n = 1(Aportaciones\ de\ C)_i}{\sum_i^n = 1(Aportaciones\ de\ N)_i} = 25 \geq X \geq 35$$

$$\frac{C}{N} = \frac{M_1 * MS_1 * C_1 + M_2 * MS_2 * C_2 + \dots M_n * MS_n * C_n}{M_1 * MS_1 * N_1 + M_2 * MS_2 * N_2 + \dots M_n * MS_n * N_n} = 25 \geq X \geq 35$$

Fuente: (Moreno, Garcia, Pascual, & Bernal, 2014).

Donde:

M = masa de material (t)

MS = contenido en materia seca (%)

C = contenido en C sobre muestra seca (%)

N = contenido en N sobre muestra seca (%)

Habitualmente, el valor que se conoce es una fracción de la mezcla, por ejemplo M1, que corresponde a la cantidad de material a tratar, en este caso Residuos sólidos orgánicos, siendo los siguientes los materiales complementarios, como sería el caso de restos vegetales, excremento de animal o materiales con alto contenido de nitrógeno. Conociendo la composición para los parámetros básicos como carbono, nitrógeno y humedad, se puede llegar a determinar la cantidad de material complementario que se deba añadir para tener una relación C/N $25 \geq X \geq 35$, despejando M2 (Moreno, Garcia, Pascual, & Bernal, 2014).

Según Quispe (2015) y Casco (2015) con respecto al balance de nutrientes podemos sacar las siguientes reglas:

- Al usar materiales con buena relación C/N, no es necesario realizar mezclas.
- Los materiales que presenten un alto contenido de carbono se deberán mezclar con materiales que, de igual manera, presenten un alto contenido en nitrógeno y viceversa.

En particular, cuando se trata de residuos sólidos urbanos, las mezclas pueden presentar relaciones muy variadas, por lo cual se aconseja una determinación de carbono y nitrógeno previo para así conocer qué tipo de material puede complementar en la mezcla, de darse el caso de una relación C/N no óptima.

3.4.Método

El método considerado para el desarrollo de la presente investigación es el Inductivo-deductivo, esto debido a que al analizar muestras representativas tomadas directamente en los puntos de recolección de parroquia de Limoncocha es posible inferir la cantidad de carbono y nitrógeno de los Residuos Sólidos Urbanos de la misma.

3.5.Selección de instrumentos de investigación

La investigación fue realizada vía experimentación, se efectuaron análisis a nivel de laboratorio, con la finalidad de determinar las concentraciones de carbono y nitrógeno presentes en las muestras de residuos sólidos orgánicos, recolectados en la parroquia de Limoncocha.

3.6.Validez y Confiabilidad de los instrumentos

Las muestras fueron tomadas directamente del punto de recolección de la parroquia de Limoncocha, es decir que el trabajo de laboratorio se realizó con datos primarios, procurando realizar los análisis lo antes posible con las muestras en las mejores condiciones, para así evitar cambios en las propiedades iniciales y contaminación de los residuos analizados.

Se revisó los certificados de calibración de los equipos utilizados, encontrándose en óptimas condiciones para la realización de la presente investigación.

La validez del procedimiento y los instrumentos se determinó mediante la realización de muestras en blanco y la duplicación de las muestras, comprobando así el correcto funcionamiento de los equipos y que el procedimiento utilizado era el adecuado.

Los resultados obtenidos se compararon con la investigación de Estefanía Casco DETERMINACIÓN DE CARBONO Y NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. AÑO 2014-2015”, junto con tablas de relaciones C/N establecidas en bibliografía utilizada. Esto con la finalidad de validar la metodología desarrollada y determinar el porcentaje de error con las mismas.

3.7. Procesamiento de datos

Los datos obtenidos mediante los procesos analíticos de laboratorio, cálculos y análisis estadístico de la información fueron procesados mediante los programas Microsoft Word, Microsoft Excel y software PAST, elaborando y documentándolos en tablas y gráficos.

3.8. Levantamiento de datos

Para la toma de datos obtenidos en los laboratorios se procedió a establecer un cronograma de muestreos, el cual se desarrolló desde el mes de octubre de 2015 hasta mayo del 2016, abarcando en su totalidad 9 meses. Considerando que entre los principales limitantes para el número de muestras fueron el presupuesto otorgado por parte de la universidad al igual que la cantidad de reactivos usados para el análisis en el laboratorio y el tiempo empleado en el laboratorio, se acordó realizar un ensayo por mes. El formato utilizado para la recolección se especifica en el [ANEXO A](#).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La composición de los residuos sólidos urbanos en la parroquia de Limoncocha se ha mantenido constantes durante el tiempo de la investigación, constando hasta en un 70% de fracción orgánica, 10% plásticos, 10% papel y cartón, y 5% textil y 5% otros (metal, vidrio y no aprovechable). Obviamente esta composición varío en ciertos meses, esto debido a diferentes motivos, como fue en el mes de noviembre en el cual se presentó un incremento significativo en la fracción de plásticos, llegando hasta casi un 50%, esto fue debido a que las fechas en las que se realizó el muestreo la comunidad de Limoncocha se encontraba en fiestas de fundación.

En los meses de febrero, abril y mayo se presentó otra variación, si bien esta no fue en porcentajes de las fracciones, fue en la composición de la parte orgánica. Siendo la presencia de restos de carne la variación de estas muestras, esta presencia no se ha podido justificar en su totalidad debido a la falta de información concreta y estudios dirigidos a esta temática.

4.1. Concentración de Carbono en los Residuos Sólidos Orgánicos de la Parroquia de Limoncocha.

4.1.1. Porcentaje de Carbono de los RSO.

Con las muestras recolectadas a través de los 9 meses (septiembre 2015 a mayo 2016), se realizaron un total de 18 ensayos, dos por cada muestra, obteniendo al final 2 resultados para cada mes, esto con la finalidad de tener una mayor confiabilidad en los resultados y validarlos. (Tabla 3)

Tabla 3 Resultados de Concentración de Carbono

CARBONO							
Fecha	Ensayo	PESO CRISOLES (g)	PESO MUESTRA (g)	PESO SECADO (g)	PESO INCINERADO (g)	% LOI	%C
Septiembre	1	36,7354	10,0782	39,0890	37,0688	0,8583	49,7840
	2	36,6350	10,0222	39,0648	37,0478	0,8301	48,1463
Octubre	1	35,9905	10,0210	38,1820	36,6306	0,7079	41,0592
	2	36,5692	10,0388	39,2157	37,6851	0,5783	33,5442
Noviembre	1	40,0800	10,0953	41,5029	40,3450	0,8138	47,1981
	2	36,5100	10,0187	38,0297	36,7965	0,8115	47,0656
Diciembre	1	37,5972	10,0466	39,3547	38,0287	0,7545	43,7599
	2	40,5845	10,0760	42,6116	41,4800	0,5582	32,3777
Enero	1	36,4550	10,0184	38,1431	36,9222	0,7232	41,9479
	2	34,9016	10,0203	37,1431	35,3428	0,8032	46,5837
Febrero	1	37,0757	10,0071	39,5549	37,4027	0,8681	50,3500
	2	41,0919	10,1775	43,4412	41,4911	0,8301	48,1445
Marzo	1	39,6431	10,0325	41,3331	39,7832	0,9171	53,1918
	2	35,4189	10,0631	37,5524	35,5760	0,9264	53,7292
Abril	1	37,9628	10,0097	40,6260	38,7215	0,7151	41,4768
	2	36,4418	10,0044	38,8654	37,0839	0,7351	42,6337
Mayo	1	39,5724	10,0325	41,2007	40,0032	0,7354	42,6549
	2	34,8995	10,0631	36,6455	35,3768	0,7266	42,1447

Fuente: Toro, 2016.

Utilizando la extensión del programa Excel, Análisis Estadístico, se procesaron los resultados y se obtuvo una media o promedio de la concentración de carbono del 44.77%, el valor más alto presentado fue de 53.73% y 32.38% como valor más bajo. Junto con esto una sumatoria de 805.79 de carbono en 9 meses y finalmente se pudo determinar la precisión de los resultados con la desviación estándar presente que fue de 5.81%, todo esto se resume en la siguiente tabla (Tabla 4).

Tabla 4 Análisis Estadístico %Carbono

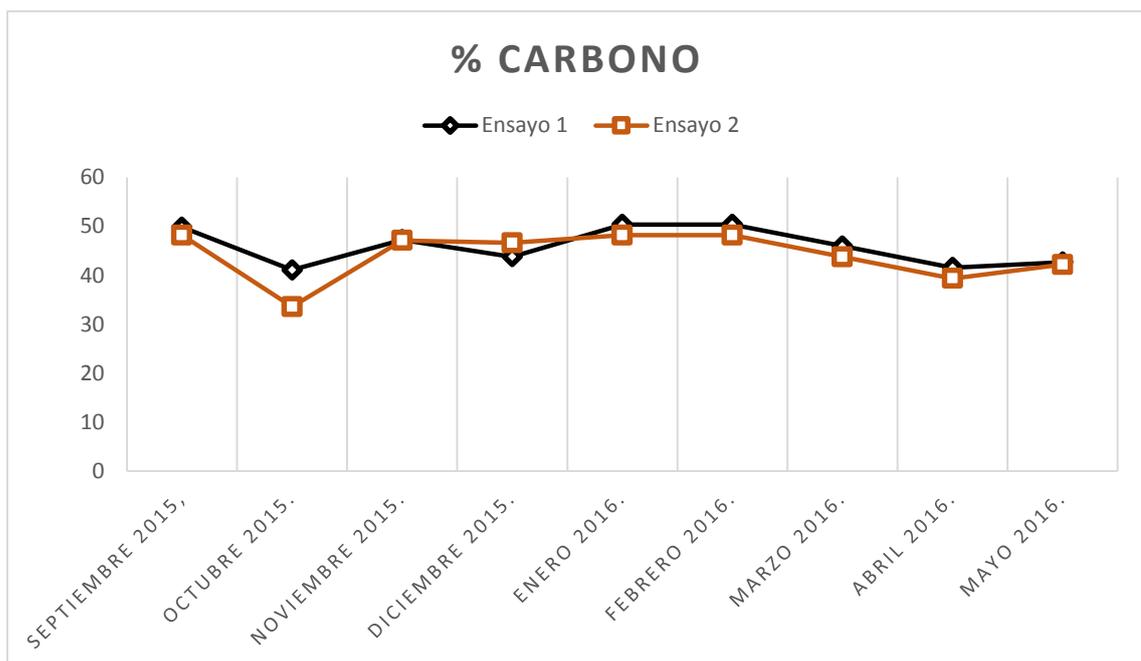
Resumen estadístico %Carbono	
Media	44,7662

Desviación Estándar	5,8099
Mínimo	32,3777
Máximo	53,7292
Sumatoria	805,7921

Fuente: Toro, 2016.

De igual manera, a través del Gráfico 4, se estableció la tendencia que siguieron los resultados de los ensayos 1 y 2, lográndose visualizar específicamente el grado de dispersión entre los valores. De los 18 datos representados en la gráfica, solo un dato se encuentra relativamente disperso, siendo el dato obtenido en octubre 2015 en el ensayo 2, esto posiblemente se debió a la composición de la muestra de este mes. En el mes de octubre se evidenció una mayor cantidad de fruta en la composición de residuos, siendo restos de naranja y sandía los que más se encontraron. Entonces se puede suponer que la alta presencia de humedad en esta muestra intervino en el resultado del método LOI, mientras que en los meses en los cuales se consto la presencia de carne, esta no influyó en el contenido de carbono de los ensayos.

Gráfico 4 Concentraciones de Carbono



Fuente: Toro, 2016.

Finalmente se puede constatar que la concentración de carbono en los dos ensayos presenta similitud, validando así los resultados obtenidos. Además de que los resultados se encuentran entre valores de 30% a 55%, esto concordado con el estudio de Casco (2015), en el cual los valores presentan similitud.

4.2. Concentración de Nitrógeno (NTK) en los Residuos Sólidos Orgánicos de la Parroquia de Limoncocha.

4.2.1. Porcentaje de Nitrógeno de los RSO

Una vez aplicada la ecuación 4, para la cuantificación de la concentración de nitrógeno total Kjeldahl se obtuvo 18 resultados divididos en dos ensayos por mes como se puede constar en la siguiente tabla. (Tabla .5)



Tabla 5 Concentración de NTK

NITROGENO					
Fecha	Ensayo	PESO MUESTRA (g)	V. CONSUMID O HCl (0.25 M) mL	%NTK	%NTK (Mediana)
Septiembre	1	10,0354	5	0,1745	0,1884
	2	10,3820	6	0,2024	
Octubre	1	10,0395	6	0,2093	0,1920
	2	10,0260	5	0,1746	
Noviembre	1	10,0264	7	0,2445	0,2359
	2	10,0145	6,5	0,2273	
Diciembre	1	10,0094	9	0,3149	0,2799
	2	10,0083	7	0,2449	
Enero	1	10,0748	4,6	0,1599	0,1622
	2	10,0100	4,7	0,1644	
Febrero	1	10,0772	29	1,0077	1,0256
	2	10,0680	30	1,0434	
Marzo	1	10,0107	8	0,2798	0,2850
	2	10,0195	8,3	0,2901	
Abril	1	10,0007	16,7	0,5848	0,5721
	2	10,0158	16	0,5594	
Mayo	1	10,0039	23	0,8051	0,7964
	2	10,0014	22,5	0,7878	

Fuente: Toro, 2016.

De igual manera que en el porcentaje de nitrógeno, se realizó un análisis estadístico de los resultados utilizando el programa Office Excel, y se obtuvo la media del porcentaje de nitrógeno, dando un valor de 0.4153%, junto con un valor máximo de 1.04% y un mínimo de 0.16%. El porcentaje de dispersión representado por la desviación estándar fue de 0.30% (Tabla .6).

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos se usó el software estadístico PAST, para el cual se tomó los valores de mediana entre los dos ensayos realizados en los 9 meses.

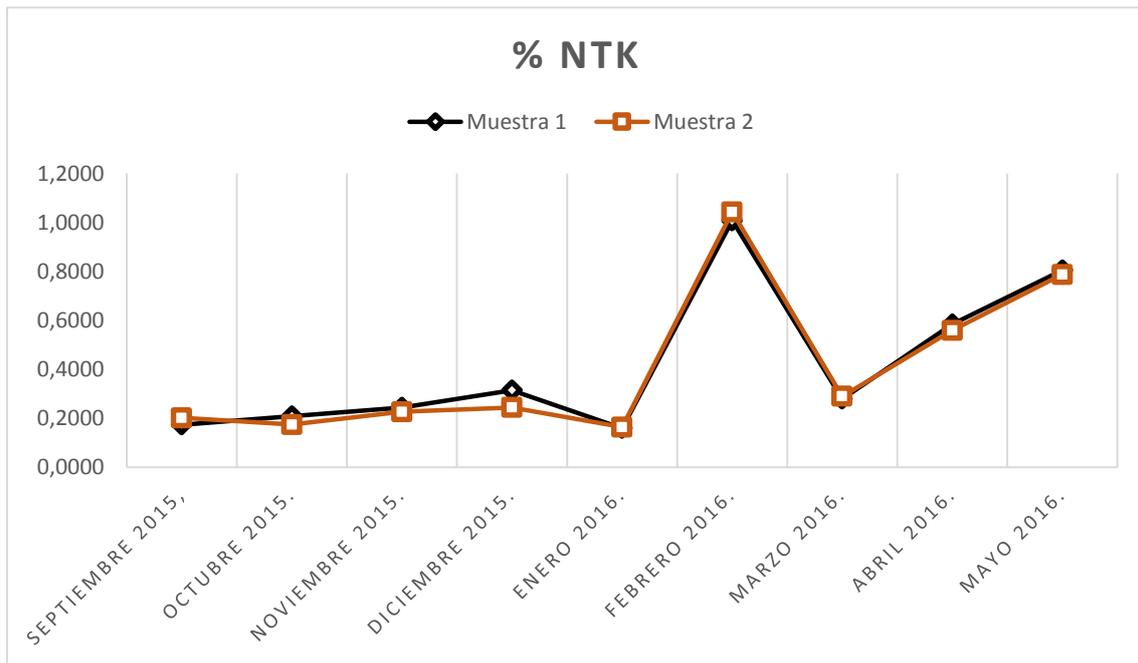
Tabla 6 Análisis Estadístico %NTK

Resumen estadístico %NTK	
Media	0,4153
Desviación Estándar	0,3025
Mínimo	0,1599
Máximo	1,0434
Sumatoria	7,4747

Fuente: Toro, 2016.

De igual manera, a través del Gráfico 5, se estableció la tendencia que siguieron los resultados de los ensayos 1 y 2, lográndose visualizar específicamente el grado de dispersión entre los valores. De los 18 datos representados en la gráfica, dos datos presentaron una alta dispersión, siendo el dato obtenido en Febrero 2016, Abril 2016 y Mayo 2016, tanto en el ensayo 1 como ensayo 2. Esto posiblemente se debió a la composición de la muestra de este mes. En estos meses se evidenció una presencia de restos de carne en la composición de residuos, en los cuales la presencia de este tipo de residuo en específico aumentó significativamente la concentración de nitrógeno.

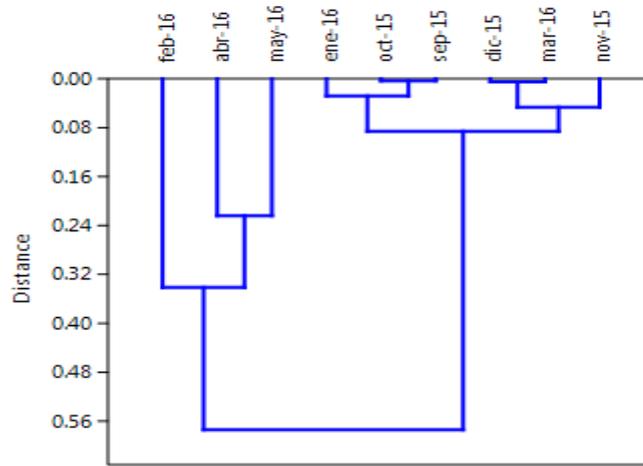
Gráfico 5 Concentración de %NTK



Fuente: Toro, 2016

Mediante el uso del software PAST, se realizó un análisis Clúster de las medias de NTK en donde se pudo constatar la presencia de dos clústeres completamente diferenciados, uno que abarca los residuos con carne en su composición (Febrero, Abril y Mayo) y otro con la composición habitual (resto de meses), representando que la presencia de carne si influye en el porcentaje de nitrógeno de los residuos. Gráfico 6.

Gráfico 6 Análisis Clúster %NTK



Fuente: Toro, 2016.

4.3. Relación C/N en los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) de la parroquia de Limoncocha

4.3.1. Relación C/N de los RSO

Finalmente, a partir de las concentraciones obtenidas de carbono y nitrógeno de los 18 ensayos realizados en 9 meses y aplicando la ecuación 5, se obtuvieron las relaciones carbono/nitrógeno de los RSO. (Tabla 7.).

Tabla 7 Relación C/N

Fecha	Ensayo	C/N	C/N (Mediana)
Septiembre	1	285,3443	261,63



	2	237,9074	
Octubre	1	196,1941	194,14
	2	192,0836	
Noviembre	1	193,0574	200,07
	2	207,0782	
Diciembre	1	138,9814	135,59
	2	132,1974	
Enero	1	262,3635	272,84
	2	283,3252	
Febrero	1	49,96384	48,05
	2	46,1406	
Marzo	1	190,0791	187,65
	2	185,2222	
Abril	1	70,93066	73,57
	2	76,21376	
Mayo	1	52,98165	53,24
	2	53,49779	

Fuente: Toro, 2016.

Se repitió el análisis realizado en el %C y %NTK, con un análisis estadístico, obteniendo una media con un valor de 158.53, el valor más alto fue de 285.34% y el valor más bajo fue de 46.14%. Y una desviación estándar de 83. (Tabla 8.).

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos se usó el software estadístico PAST, para el cual se tomó los valores de mediana entre los dos ensayos realizados en los 9 meses.

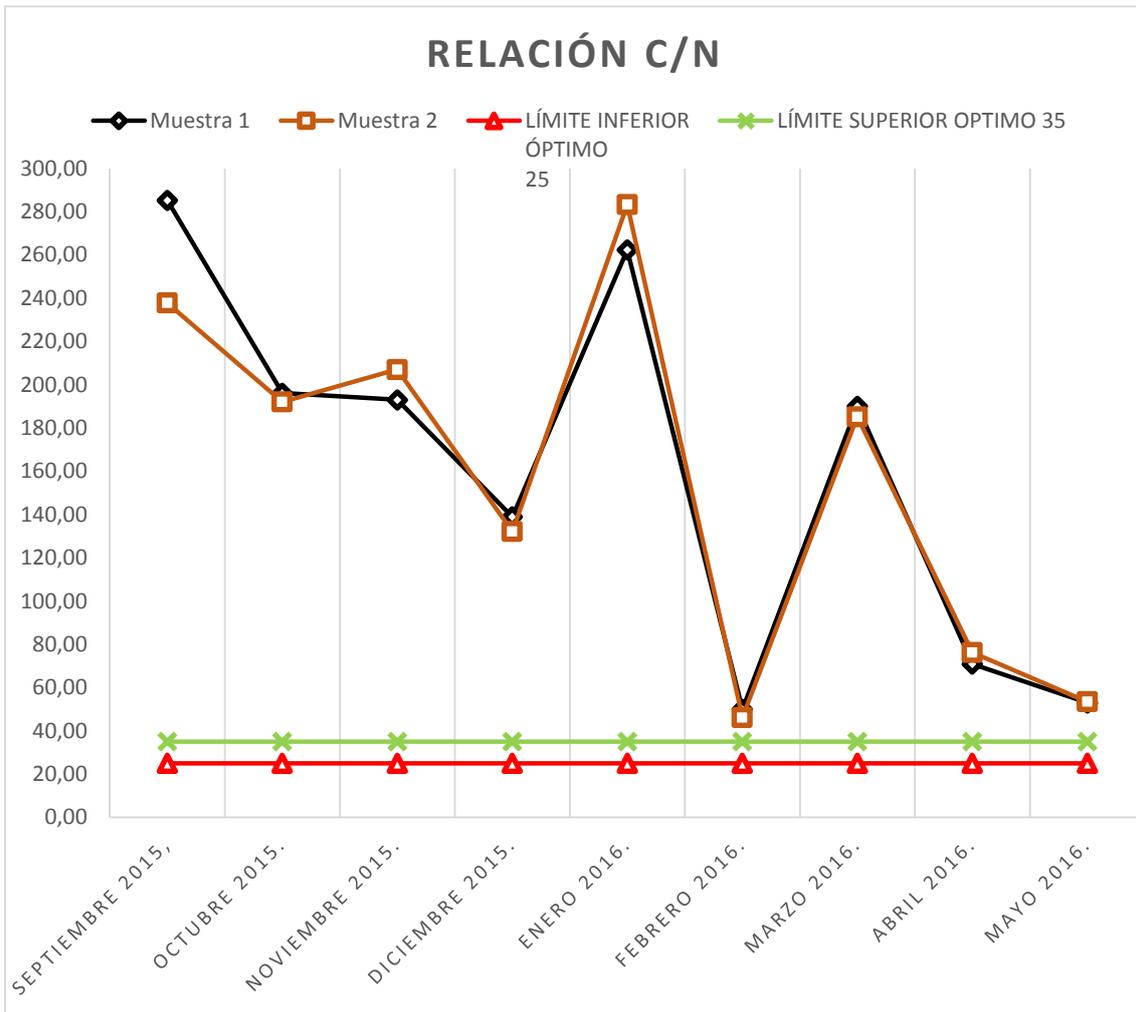
Tabla 8 Análisis Estadístico C/N

Resumen estadístico Relación C/N	
Media	158,5312
Desviación Estándar	83,5445
Mínimo	46,1406
Máximo	285,3443
Sumatoria	2853,5622

Fuente: Toro, 2016.

Para poder entender la tendencia y dispersión de los resultados finales se representó gráficamente en el Gráfico 7. Y se pudo constatar que los datos presentaron tendencia en ciertos meses, mientras que la dispersión solo se evidenció en 3 meses. Además, se graficó los límites óptimos de compostaje como referencia a los resultados obtenidos.

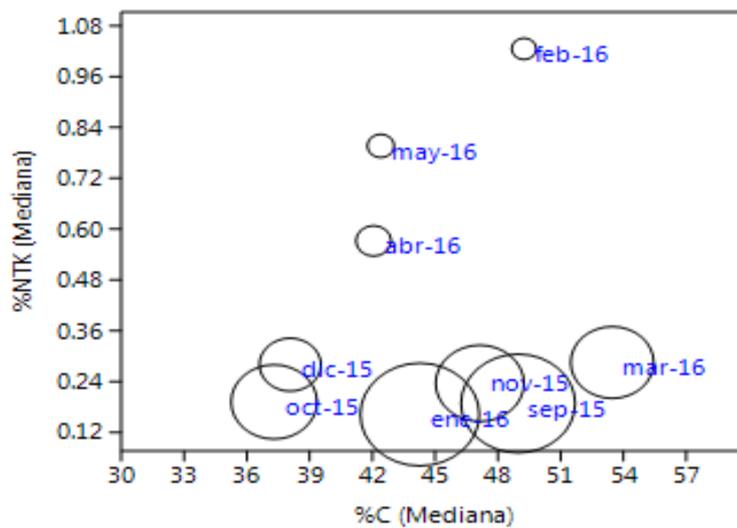
Gráfico 7 Relación C/N



Fuente: Toro, 2016.

Mediante el software PAST, se realizó un gráfico de burbujas representando todos los resultados obtenidos en la presente investigación. Se relacionó el %C, %NTK y la relación C/N (eje x porcentaje de Carbono, eje y porcentaje de Nitrógeno y burbujas Relación C/N), demostrando que el porcentaje de nitrógeno es inversamente proporcional a la relación C/N mientras que el porcentaje de carbono tiende a ser directamente proporcional. Pero finalmente demostrando que el porcentaje de nitrógeno tiene una mayor influencia en las relaciones obtenidas. Gráfico 8.

Gráfico 8 Gráfico de Burbujas Relación C/N



Fuente: Toro, 2016.

4.4. Discusión

Al momento de hablar de gestión, los residuos sólidos orgánicos son los que presentan menor importancia y más aún en comunidades y parroquias pequeñas. (André & Cerda, 2008). Como es el caso de Limoncocha en donde las actividades de manejo se han visto limitadas a la recolección, transferencia y disposición final en un relleno sanitario. Aquí estos generan lixiviados y gas metano debido a su volumen considerable, provocando así impactos ambientales de gran magnitud (Marañón, 2015).

Estos residuos son particularmente susceptibles a ser degradados biológicamente, logrando así una reducción considerable de su volumen y generando un producto de interés, abono, alcohol o gas, dependiendo del tratamiento aplicado. (Campbell, Moriarty, Derham, & Gaillot O, 2011). Además, que representan el mayor porcentaje de desechos que generalmente llegan al relleno sanitario en Limoncocha (Marañón, 2015).

La caracterización de la fracción orgánica de los RSU varía dependiendo del método, lugar de recolección y época del año. (Acurio, Rossin, Teixeira, & Zepeda, 1998). Aunque principalmente dentro de la fracción orgánica de los residuos de Limoncocha predominan los desechos de origen vegetal, siendo estos casi imposibles de reducir ya que su

generación proviene usualmente a necesidades primarias de alimentación. Por lo tanto, el compostaje puede ser una respuesta como minimización de los RSO de la parroquia de Limoncocha (Neira, Suza, & Robles, 2013 & Sztern & Pravia, 1999).

Los residuos son la materia prima presente en los procesos de compostaje, siendo entonces las características de estos lo más importante al momento de llevar a cabo este proceso. Si un material posee una relación C/N superior a 35, este requerirá un mayor número de generaciones de microorganismos para su biodegradación aumentando así el tiempo del proceso. Mientras si ésta relación se encuentra en un valor menor a 25, se producirán pérdidas importantes de nitrógeno, esto debido a la facilidad en la generación de microorganismos los cuales usarán todo el nitrógeno presente en sus reacciones metabólicas (Navarro, 2008). Los residuos de la parroquia de Limoncocha utilizados presentaron una relación superior a 35, lo cual implicaría que si se los utiliza como materia prima en procesos de compostaje, la producción de compost requerirá un mayor tiempo y recursos para desarrollarse.

Los residuos de origen vegetal que se encontraron casi en su totalidad en las muestras de Limoncocha presentaron una relación C/N extremadamente alta, y no son viables para compostarse por si solos; para tener una relación inicial apropiada para el compostaje se deberá realizar mezclas con materiales con alto contenido de nitrógeno mediante un balance de nitrógeno (Moreno, Garcia, Pascual, & Bernal, 2014). Para esto se debe considerar residuos con alto contenido de nitrógeno como son los residuos de origen animal (carne y estiércol), los cuales presentan una relación baja de C/N por lo tanto una mezcla con estos serían óptimos para realizar mezclas de compostaje (Sztern & Pravia, 1999).

Los resultados de carbono y nitrógeno recogidos en la parroquia de limoncocha, incluso que al momento de realizar los análisis de laboratorio, la muestra que se uso presentaba la misma caracterización de la muestra total obtenida posterior al cuarteo, no presentaron una variación ya que en los dos ensayos realizados los valores se mantuvieron similares.

Según Sztern & Pravia (1999) existen materiales orgánicos que fácilmente se compostan y otros que cuesta un poco más, e inclusive materiales orgánicos sintéticos que necesitan muchas décadas para degradarse biológicamente. Entre los materiales que fácilmente se

compostan están ciertos vegetales, granos, huevos, excremento de animales y humanos, hojas de árboles, papel, periódicos, cartón; mientras que los materiales mas difíciles de compostar son los huesos y algunos tipos de madera. (Navarro, 2008). Esto da a entender que una recolección selectiva presentaría una degradación más equitativa, pero esto presentaría un inconveniente por la escasez de ciertos materiales o la exclusión de otros, dando un tratamiento incompleto.

Por ello, para obtener un compost de mejor calidad y con una relación C/N óptima se requiere una mezcla de residuos, aumentando en este caso la cantidad de nitrógeno con fuentes externas para un correcto tratamiento.

En cuanto a las metodologías utilizadas para la extracción de carbono y nitrógeno dieron resultados que variaban con los datos bibliográficos.

Para el carbono, si bien la metodología de pérdida por ignición (LOI) ha sido acogida ampliamente en numerosas investigaciones, parte de sus restricciones es que los valores se pueden ver alterados por la presencia de sustancias orgánicas que se volatilizaron y que pueden no representar el peso del carbono biodegradable presente en las muestras, junto con la variación de humedad en diferentes tipos de residuos.

Los resultados obtenidos de %C concuerdan con los porcentajes propuestos en fuentes bibliográficas, además de presentar similitud a datos obtenidos por Zambrano (2016) en su investigación: "ESTIMACION DEL POTENCIAL DE EMISIONES DE CARBONO (CO₂) Y METANO (CH₄) EQUIVALENTES A PARTIR DE RESIDUOS ORGANICOS DE ORIGEN VEGETAL PRODUCIDOS EN LOS HOGARES DE LA PARROQUIA COTOCOLLAO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO".

Tabla 9 Fracción de carbono de los residuos vegetales

Tipo de residuo	Fracción de Carbono	Tipo de residuo	Fracción de Carbono
Acelga	0,4849	Maracuyá	0,4951
Aguacate	0,4984	Melón	0,4916
Ají	0,4709	Nabo	0,4953
Banano	0,5079	Naranja	0,5382
Banano verde	0,4558	Naranjilla	0,4743
Brócoli	0,4724	Papa	0,5136
Cebolla Blanca	0,4524	Papaya	0,5335
Cebolla colorada	0,4819	Pepinillo	0,4945
Choclo	0,5243	Pepino dulce	0,5138
Cilantro	0,4713	Pera	0,4503
Ciruela	0,4819	Perejil	0,4987
Col	0,5150	Pimiento	0,4934
Espinaca	0,5222	Piña	0,4996
Fresa	0,5229	Plátano	0,4792
Granadilla	0,4749	Rábano	0,4995
Haba	0,4928	Remolacha	0,4831
Hierba luisa	0,4567	Sandía	0,5163
Kiwi	0,4935	Suquini	0,4767
Lechuga	0,4770	Tomate de árbol	0,4772
Limón	0,5039	Tomate riñón	0,4841
Mandarina	0,4657	Toronjil	0,4919
Mango	0,4970	Uvilla	0,5026
Manzana	0,4867	Yuca	0,4904
Manzanilla	0,4836	Zanahoria	0,4921

Fuente: Zambrano, 2016

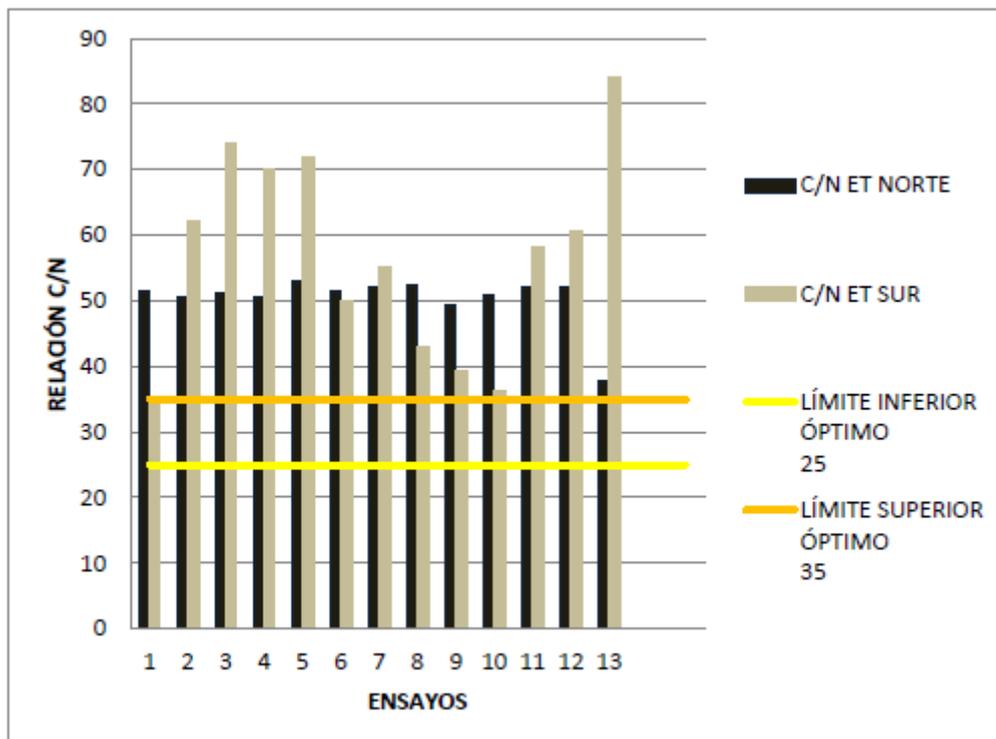
Como se constata en la tabla 9. Se puede presenciar valores entre 40% y 55% valores similares a los obtenidos en el presente estudio. En donde de igual manera se lo determinó con una variación del método LOI, dando a entender que los valores de carbono se podrían considerar genéricos en estos casos.

Mientras que en el caso del nitrógeno si bien el método Kjeldahl es el más acogido y recomendado para esta determinación, las cantidades de nitrógeno en otros estudios se encontraban entre valores de 0.5 a 2.5% (Bradstreet, 1954), pero en el caso de la presente investigación, los valores se encontraron entre 0.15% a 1.5%. Demostrando así que no se

debe basar en su totalidad en datos bibliográficos, ya que estos pueden variar completamente dependiendo del lugar en donde se realizaron y las condiciones en las que se encontraban los residuos.

Esto se puede explicar comparando los datos del presente estudio con los datos obtenidos por Casco (2015) en su investigación realizada en el Distrito Metropolitano de Quito.

Gráfico 9 Comparación de Relaciones C/N ET Norte y ET Sur.



Fuente: Casco, 2015

En donde las relaciones C/N van desde valores de 35 hasta 83, mientras que en este estudio se obtuvo valores que van desde 50 hasta 300. Esto se puede deber a varios factores, entre estos la metodología usada por Casco (2015), en donde se realizó una recolección selectiva de los residuos donde solo se eligieron vegetales, si bien se usó los mismos residuos que se muestreo, la cantidad presente de residuos no siempre fue la misma a la caracterización total.

Otro factor que influyó sería la situación en la que se encontraban los residuos, siendo en Limoncocha casi en su totalidad frescos, ya que el punto de recolección fue en el centro de la comunidad de donde es recolecta y transferida al relleno sanitario por el municipio,

a pocas horas de ser desechada de las viviendas de la localidad (Marañón, 2015), y en el Distrito Metropolitano de Quito en las estaciones de transferencia en donde los residuos pueden estar presentes hasta 3 días antes de que sean transferidos al relleno sanitario de la ciudad. Estos últimos también pueden presentar diferentes maneras de contaminación cruzada, no solo entre residuos orgánicos sino, con otro tipo de residuos (metales, plásticos, textiles, entre otros) (Casco, 2015).

Y por último, las características propias del residuo, Quito al ser una metrópoli urbana con un alto poder adquisitivo y capital del país, los residuos que se encuentran son completamente distintos al de otras zonas del país, esto ya que aquí no solo se consumirían productos de la región sierra, sino de todas las regiones del país e incluso de otros países y su composición química variaría dependiendo del tipo de cultivo, crianza y preservación que estos poseen. Mientras que en la parroquia de Limoncocha al ser una comunidad casi en su totalidad rural y de escasos recursos, es completamente lo opuesto a la realidad de Quito; encontrado en los residuos son solo productos propios de la región. Además de una variación de la composición de los residuos en sí, esto posiblemente debido a la época en la que se encuentran, como es el caso en Limoncocha, una mayor presencia de plásticos en el mes de noviembre debido a fiestas de fundación.

Esto da a entender que, si bien las concentraciones de carbono se repiten en residuos sólidos orgánicos similares, siendo los datos bibliográficos una fuente viable; el porcentaje de nitrógeno resulta ser algo completamente opuesto, ya que casi ningún dato concuerda con los propuestos en bibliografía u otros estudios similares.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Para el tamaño muestral se tomó en cuenta un tiempo de duración de dos años, esto con la finalidad de que los resultados obtenidos presenten una mayor confiabilidad y puedan ser considerados como una realidad. Debido a esto se deberá tomar un total de 19 muestras mensuales. El tiempo como la cantidad de reactivos que la universidad posee, el presente estudio se redujo a un total de 9 muestras, con la posibilidad de una continuación por parte de estudiantes a punto de graduarse, los cuales concluirían las 10 muestras restantes.
- La metodología de laboratorio fue escogida debido a que el método LOI es uno de los más utilizados para la detección de carbono en muestras y el ensayo Kjeldahl es la principal manera de detección de nitrógeno en laboratorio, estos presentaron varias complicaciones al momento de realizarlos en el laboratorio de la universidad. El uso continuo de la estufa no solo por parte de los estudiantes de semestres inferiores sino por otros tesisistas, resultó en la creación de un horario para el uso de este equipo entre todos los proyectos de Limoncocha. Mientras que en el caso del ensayo Kjeldahl la principal complicación fue la cantidad de NaOH presente en el laboratorio, esto debido a que, al ser una sustancia controlada por la legislación ecuatoriana, la cantidad disponible de la facultad es de 2 kg al año, limitando así el número de ensayos posibles.
- El manejo de reactivos peligrosos y residuos sólidos orgánicos, exige el uso de equipos de protección personal y de medidas de precaución (vacunas y campana de gases). De esta manera se evitaron accidentes y/o posibles enfermedades que pudieron afectar el desarrollo de la investigación.

- Con la presente investigación se concluyó que los residuos sólidos orgánicos de la parroquia Limoncocha presentaron una relación C/N que se encontraban fuera del rango óptimo compostaje (25-35), superando hasta en 10 veces el límite superior.
- Se pudo constatar que los restos de carne aumentan significativamente el contenido de nitrógeno de las muestras, llegando a tener un contenido aproximado del 4% de nitrógeno. El principal problema de los restos de carne es su escases, esto se debe ya que al ser Limoncocha una parroquia casi en su totalidad rural y de bajos recursos económicos, no existe una posibilidad de un consumo cotidiano de carne y menos aún de poder desechar una cantidad considerable. En dos meses no consecutivos se pudo constar la presencia de restos de carne (cerdo y pescado) en la composición de los RSU, llegando en un mes alcanzar un 30% de la fracción orgánica de estos, siendo huesos de chuletas de cerdo con una cantidad mínima de carne y colas de pescado.
- Según la bibliografía usada en el presente estudio, la materia orgánica de los RSU generalmente posee una adecuada relación C/N y por lo consiguiente se puede compostar. Sin embargo, en la presente investigación los resultados reflejaron que no siempre se cumple con esta condición, ya que los valores superaban considerablemente el límite superior óptimo, esto se debió al lugar en donde es recolectada y una posible hipótesis de la manera en la que son cultivadas y producidas influyen en la concentración de nitrógeno. Para el análisis se escogieron las frutas y verduras, (la opción lógica hubiera sido podas de parques y jardines, pero debido a su nula presencia no se lo tomó en consideración), se caracteriza por su facilidad al momento de compostar, junto con la disponibilidad de grandes volúmenes, y en teoría relaciones C/N dentro del rango óptimo. No obstante, en la fase de laboratorio la última característica no se cumplió, ya que las muestras arrojaron valores muy alejados al rango óptimo.
Se pudo constar que los datos bibliográficos sobre el porcentaje carbono sí coincidieron con los obtenidos en el presente estudio, dando a entender que estos pueden ser usados en como referencia en futuros estudios.
- Si bien los resultados obtenidos demuestran que los RSU de la parroquia de Limoncocha no son óptimos para procesos de compostaje, el beneficio que este tratamiento traería a la comunidad de Limoncocha y al medio ambiente de la zona,

no lo descarta en su totalidad, esto debido a que la optimización de la relación C/N de los RSO del área se la podría obtener con un incremento de nitrógeno en su composición.

A partir de revisiones bibliográficas y de los datos obtenidos en el laboratorio, se determinó que aun cuando los residuos escogidos por si solos no son viables de compostar, esto debido a una falta significativa en ciertos meses de fuentes de nitrógeno, no obstante, esto se puede corregir al mezclarlos con fuentes externas de nitrógeno como sería el caso de residuos con alto contenido de este componente como la carne, estiércol de ganado o gallinaza, biomasa.

Una vez optimizada la relación C/N se podría disminuir el volumen total de la fracción orgánica hasta en un 50% junto con la generación de un producto de interés, abono orgánico o bioetanol en compostaje aerobio y anaerobio respectivamente.

5.2.Recomendaciones

- Si se desea realizar mezclas con relaciones de C/N óptimas, se recomienda su combinación con residuos con alto contenido de nitrógeno (gallinaza, estiércol de ganado, podas de jardines, restos de carne, etc.), para de esta manera equilibrar la relación y hacer que esta se encuentre dentro del rango adecuado (25-35/1).
- Para el cálculo del volumen de aprovechamiento óptimo se necesita tener los datos de humedad de las muestras que se van a procesar tanto por el método LOI como por método Kjeldahl, por lo cual se recomienda que en nuevos análisis se sometan las muestras a un proceso de secado. Además, si el objetivo de la investigación es obtener un valor numérico que represente el volumen de aprovechamiento óptimo, se deberán analizar las concentraciones de carbono y nitrógeno tanto de los residuos sólidos orgánicos que se desean tratar, como de los residuos que equilibrarán la mezcla.
- Un proceso de compostaje no se puede basar totalmente en datos bibliográficos, ya que cada lugar tiene sus propias condiciones que pueden influir en el proceso y por tanto variar los resultados. Por tanto, se recomienda que si se va a llevar a cabo un proyecto se haga un análisis previo, y posteriormente realizar controles periódicos.

- Se recomienda realizar una caracterización de la fracción orgánica de la muestra obtenida en la parroquia de Limoncocha esto con la finalidad de que las muestras utilizadas en los análisis de laboratorio presenten la misma composición. Esto con la finalidad que los resultados reflejen la realidad de los RSU de la parroquia de Limoncocha y no solo una fracción de estos.
- En la fase de determinación de nitrógeno existen varias recomendaciones que facilitaran la realización del ensayo Kjeldahl; la preparación previa de los reactivos es una de estas, todos los reactivos utilizados en al momento de digerir, destilar y valorar deberán ser preparados días antes de la realización del muestreo esto con la finalidad de que al momento que las muestras se encuentren en el laboratorio, la determinación de nitrógeno de estas no se vean demoradas por la escasas de reactivos.
- Como se mencionó antes, un proceso de compostaje para los RSU de la parroquia de Limoncocha no queda completamente descartado, pero para la realización de este tratamiento se recomienda determinar la cantidad de nitrógeno faltante para alcanzar una relación C/N óptima, con lo cual se deberá utilizar la ecuación 6. “proporción de mezcla”.

Para el cálculo del volumen de aprovechamiento óptimo se necesita tener los datos de humedad, Carbono y Nitrógeno de las muestras que se van a procesar, por lo cual se recomienda que en nuevos análisis se sometan las muestras a un proceso de secado antes de cualquier otro procedimiento, ya que de esta manera se obtendrán los datos de interés. Además, si el objetivo de la investigación es obtener un valor numérico que represente el volumen de aprovechamiento óptimo, se deberán analizar las concentraciones de carbono y nitrógeno tanto de los residuos sólidos orgánicos que se desean tratar, como de los residuos que equilibraran la mezcla

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aborgase-Edifesa. (2001). *Evolución Histórica de los Residuos Sólidos Urbanos*.
- Acosta, M. (2005). *Propuesta para la Gestión integral de Residuos Sólidos en la ciudad de Vinces, Provincia de Los Rios-Ecuador*. Vinces-Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.
- Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P., & Zepeda, F. (1998). *Diagnóstico de la situación del Manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Organización Panamericana de la Salud (OPS).
- Albuja, G. (2004). *Representaciones y discursos de los kichwas de la Comunnad Limonchocha respecto a la Indsutria Petrolera. Tesis de Licenciatura*. Quito- Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Alcocer, G., & Guascoto, A. (2011). *Diseño Económico de una Compostera para Desechos de Flores*. Guaranda-Ecuador: Universidad Estatal de Bolívar. (UEB).
- Altamirano, M., & Cabrera, C. (2006). Estudio comparativo para la elaboracion de compost por tecnica manual. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMNG*, 75-84.
- André, F., & Cerda, E. (2008). *Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas*. Madrid-España: Universidad Complutense de Madrid.
- Armas, M., & Lasso, S. (2011). *Plan de Manejo de la Reserva Biológica Limoncocha*. Shushufindi-Ecuador: Ministerio del Ambiente.
- Arteaga, J. (2014). *Evaluación de dos técnicas de pre-tratamiento para la degradación de desechos lignocelulósicos provenientes del DMQ (tesis de pregrado)*. Quito-Ecuador: Universidad Internacional SEK.

- Barrera, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso (Tesis doctoral)*. Barcelona-España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Boehm, H. (1994). *Some aspects of the surface chemistry of carbon blacks and other carbons*. Munich-Alemania: Instituto de Química Inorgánica, Universidad de Munich.
- Bradstreet, R. (1954). *Kjeldahl Method for Organic Nitrogen*. New Jersey: The Bradstreet Laboratories, Inc.
- Caicedo, C. (2008). *Biodegradación de las Hojas de la especie Eucalyptus globulus en el Parque Metropolitano Guangüiltagua de Quito mediante un proceso compostaje y su posible utilización en el mejoramiento de las características del suelo de la zona*. Quito-Ecuador: Universidad Internacional SEK.
- Campbell, R., Moriarty, J., Derham, J., & Gaillot O, F. U. (2011). *Protocol For The Evaluation Of Biodegradable: Municipal Waste Sent To Landfill*. USA: Environmental Protection Agency.
- Casco, E. (2015). *DETERMINACIÓN DE CARBONO Y NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. AÑO 2014-2015*. Quito-Ecuador: Universidad Internacional SEK.
- Colomer, F., & Izquierdo, A. (2007). *Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos*. Limusa, S.A. de C.V.
- CONJUPAS. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia "Limoncocha"*. Sucumbíos: Consorcio de Juntas Parroquiales Rurales de la Provincia de Sucumbíos.
- Coral, K. (2015). *Tratamiento de Residuos Sólidos*. Quito: Universidad Internacional SEK (no publicado).
- Cuervo, L., Folch, J., & Quiroz, R. (2001). *Lignocelulosa Como Fuente de Azúcares Para La Producción de Etanol*. México: Centro de Investigación en Biotecnología, UAEM.
- Dirección General de Medio Ambiente. (2000). *Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos*. Bélgica: Comisión Europea.

- Empresa Metropolitana de Aseo. (EMASEO). (2014). *Contenerización Soterrada de la basura y Clasificación de residuos en el DMQ*. Quito-Ecuador: Distrito Metropolitano de Quito,.
- Espinosa, A. (2013). *Validación del Método de Cuantificación de Carbono y Metano como Gases de Efecto Invernadero en los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito (tesis de pregrado)*. Quito-Ecuador: Universidad Internacional SEK.
- Fuentes, J. (2013). *Los Residuos Urbanos y Asimilables*. Madrid-España: Universidad de Almería.
- GAD-Shushufindi. (2013). *MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL CANTON SHUSHUFINDI*. Shushufindi-Sucumbíos: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Shushufindi.
- Gaggero, E., & Ordoñez, M. (2007). *Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos*. Buenos Aires-Argentina: Subsecretaría de Educación de Buenos Aires.
- Gordillo, F., & Chávez, E. (2012). *Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros*. Guayaquil-Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Greenpeace . (2005). *Recomendaciones para un Tratamiento Ambientalmente Saludable de los Residuos Orgánicos*. Argentina: Greenpeace Argentina.
- Haug, R. (1993). *The Practical Hadnbook of Compost Engineering*. Boca Raton-FL: Lewis Publishers.
- Hidalgo, D. (2006). *Aislamiento, Identificación y Caracterización de microorganismos con capacidad enzimática en procesos de compostaje en fase termófila (tesis de pregrado)*. Escuela Politécnica del Ejército (ESPE).
- Hills, D. (1979). *Effects of Carbon:Nitrogen Ratio on Anaerobic Digestion of Dairy Manure*. California-USA: Agricultural Engineering Department, University of California.
- Huerta, O., Martínez, X., Gallart, M., Soliva, M., & Lólez, M. (2010). *EL USO DE COMPOST DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES COMO ENMIENDA ORGÁNICA: APORTACIONES DE DIFERENTES COMPONENTES SEGÚN ORIGEN*. Barcelona-España: Universidad Politecnica de Calalunia .

- Iglesias, E., & Perez, V. (1992). *Relationships between Organic Carbon and Total Organic Matter in Municipal Solid Wastes and City Refuse Composts*. Spain: Bioresource Technology (41).pp. 265-272.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. (2001). *Determinación de Nitrógeno Total Método Semi-micro Kjeldahl*. Venezuela: Sistema de Información Agrícola Nacional.
- Lezcano, M. (2001). *Recolección, Clasificación y Tratamiento de los Residuos Sólidos Domiciliarios. Una Breve Reseña Histórica*. España.
- Lugo, S. (1998). *Evaluación de los Proyectos de Compostaje en el Ecuador*. Quito-Ecuador: Fundación Natura - REPAMAR - CEPIS - G.T.Z. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/repamar/gtzproye/compost/compost.html>
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental. (1ra ed.)*. España: Editorial Reverté, S.A.
- Marañón, K. (2015). *MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CABECERA PARROQUIAL DE LIMONCOCHA (tesis de pregrado)*. Quito-Ecuador: Universidad Internacional SEK.
- Moreno, J., García, J., Pascual, J., & Bernal, M. (2014). *De Residuo a Recurso: El Camino hacia la Sustentabilidad*. Madrid-España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Navarro, R. (2008). *Manual para hacer composta Aeróbica*. El Salvador: CESTA Amigos de la Tierra.
- Neira, F., Suza, M., & Robles, K. (2013). Usos sostenibles de la biodiversidad en un área protegida de la Amazonía ecuatoriana (2006-2011). *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 338-357.
- Orellana, D. (2012). *Análisis de residuos sólidos urbanos del DMQ para cuantificación de carbono y metano como gas de efecto invernadero. (Tesis de grado no publicada)*. Quito-Ecuador: Universidad Internacional SEK.
- Partido Político Avanza. (2014-2019). *PLAN DE TRABAJO PARA LA CANDIDATURA A LA JUNTA PARROQUIAL "LIMONCOCHA" CANDIDATOS: NOMINA DE CANDIDATOS PARA LA PARROQUIA LIMONCOCHA*. Limoncocha- Canton Shushufindi- Provincia de Sucumbios: PTL-2014-2019.

- Rios, A. (2009). *Gestion Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (Tesis de pregrado)*. Mexico, D.F.: Instituto Politecnico Nacional.
- Rodríguez, B., Sevillano, G., & Subraniam, P. (1985). *La fijación del nitrógeno atmosférico: una biotecnología en la producción agraria*. Salamanca-España: Centro de edafología y biología aplicada (CSIC).
- Sevilla, S. (2015). *Catedra de Derecho Ambiental*. Quito-Ecuador: Universidad Internacional SEK.
- Soliva, M., Lopez, M., & Huerta, O. (2008). *Pasado, Presente y Futuro del Compost. II INTERNATIONAL CONFERENCE on SOIL and COMPOST ECO-BIOLOGY*. Barcelona-España: Escuela Superior de Agricultura de Barcelona.
- Sztern, D., & Pravia, M. (1999). *Manual para la Elaboracion de Compost Bases Conceptuales y Procedimiento*. Panama: Organizacion Panamericana de la Salud .
- Thurber, M., & Perez, J. (2006). *Línea Base para la Actualización del Plan de Manejo de la Reserva Biológica Limoncocha*. Quito-Ecuador: WALSH Environmental Scientists and Engineers, INC.
- Urresta, M. (2003). *Evaluación de Impacto Ambiental Generado por Actividades Humanas en el Sector de la Laguna de Limoncocha y su Área de Influencia en la Distribución y Abundancia de la Población del Caimán Negro*. Quito-Ecuador: Universidad Internacional SEK.
- Villacis, Y. (2010). *Análisis de sustentabilidad del Manejo de Residuos Sólidos Municipales. Distrito Metropolitano de Quito, período 1990-2004 (Tesis de posgrado)*. Quito-Ecuador: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Younes, N. (2006). *Evaluación Multicriterial de los usos de la Biodiversidad, con énfasis en Especies Amenazadas, en la Reserva Biológica Limoncocha y su zona de amortiguamiento*. Quito-Ecuador: Universidad Internacional SEK.
- Zambrano, M. (2016). *ESTIMACION DEL POTENCIAL DE EMISIONES DE CARBONO (CO₂) Y METANO (CH₄) EQUIVALENTES A PARTIR DE RESIDUOS ORGANICOS DE ORIGEN VEGETAL PRODUCIDOS EN LOS HOGARES DE LA PARROQUIA COTOCOLLAO DEL*

DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (Tesis de postgrado no publicada). Quito-Ecuador: Universidad Internacional SEK.

Zorpas, A., Kapetanios, E., Zorpas, G., Karlis, P., Vlyssides, A., Haralambous, I., & Loizidou, M. (2000). *Compost produced from organic fraction of municipal solid waste, primary stabilized sewage sludge and natural zeolite*. Grecia : Journal of Hazardous Materials.

Zurita, K. (2010). *Elaboración de un Programa de Interpretación Ambiental y Turístico Para el Área de Uso Público de la Reserva Biológica Limoncocha (Tesis Pregrado)*. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.

ANEXO A. FORMATO DE REGISTRO DE MUESTREOS

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK		HOJA DE DATOS DETERMINACIÓN DE CARBONO Y NITRÓGENO						TESIS SEBASTIÁN TORO 2015-2016				
FORMATO MUESTREO												
Fecha	Lugar	Peso muestra Representativa Kg	CARBONO					NITROGENO			TOTAL	
			PESO CRISOLES	PESO MUESTRA	PESO SECADO	PESO INCINERADO	% LOI	%C	PESO MUESTRA	V. CONSUMIDO HCl (0.25 M) ml	%NTK	C/N
Septiembre	Limoncocha	12,5 Kg										
Octubre	Limoncocha	12,5 Kg										
Noviembre	Limoncocha	12,5 Kg										
Diciembre	Limoncocha	12,5 Kg										
Enero	Limoncocha	12,5 Kg										

ANEXO B. PREPARACIÓN DE REACTIVOS MÉTODO KJELDAHL.

- **Hidróxido de Sodio al 40%**

1. Se pesaron 200 g de Hidróxido de Sodio sólido (perlas) en una balanza.
2. Se recogieron 500 mL de agua destilada en un vaso de precipitación.
3. Se colocó el vaso de precipitación sobre el agitador mecánico. Mientras el agua estaba en movimiento, se fue agregando el hidróxido de sodio, poco a poco y lentamente.
4. Para evitar la formación de grumos, con la ayuda de una varilla agitadora, se movió la solución, en dirección contraria a la que el agitador mecánico hacia girar a la mezcla.
5. Se dejó enfriar la solución y se colocó en un envase previamente etiquetado.

La mezcla de agua con Hidróxido de Sodio genera una reacción exotérmica, por lo cual se requiere dejar enfriar la solución antes de usarla en cualquier proceso.

- **Mezcla Catalítica Kjeldahl**

1. Se pesaron 70 g de Sulfato de Potasio (K_2SO_4).
2. Se pesaron 10 g de Sulfato de Cobre ($CuSO_4$).
3. En un mortero se colocaron las dos sustancias químicas y con la ayuda de un pistilo se trituró la mezcla, hasta obtener un polvo con una textura fina.

- **Indicador Kjeldahl**

1. Se pesaron 140 mg de rojo de metilo y 50 mg de azul de metileno, y se colocaron en un recipiente apropiado.
2. En un vaso de precipitación se colocaron 100mL de Alcohol etílico.
3. En el vaso de precipitación se añadieron el rojo de metilo y el azul de metileno, pesados previamente.

4. La mezcla se colocó sobre un agitador mecánico durante una hora.
5. La solución obtenida se colocó en un envase de plástico etiquetado como Indicador de Nitrógeno.

- **Ácido Bórico al 5%**

1. Se pesaron 5g de Ácido bórico (en polvo).
2. En un vaso de precipitación se agregaron 100 mL de agua destilada, y se colocó el recipiente en un agitador mecánico.
3. Se añadió poco a poco el ácido al agua destilada, y se sometió a calentamiento durante 10 minutos.
4. Se dejó la solución agitándose durante 24 horas.

- **Ácido Clorhídrico 0.25 M**

1. Se midió 2.07 mL de ácido clorhídrico al 37%.
2. En un balón aforado de 100 mL se agregó el ácido clorhídrico y se completó con agua destilada hasta la medida de 100 mL.

ANEXO C. Fotografías

<p>Anexo Fotográfico</p>
<p>Fase de Campo</p>
<p>Cuarteo</p> <div data-bbox="304 1099 759 1440"></div> <div data-bbox="900 1099 1299 1440"></div>
<p>Preservación de la muestra y transporte</p>



Fase de laboratorio

Preparación de muestras



Determinación de Carbono

Secado



Tarado



Ignición



Determinación de Nitrógeno

Digestión



Destilación



Valoración

