



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“DETERMINACIÓN DE CARBONO Y NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS
ORGÁNICOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. AÑO
2014-2015”**

Realizado por:

ELIANA ESTEFANÍA CASCO ARGOTI

Director del proyecto:

Ing. Katty Coral

Como requisito para la obtención del título de:

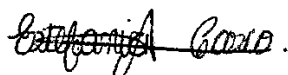
INGENIERA AMBIENTAL

Quito, 28 de Julio de 2015

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, ELIANA ESTEFANÍA CASCO ARGOTI, con cédula de identidad # 180512337-7, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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



Eliana Estefanía Casco Argoti

CC: 180512337-7

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“DETERMINACIÓN DE CARBONO Y NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS
ORGÁNICOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. AÑO 2014-2015”.**

Realizado por:

ELIANA ESTEFANÍA CASCO ARGOTI

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERA AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

KATTY VERÓNICA CORAL CARRILLO

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Katty Coral Carrillo', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Ing. Katty Coral Carrillo

DIRECTORA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

ESTEBAN OVIEDO

ANA RODRÍGUEZ

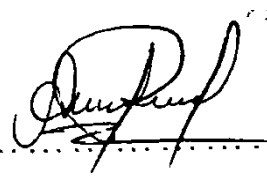
Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jorge Oviedo', written over a horizontal dotted line.

Jorge Oviedo

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ana Rodríguez', written over a horizontal dotted line.

Ana Rodríguez

Quito, 24 de julio de 2015

DEDICATORIA

“Tengo un sueño y lo cumpliré con dedicación y esmero, de la mano de Dios”.

A mi padre Adán, las adversidades por las que has pasado no te han vencido, has logrado grandes cosas por tu propio esfuerzo. Tu sabiduría, tu espíritu luchador y tu valentía, son la inspiración para cumplir mis metas.

A mi mami Margarita, reconozco la entrega y sacrificio que implico el convertirme en una buena estudiante, recuerdo las madrugadas de estudio en las que aunque el cansancio te dominaba siempre estabas ahí, para tomarme la lección. Te dedico este trabajo porque gracias a ti y a tu paciencia estoy a un paso de convertirme en Ingeniera Ambiental.

A mis hermanos Jassmina, Daniel, Anita e Issac, mi mayor esfuerzo por y para ustedes.

A mi sobrino Emilio, el regalo más grande que la vida me pudo dar.

AGRADECIMIENTOS

Terminar una tesis es la culminación de una etapa de arduo trabajo, estudio y esfuerzo. Sería muy difícil lograrlo si no es con el apoyo y estímulo de muchas personas.

Agradezco a mi Dios, por la vida y la salud, por protegerme siempre y por darme la fortaleza para enfrentar cada situación que se presenta en mi vida y lograr mis objetivos.

A mi familia, por apoyarme incondicionalmente en cada momento de mi vida.

A mis padres, porque en su afán de convertirme en una excelente profesional, se sacrificaron para darme un estudio de calidad.

A mi hermana Jassmina, por ser el ejemplo de una hermana mayor, tus consejos y palabras de aliento me permitieron llegar hasta aquí y ser quien soy.

A Katty Coral, quien fue un pilar fundamental no sólo en esta tesis sino en mi desarrollo profesional. Gracias por ser una gran maestra, por sus oportunos consejos y sus apropiadas directivas, pero sobre todo por ser un ejemplo de cuán lejos puede llegar una mujer luchadora, mi más sincera admiración.

A la Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos, por el apoyo brindado a través de la aprobación de la autorización de ingreso a cada una de las Estaciones de Transferencia de la ciudad.

Al Ing. Esteban Oviedo y a la Ing. Ana Rodríguez porque además de haber sido excelentes profesores durante mi formación universitaria, me apoyaron incondicionalmente durante el desarrollo de la investigación, aportándome sus valiosas opiniones y conocimientos.

Al Dr. Carlos Ordoñez y al Ing. Miguel Vázquez, el desarrollo de este trabajo no hubiese sido posible sin su colaboración en los procesos de laboratorio.

A Lorena Mafla, mi amiga incondicional, hermana y cómplice, tu amistad me ha dejado muchas cosas buenas, me has enseñado lo bueno de aventurarse por la vida y el valor de los detalles. Gracias amiga.

A mis amigas, pasamos por las mejores y peores etapas de la vida universitaria, nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y hasta ahora, seguimos manteniendo esa amistad: Victoria Ortega, Gabriela Jarrín, Lorena Mera, Joselin Pazmiño, Andrea Hidalgo y Alejandra Díaz.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
CAPÍTULO I	8
INTRODUCCIÓN	8
1.1. ANTECEDENTES	12
1.2. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	16
1.3. OBJETIVOS	24
1.3.1. Objetivo General	24
1.3.2. Objetivos Específicos	24
1.4. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO.....	24
1.4.1. Estación de Transferencia Norte-Zámbiza.....	26
1.4.2. Estación de Trasferencia Sur-Santa Rosa.....	28
1.4.3. Relleno Sanitario El Inga	30
CAPÍTULO II	32
MARCO TEÓRICO	32
1.5. MARCO LEGAL	32
1.5.1. Normativa Internacional.....	32
1.5.2. Normativa Nacional	33
1.5.2.1. Constitución de la República	33
1.5.2.2. Ley de Gestión Ambiental	34
1.5.2.3. Ley de Desarrollo Agrario	34
1.5.2.4. Acuerdo Ministerial 061 (2015).....	35
1.5.2.5. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) (2010)	36
1.5.2.6. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria	37
1.5.2.7. Resolución 002: Norma Técnica del Suelo.....	37

1.5.2.8. Ordenanza Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Distrito Metropolitano de Quito (OM 332, 2010).....	37
2.2. ESTUDIOS PREVIOS	38
2.3. MARCO CONCEPTUAL	43
2.3.1. Carbono	43
2.3.2. Nitrógeno.....	44
2.3.3. Residuos Sólidos Urbanos.....	45
2.3.4. Valorización de Residuos.....	47
2.3.5. Compostaje.....	47
2.3.6. Relación Carbono/Nitrógeno.....	47
CAPÍTULO III	49
METODOLOGÍA	49
3.1. NIVEL DE ESTUDIO.....	49
3.2. MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN	49
3.2.1. Fase de Campo	50
3.2.2. Fase de Laboratorio	51
3.2.2.1. Conservación de muestras.....	52
3.2.2.2. Determinación de Carbono	53
3.2.2.2.1. Cálculo del Porcentaje de Materia Orgánica y Carbono	55
3.2.2.3. Determinación de Nitrógeno.....	55
3.2.2.3.1. Cálculo de Concentración de Nitrógeno	58
3.2.2.4. Relación C/N.....	58
3.2.3. Volumen de aprovechamiento óptimo	59
3.3. MÉTODO	61
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	61
3.5. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	63
3.6. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS	63
3.7. PROCESAMIENTO DE DATOS	64
3.8. LEVANTAMIENTO DE DATOS	64
CAPÍTULO IV	65

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	65
4.1. CONCENTRACIONES DE CARBONO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (RSO) DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA	65
4.1.1. Porcentaje de Carbono en RSO de la Estación de Transferencia Norte.....	65
4.1.2. Porcentaje de Carbono en RSO de la Estación de Transferencia Sur	67
4.2. CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO (NTK) EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (RSO) DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA	69
4.2.1. Porcentaje de Nitrógeno de los RSO en la Estación de Transferencia Norte	69
4.2.2. Porcentaje de Nitrógeno de los RSO en la Estación de Transferencia Sur	71
4.3. RELACIÓN C/N EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (RSO) DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA	73
4.3.1. Relación C/N de los RSO de la ET Norte	73
4.3.2. Relación C/N de los RSO de la ET Sur.....	75
4.3.3. Comparación Relaciones C/N de RSO de ET Norte y ET Sur	77
4.4. DISCUSIÓN	78
CAPÍTULO V	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1. CONCLUSIONES	83
5.2. RECOMENDACIONES	91
CAPÍTULO VI	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXOS	105
ANEXO A. FORMATO DE REGISTRO DE MUESTREOS	105
ANEXO B. PROCEDIMIENTOS ANEXOS AL MÉTODO KJELDAHL	106
Preparación de Hidróxido de Sodio al 40%	106
Preparación de Indicador Kjeldahl	106
Preparación de Ácido Bórico al 5%	106
Preparación Mezcla Catalítica Kjeldahl	106
ANEXO C. TABLA DE RELACIONES C/N DE ALGUNOS PRODUCTOS	108
ANEXO D. FOTOGRAFÍAS	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Política de Reducción, reuso y reciclaje (3Rs) de los Residuos Sólidos Urbanos ..	19
Figura 2. Estación de Trasterencia Norte.....	27
Figura 3. Galpón de descarga de desechos con presencia de recicladores.....	28
Figura 4. Estación de Trasterencia Sur.	29
Figura 5. Relleno Sanitario El Inga.....	31
Figura 6. Composición de los RSU en el DMQ.....	46
Figura 7. Método de Cuarteo.	50
Figura 8. Método del Cuarteo para la presente investigación.	51
Figura 9. Concentraciones de Carbono en ET Norte	67
Figura 10. Tendencia de las concentraciones de Carbono en ET Sur.....	69
Figura 11. Concentración de Nitrógeno en ET Norte	71
Figura 12. Concentración de Nitrógeno en ET Sur.....	73
Figura 13. Relación C/N de los RSO de la ET Norte.....	75
Figura 14. Relación C/N de los RSO de la ET Sur	77
Figura 15. Comparación de Relaciones C/N ET Norte y ET Sur	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de RSU del Distrito Metropolitano de Quito (%)	40
Tabla 2. Composición Promedio de Subproductos Estación de Transferencia Norte.....	41
Tabla 3. Composición Promedio de Subproductos Estación de Transferencia Sur	41
Tabla 4. Consumo de Hidróxido de Sodio	62
Tabla 5. Resultados de Concentración de Carbono en ET Norte	66
Tabla 6. Análisis Estadístico	66
Tabla 7. Resultados de Concentración de Carbono en ET Sur	67
Tabla 8. Análisis Estadístico	68
Tabla 9. Concentración de NTK en RSO de ET Norte	69
Tabla 10. Análisis Estadístico	70
Tabla 11. Concentración de NTK en RSO de ET Sur.....	71
Tabla 12. Análisis Estadístico	72
Tabla 13. Relación C/N de RSO de la ET Norte.....	73
Tabla 14. Análisis Estadístico de Datos	74
Tabla 15. Relación C/N de RSO de la ET Sur	75
Tabla 16. Análisis Estadístico	76

RESUMEN

Se determinaron las concentraciones de carbono y nitrógeno presente en los residuos sólidos urbanos (RSU) del Distrito Metropolitano de Quito, en específico se analizaron los desechos de carácter orgánico correspondientes a frutas y verduras. La investigación se desarrolló en el período comprendido entre los meses de noviembre de 2014 y julio 2015, sin embargo, la experimentación como tal, se llevó a cabo entre los meses de marzo a junio de 2015, y constó 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 semana, de las Estaciones de Transferencia Norte y Sur de la ciudad, utilizando el método de cuarteo. La segunda fase fue la de laboratorio o de procesamiento de muestras, en la cual se aplicaron dos metodologías: pérdida por ignición (LOI) para cuantificar la concentración de carbono en las muestras, y el Método de Kjeldahl para el nitrógeno total (NTK), respectivamente. La finalidad de la cuantificación de estos elementos es obtener las relaciones C/N de las 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 elemento, y se obtuvieron resultados con una media de 50,44% carbono y 0,855% Nitrógeno Total por Kjeldahl (NTK) para ET Norte, y de 47,10%C y 0,873% NTK para ET Sur. Considerando que el parámetro que define la viabilidad de un proceso de compostaje es la relación Carbono-Nitrógeno, para este parámetro se obtuvieron valores de 62 para ET Norte y 57 para ET Sur. Los valores de la relación C/N se compararon con el rango óptimo establecido en la bibliografía (25-35/1), y en base a esto se determinó que los residuos seleccionados (frutas y verduras) por sí solos, no son viables de compostar, por lo cual se requiere experimentar con nuevas mezclas.

Palabras clave: Residuos sólidos orgánicos, carbono, nitrógeno, relación carbono-nitrógeno, pérdida por ignición, Kjeldahl, compostaje.

ABSTRACT

Concentrations of carbon and nitrogen present in municipal solid waste (MSW) of the Metropolitan District of Quito were determined, in particular organic waste corresponding to fruits and vegetables. The research was conducted in the period from November 2014 to July 2015, however, experimentation as such, was carried out between March and June 2015 and consisted of two phases. The first was the field or sampling phase, in which the organic solid waste samples were collected once a week, in Transfer Stations (North and South) of the city, using the quartering method. The second stage was the laboratory or sample processing, in which two methodologies were employed: loss on ignition (LOI) for measuring the carbon concentration in the samples, and the method for total Kjeldahl nitrogen (TKN), respectively. The purpose of quantification of these elements is obtain the C/N ratios of the blends and through this parameter establish the feasibility of using these wastes in composting processes.

Laboratory data were processed through specific formulas for each element, and results were obtained with an average of 50,44% of carbon and 0,855% of total nitrogen by Kjeldahl (NTK) in Transfer Station (TS) North, and 47,10% C and 0,873% NTK in Transfer Station South. Whereas the parameter that defines the feasibility of composting is the carbon-nitrogen ratio, for this parameter were obtained values of 62 for Transfer Station North and 57 for Transfer Station South. Values of C/N ratio were compared with the optimum range established in the references (25-35 / 1), and based on this it was determined that the selected waste (fruits and vegetables) by themselves are not viable for composting, for this reason is necessary experimenting with new blends.

Key words: Organic solid waste, carbon, nitrogen, carbon-nitrogen ratio, loss on ignition, Kjeldahl, composting.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) se considera como una de las problemáticas más importantes a las que tiene que enfrentarse la sociedad actual. El acelerado proceso de urbanización, el crecimiento poblacional e industrial, la modificación de los patrones de consumo, y la falta de una cultura ambiental, han generado excesivas cantidades de basura que en su mayoría van a parar a rellenos sanitarios o, en el peor de los casos en vertederos a cielo abierto, provocando una serie de problemas ambientales, sociales y económicos (**Adaptado de varios autores**).

De los residuos que a diario se producen son de vital importancia los de carácter orgánico, sobre todo porque hasta el día de hoy, su manejo en la mayoría de países en vías de desarrollo se ha limitado a la transferencia y disposición final, sin considerar los efectos negativos derivados de esta endeble gestión. Existen razones de importancia para desviar los residuos orgánicos de los rellenos sanitarios, y es que la separación y el tratamiento diferenciado de esta fracción disminuirá el nivel de contaminación provocado por los rellenos sanitarios (**Murray, 2002, citado en: Greenpeace, 2005**). Esto se debe a que los residuos orgánicos que son hacinados al descomponerse, contribuyen a la formación de ácidos orgánicos que pueden disolver los metales pesados y sustancias químicas peligrosas contenidas en los residuos y

migrar hacia el suelo o el agua. De igual manera, al descomponerse en ambientes anaeróbicos, producen metano. El metano, al liberarse a la atmósfera, genera un fuerte impacto en el problema del cambio climático, ya que este gas produce alrededor de 21 veces más daño que el dióxido de carbono en lo que al efecto invernadero se refiere. Y a la vez, al ser confinados en los rellenos ocupan grandes superficies, disminuye el tiempo de vida útil de estos lugares. Desde otro punto de vista, hay que considerar a la materia orgánica como fuente de nutrientes que fue removida del suelo, y que debería volver allí para cerrar el círculo propio de una producción sustentable (**Röben, 2002**).

En los países desarrollados la porción orgánica de los residuos representa el 20%, mientras que en los países en vías de desarrollo estos desechos alcanzan un valor de 57%, aproximadamente (**Adaptado de varios autores**). En el Distrito Metropolitano de Quito el porcentaje de estos residuos es de alrededor de 60% (**EMASEO, 2015**). Por lo que la correcta disposición de estos residuos es un factor clave para lograr la meta propuesta por la política de “Cero Basura” que lleva a cabo el Municipio de Quito, el cual implica la separación de la basura desde la fuente y reducir su producción mediante la aplicación de distintas alternativas; generando empleos, además de que alargará la vida útil de los rellenos sanitarios (**Secretaría de Comunicación, 2015 & Ochoa, 2014**).

Las alternativas más ventajosas ambientalmente para el tratamiento de residuos orgánicos son las que permiten la recuperación o el reciclaje de los recursos contenidos en ellos. Entre estos se cuenta con procesos como la utilización con o sin tratamiento como abonos en agricultura y para alimentación animal, la obtención de biocombustibles y de productos microbianos específicos, y la extracción de diversos derivados de la lignocelulosa de interés industrial.

Operaciones de eliminación como la incineración sin recuperación de energía o la disposición en vertederos, suponen una pérdida de recursos naturales y contribuyen a la contaminación ambiental, por lo que no pueden ser aceptadas (**Sztern & Pravia, 1999**).

De los métodos propuestos, los biológicos son los que despiertan mayor interés, sobre todo porque en términos económicos requieren de una menor inversión en comparación con los otros. Dentro de estas alternativas se encuentran el compostaje y la biodigestión. La diferencia entre estos dos métodos es que en el primero se obtiene un producto que puede ser utilizado como un abono orgánico, mientras que en el segundo se obtiene esta sustancia que puede ser utilizada para abonar y además un gas con una alta proporción de metano que puede utilizarse como fuente de energía ya que se produce de una manera controlada y aprovechable (**Greenpeace, 2005**).

En particular, el compostaje es una tecnología sencilla y económica para aprovechar toda clase de basura biodegradable (desechos de jardín o cocina, papeles, estiércoles animales, etc.). Con ayuda de microorganismos y/o de lombrices se produce tierra humus de los desechos orgánicos. Y se puede aplicar tanto a gran escala (a nivel municipal o empresarial) como individualmente (en el jardín, en la finca) (**Adaptado de varios autores**).

Además de que para instalar una planta de compostaje no se necesita una gran inversión, y con su implementación la cantidad de basura destinada para la disposición final en un relleno o botadero se puede reducir a un 50 % (este porcentaje puede variar según la composición de la basura) (**Röben, 2002**).

Sin embargo, una de las mayores dificultades que se presentan a la hora de aplicar este tipo de tratamiento es que, al depender totalmente de la intervención de organismos vivos, necesitan de ciertas condiciones y un control técnico constante para ser eficientes. Existen varios parámetros que se controlan a la hora de iniciar el proceso de compostaje, no obstante, los más importantes se encuentran relacionados con la naturaleza y composición del sustrato (materia prima) a aplicarse, siendo de consideración dos elementos: carbono y nitrógeno **(Adaptado de varios autores)**. Por un lado, el carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción **(Sztern & Pravia, 1999)**.

Una relación C/N óptima de entrada, es decir de material "crudo o fresco" a compostar es de 25 unidades de carbono por una unidad de nitrógeno, es decir 25(C)/1(N). En términos generales, una relación C/N inicial de 25 a 35 se considera como adecuada para iniciar un proceso de compostaje. Si la relación C/N es inferior a 25 nos indica que el material tiene relativamente más Nitrógeno. Si la relación es mayor de 35, manifiesta que el material tiene relativamente más Carbono **(Sztern & Pravia, 1999)**.

Un material que presente una C/N superior a 35, requerirá para su biodegradación un mayor número de generaciones de microorganismos, y el tiempo necesario para alcanzar una relación C/N final entre 12-15 (considerada apropiada para uso agronómico) será mayor. Si el cociente entre estos dos elementos es inferior a 25 se producirán pérdidas importantes de nitrógeno en forma de amoníaco, provocando a su vez la generación de malos olores y un producto viscoso **(Adaptado de varios autores)**.

Una de los principales desafíos que se presentan a la hora de llevar a cabo o mantener un proyecto de compostaje en el Ecuador es el control de estos parámetros en la materia prima, en particular la relación carbono y nitrógeno, ya que en la mayoría de experiencias se lo ha hecho de forma empírica provocando que el proceso se demore más tiempo lo que genera un mayor gasto de recursos, a la vez que se genera un producto de mala calidad que por ende no puede ser comercializado, imposibilitando la continuidad de este tipo de tratamiento **(Adaptado de varios autores)**.

1.1. ANTECEDENTES

Los excesivos niveles de residuos que se generan día a día como resultado de la concentración de la población en núcleos urbanos y el aumento progresivo del nivel de vida, ha hecho ineludible la búsqueda de alternativas que permitan una adecuada gestión de los residuos sólidos urbanos. Ante la necesidad de encontrar una solución a este problema, y considerando que gran porcentaje de residuos que llegan a los rellenos sanitarios del mundo son de carácter orgánico, el compostaje se ha instaurado como tecnología potencial para el tratamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos **(Barrena, 2006)**.

El compostaje es una técnica muy antigua presente en la agricultura tradicional, que ha pasado de aplicarse sobre una producción puntual a tratar grandes cantidades de residuos. Este cambio obliga a pasar de un proceso relativamente sencillo a otro mucho más exigente en el cual se han de aplicar técnicas más rigurosas y bajo controles más estrictos **(Barrena, 2006)**.

La importancia que ha adquirido el compostaje como tecnología de tratamiento en los países desarrollados, se refleja claramente en la gran proliferación de plantas de compostaje implantadas en los últimos tiempos. A estas plantas de compostaje hay que sumar las nuevas

instalaciones de tratamiento biológico, los Ecoparques y las plantas de tratamiento mecánico-biológico que están en funcionamiento o se están construyendo (**Barrena, 2006**).

A nivel internacional existe una cantidad considerable de proyectos de compostaje que se están llevando a cabo, incluso, en países como Estados Unidos, Alemania, España y Francia, el compost ha llegado a tener rentabilidad económica mediante la venta de los materiales y el tratamiento de los desechos como servicio a la comunidad; en los países en vías de desarrollo casi no existen proyectos económicamente rentables en este campo (**Lugo, 1998**).

En los últimos años se ha producido un fenómeno de crecimiento en la construcción de plantas de tratamiento de RSU a nivel internacional. Este crecimiento se ha visto impulsado en parte por el aumento de generación de residuos y en parte por legislación vigente que prioriza el reciclaje y la valorización de residuos frente la deposición en vertederos (Barrena, 2006). Sin embargo, a nivel nacional, el desarrollo de esta tecnología ha sido deficiente (**Lugo, 1998**).

En el Ecuador existen cinco tipos de proyectos de compostaje clasificados en base al organismo que se ha encargado de la consecución de fondos y de la ejecución del mismo: municipales, comunitarios, privados, universitarios y mixtos.

Los proyectos de compostaje que existen en el país, en su mayoría, han partido de la elaboración de programas de agricultura orgánica para el mejoramiento de suelos y posteriormente algunos pasaron a integrar el conjunto de alternativas de aprovechamiento de desechos orgánicos (**Lugo, 1998**). Esto explica el que el proceso de elaboración de abonos orgánicos tenga una larga trayectoria, sin embargo su utilización como método de aprovechamiento de desechos sólidos orgánicos, es aún incipiente (**Lugo, 1998**).

Los proyectos de compostaje (P.C.) que se desarrollaron o se encontraban en funcionamiento en el país en el año 1998 y de los que se pudo obtener información, se encuentran los

siguientes: P.C. en la ciudad de Puyo provincia de Pastaza, a cargo de la Fundación Saar Entza; 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 mencionados, 75 % han logrado conseguir los objetivos propuestos en su totalidad. el 25 % de los proyectos restantes, los han conseguido sólo parcialmente. Estos son: Guaranda, Riobamba, Compostec, CATER – Loja. Cabe recalcar que de estos proyectos, el 50 % de los se halla en funcionamiento; el 25 % ha tenido un funcionamiento irregular y el 25 % ha terminado su ejecución (**Lugo, 1998**).

Un proceso de compostaje debe tener un control máximo sobre todos los aspectos técnicos que le permitan manejar adecuadamente el proyecto a la vez que asegure la obtención de un material de buena calidad. Sin embargo, en los proyectos citados anteriormente, el control técnico sobre cada uno de los aspectos de fabricación del compost fue escaso. En específico,

la relación carbono- nitrógeno solo se determinó en 6 de los 11 proyectos de compostaje. De éstos, en 5 el control fue más bien empírico mediante una mezcla de materiales carbonados y nitrogenados, y únicamente en el caso de la Universidad Técnica del Norte, se obtuvo un dato exacto de esta relación (**Lugo, 1998**).

Esto demuestra que en el Ecuador el compostaje no es un sistema tradicional de tratamiento de residuos pues está desarrollado mayoritariamente fuera del contexto municipal. En efecto, las organizaciones no gubernamentales, la comunidad y la empresa privada, han asumido parte del manejo de desechos sólidos (**Lugo, 1998**).

Son varios los factores que influyen para que el compostaje no sea una tecnología ampliamente desarrollada en el país. En primer lugar, no existe un marco legal nacional e institucional para el manejo de desechos sólidos que asegure la participación de todos los actores en el proceso. A su vez, los proyectos que cuentan con el apoyo municipal tienen inconvenientes con la organización interna de los municipios, la burocracia y en algunos casos intereses políticos. De igual manera, las municipalidades se han limitado a cubrir parcial y medianamente los procesos de recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos y en algunas ocasiones sin cumplir los requerimientos técnicos necesarios para realizar este trabajo. Además, la participación activa de la comunidad como responsable directa del consumo de recursos y la generación de residuos, es escasa. La población se limita a pagar por un servicio municipal de aseo (barrido de calles, recolección de desechos), pero no por una buena disposición y tratamiento de los mismos. Y finalmente, la mayor parte de los proyectos de compostaje que se han desarrollado en el país, enfrentan varios problemas de tipo técnico, económico, social y ambiental que impiden llegar a cumplir los objetivos planteados (**Lugo, 1998 & Barrena, 2006**).

A pesar de su importancia, la participación de las universidades en temas de compostaje es baja, representando el 35 % del total. Existen varios proyectos realizados por universidades en el país: proyecto de la Universidad Técnica Equinoccial en Puerto Quito, el cual utilizó los desechos de su granja experimental; proyecto de la Universidad de Loja, el cual se enfocó a trabajar con la comunidad pues su objetivo fue mejorar las condiciones de producción agrícola en las áreas experimentales; y, el proyecto de la Universidad Técnica del Norte, el cual fue el único que trabajó directamente como un plan piloto para el manejo de residuos sólidos del mercado Amazonas, por lo cual existió una participación directa del Municipio de Ibarra (**Lugo, 1998**).

La Universidad Internacional SEK a través de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, si bien aún no ha realizado proyectos de compostaje como tal, ha desarrollado varios proyectos de investigación que tienen por temática el análisis de Residuos Sólidos Urbanos, y en específico existe el estudio de **Arteaga (2014)**, en el cual indirectamente se determinó la viabilidad del uso de los Residuos Sólidos Orgánicos que se producen en el Distrito Metropolitano de Quito en compostaje. Los estudios realizados han logrado consolidar una importante base de datos, que a su vez, ha permitido analizar la viabilidad de posibles tecnologías que puedan implementarse para el adecuado manejo y disposición final de los RSU.

1.2. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

La generación de RSU es considerada como una de las acciones antrópicas que afectan gravemente al ambiente si no se maneja de forma adecuada (**Gaggero & Ordoñez, s.f.**). El aumento de la generación de residuos ha sobrepasado su capacidad de manejo, lo que ha tornado creciente la utilización de malas prácticas o carencias en todos los segmentos del proceso de gestión de RSU (reducción, separación, recolección, transferencia, transporte,

tratamiento y disposición final), las cuales representan un gran riesgo para la salud y la calidad de vida, así como una constante amenaza para los ecosistemas (**Quito Ambiente, 2012 & Fuentes, s.f.**).

Las actividades de la moderna sociedad de consumo, el crecimiento demográfico y el incremento de las industrias, han generado un incremento exponencial de la producción de residuos en las últimas décadas, siendo los de naturaleza orgánica, por su volumen, los de mayor consideración (**Adaptado de varios autores**).

Los residuos orgánicos ocupan en el mundo un lugar prioritario desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo. Constituyen entre el 30 y el 65 % de los residuos domiciliarios, según lugar y clima, más del 85% de los residuos considerados agrícolas y un porcentaje no despreciable de residuos industriales, fundamentalmente vinculados a las agroindustrias (**Sztern & Pravia, 1999**). Su recogida y tratamiento en vertederos es tremendamente costosa, y exige importantes infraestructuras para minimizar las consecuencias ambientales negativas derivadas de su recolección, transporte, acumulación, enterramiento o incineración (**BVSDE, 2004 & Barrena, 2006**).

El interés existente en la actualidad por la recuperación de los desechos sólidos orgánicos, enlaza dos aspectos ambientales de gran importancia, el alto nivel de producción de desechos orgánicos exige un tratamiento adecuado para reducir la contaminación generada por malos olores, gases, lixiviados y reproducción de insectos vectores de enfermedades o roedores; y, la mala utilización del recurso suelo que ha provocado su deterioro, por lo cual es necesario buscar alternativas ambientalmente sanas para mejorar la calidad de la producción agrícola (**Lugo, 1998 & Rodríguez y Córdova, 2006**).

Una gestión de residuos adecuada, independientemente del tipo de material con el que se esté tratando, parte de emprender actividades en base a una jerarquía: «prevención, reutilización,

valorización material, valorización energética y eliminación o vertido». Dicha jerarquía está basada en la contribución de cada una de estas opciones a un desarrollo sostenible (**Dirección General de Medio Ambiente, 2000**).

Con la finalidad de conseguir una gestión sostenible e integrada de los residuos, es necesario que las prácticas de gestión de residuos se dirijan hacia las opciones superiores de esta jerarquía frente a lo que se observa en la situación actual, en la que una parte considerable de los residuos, en la mayoría de países, se envía a vertederos (**Dirección General de Medio Ambiente, 2000**).

La jerarquía se representa como una pirámide invertida en donde como primer paso se presenta la reducción en la generación que, a través de un cambio en los patrones de fabricación y de consumo, se disminuye la cantidad de los residuos generados. La segunda etapa es el reuso, que consiste en volver a usar un residuo para el mismo uso original o para otro uso. La siguiente etapa es el reciclaje que se define como la transformación de un residuo en un nuevo satisfactor. A diferencia del reuso, en el reciclaje se requieren de materiales, energía y trabajo para la transformación del residuo. Debido a que el costo ambiental del reciclaje es mayor que el reuso, y el del reuso mayor que el de la reducción, técnica y económicamente se propone primero buscar la reducción, luego el reuso y, por último, el reciclaje. Como último paso, los residuos que no pudieron ser evitados, reusados o reciclados deberán ser confinados y aislados del medio ambiente para que no se genere contaminación, esto es, llevados a su confinamiento o disposición final. En un manejo integrado de residuos, se busca aplicar las 3Rs y, sólo después de ello, se procederá a la disposición final (Figura 1) (**Rodríguez & Córdova, 2006**).

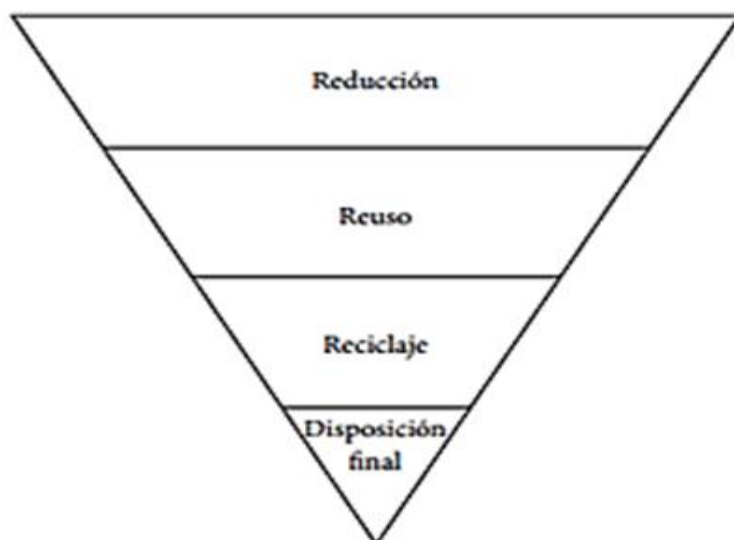


Figura 1. Política de Reducción, reuso y reciclaje (3Rs) de los Residuos Sólidos Urbanos (**Rodríguez & Córdova, 2006**).

El reciclaje representa una forma de tratamiento de los RSU, enfocada en convertir un residuo en un producto útil (en muchos casos, una mercancía). El tratamiento se clasifica, de acuerdo con los cambios que se generan en el residuo en: físico, químico y biológico. El tratamiento biológico cambia la estructura química del residuo a través de la acción de seres vivos. Este tratamiento se puede dividir, según el tipo de biorreacción principal, en aeróbico y anaeróbico, de acuerdo a la dependencia de oxígeno en el proceso (**Rodríguez & Córdova, 2006**).

Una de las razones por las cuales nuestro país puede realizar proyectos de compostaje es que los porcentajes de producción de desechos sólidos orgánicos en el Ecuador son muy altos (**Lugo, 1998**). Sin embargo, la falta de investigaciones y consecuentemente de información precisa en cuanto al potencial aprovechable de los RSU en el Ecuador, ha generado que la gestión de residuos en las diferentes administraciones municipales del país sea limitada, salvo algunas excepciones, como la ciudad de Loja.

En la actualidad el Municipio de Loja cuenta con un programa integrado de manejo de residuos sólidos, que se encarga de la gestión de aproximadamente 150 ton/día (0,7 kg/hab*día.) de residuos sólidos manejo, de los cuales un 40% es inorgánico y 60% orgánico. La gestión de residuos en la ciudad consta de cuatro fases: el barrido, la recolección, el transporte y la disposición final. Una de las etapas que denotan la eficiencia este sistema es la recolección, ya que esta parte del programa de clasificación domiciliaria (en la fuente), en donde los desechos son separados en los hogares entre orgánicos e inorgánicos. Los desechos orgánicos son depositados en un recipiente de color verde y recogido los días lunes, miércoles y viernes. Mientras que los residuos inorgánicos son ubicados en recipientes de color negro y son recogidos los días martes, jueves y sábado. De esta manera se logra que los residuos que ingresan al centro de acopio sean gestionados de acuerdo a sus características y enviados a diferentes áreas. Los residuos inorgánicos son enviados a la planta de reciclaje; los orgánicos a la planta de lombricultura; los peligrosos se colocan en una celda de confinamiento; y, únicamente aquellos residuos que no tienen un potencial aprovechamiento, son almacenados en el relleno sanitario (**Ilustre Municipio de Loja, 2015**).

El éxito de la adecuada gestión de residuos en la ciudad se debe en gran medida al alto grado de participación ciudadana, la cual es resultado de un programa social de capacitaciones basado en la educación ambiental de todos los ciudadanos periódicamente desde hace diez años. De esta manera se ha logrado tener una ciudad más limpia y eficiente en cuanto al manejo de residuos (**Ilustre Municipio de Loja, 2015**).

En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) la situación es completamente diferente, la cobertura de recolección, la falta de tratamiento y reciclaje de la basura se percibe como el segundo problema ambiental de importancia. En la ciudad se generan a diario aproximadamente 1.800 toneladas de basura (0,8 kg/día por persona), que son recolectadas por la Empresa Pública Metropolitana de Aseo (**Consejo Metropolitano de Planificación,**

2011). Del total de residuos recolectados, aproximadamente el 60% son residuos orgánicos **(EMGIRS-EP, 2015).**

Por lo cual, ante el continuo incremento de la generación de residuos en la ciudad, el reciclaje y la valorización de residuos deben ser planteados como alternativa a su deposición en vertederos. Para el caso específico del reciclaje de residuos orgánicos, el compostaje se presenta como una tecnología sostenible para su tratamiento **(Lugo, 2008 & Barrena, 2006).**

En Ecuador existen pocas experiencias que hayan empleado el compostaje como una alternativa de tratamiento de residuos. Por diversas razones, el componente orgánico de los residuos, que es de interés para este trabajo, ha sido escasamente manejado a pesar de los múltiples beneficios que se generarían si estos son compostados y convertidos en abono orgánico **(Villacís, 2010).**

Según **Lugo (1998), Sztern y Pravia (1999), Barrena (2006), Rodríguez y Córdova (2006) & Rosal, Pérez, Arcos y Dios (2007),** dentro de la problemática del manejo de los desechos sólidos el compostaje se plantea como una tecnología que ofrece múltiples beneficios, entre los cuales están:

- Es la opción más respetuosa con el medio si se compara con el vertido directo, la estabilización para vertido por tratamientos mecánicos-biológicos o la incineración.
- Reduce hasta un 50% en el peso de los residuos que van a ser depositados en el sitio de disposición final, y por consiguiente disminuye los niveles de contaminación que producen los residuos orgánicos por el proceso natural de descomposición.
- Ayuda a mitigar grandes impactos ambientales de repercusión global, como el calentamiento global y el efecto invernadero (reducción de emisiones de metano y actúa como sumidero de carbono).

- Valorización de los residuos orgánicos mediante la degradación y estabilización de su contenido en materia orgánica.
- Aumenta las posibilidades de producción de viveros y jardines en zonas urbanas o poblaciones en proceso de crecimiento que no cuentan con terrenos fértiles para ello.
- Aumenta el nivel de la oferta de abonos orgánicos existentes para poblaciones rurales.
- Actúa como una enmienda orgánica en la restauración de suelos amenazados por la erosión y afectados en mayor o menor medida por algún tipo de degradación
- Crear una conciencia ambiental en la población en cuanto a los hábitos de separación de desechos en origen y la utilización que éstos pueden tener.

Si bien es cierto, los programas de manejo de residuos deben estar fundamentados en el conocimiento de la composición y características de residuos y las condiciones de los mercados de los reciclables, en proyectos de compostaje también es importante tener en cuenta que algunos aspectos no pueden ser adoptados o basarse exclusivamente en las experiencias de otras localidades, ya que esto podría ocasionar que el programa no funcione. Por tal motivo, para llevar a cabo un proyecto en una determinada localidad se requieren de análisis particulares (**Aguilar-Virgen, Armijo de la Vega, Taboada-González & Aguilar, 2010**).

El hecho de que el compostaje sea biooxidativo exige una condición biológica que lo hace diferente de procesos físicos y químicos, así como de aquellos que no se realicen de forma aeróbica. Al estar regido por reacciones en las que actúan los ciclos biológicos de los microorganismos que intervienen en ellas, el compostaje requiere un tiempo mínimo. Por tanto, si se requiere obtener un producto final útil como fertilizante (material orgánico estabilizado), no se puede dejar transcurrir espontáneamente, sino que en él han de controlarse las variables necesarias para garantizar la total terminación del proceso en un tiempo corto y

con unos costes mínimos (**Hedegaard et al, 1996; De Bertoldi et al, 1985; Körner et al, 2003, citado en: Márquez, Díaz & Cabrera, 2008**).

Las variables más importantes que afectan a los sistemas de compostaje pueden ser clasificados en dos tipos de parámetros en los que hay que establecer un control: parámetros de seguimiento, que son aquellos que han de ser medidos, seguidos durante todo el proceso y adecuados, en caso de ser necesario, para que sus valores se encuentren en los intervalos considerados correctos para cada fase del proceso (**Jeris et al, 1973, citado en: Márquez, Díaz & Cabrera, 2008**); y, parámetros relativos a la naturaleza del sustrato, que son aquellos que han de ser medidos y adecuados a su valores correctos fundamentalmente al inicio del proceso (**Madejón et al, 2001, citado en: Márquez, Díaz & Cabrera, 2008**). Entre los parámetros de seguimiento se encuentran: temperatura, humedad, pH, aireación y espacio de aire libre. Entre los relativos a la naturaleza del sustrato: tamaño de partícula, relaciones C/N y C/P, nutrientes, materia orgánica y conductividad eléctrica. Los valores o intervalos óptimos están influenciados por las condiciones ambientales, el tipo de residuo a tratar y el sistema de compostaje elegido (**Márquez, Díaz & Cabrera, 2008**).

Si bien todos los parámetros citados anteriormente son importantes en un proceso de compostaje, los componentes críticos son: carbono y nitrógeno. Estos dos elementos son esenciales para la nutrición de los microorganismos que degradan la materia orgánica, y deben encontrarse en proporciones adecuadas para un buen compostaje (**Martínez y Carpi, 2006 & Rodríguez y Córdova, 2006**).

Los microorganismos de una composta utilizan el carbono para conseguir energía, y el nitrógeno para la síntesis de proteínas. El parámetro que mide esta proporción se llama relación “carbono/nitrógeno” (C/N), y los valores ideales de esta relación C/N para un buen compostaje se encuentran entre 25 y 35 (esto es, 25 de C por uno de N y 35 de C por uno de

N). Si el material de partida contiene demasiado carbono, la relación será muy alta y el proceso será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono. Si, por el contrario, el material contiene demasiado nitrógeno, la relación es baja y se producirán pérdidas de este elemento en forma de amoníaco (NH₃) (Martínez y Carpi, 2006; Rodríguez y Córdova, 2006 & Pérez y Moreno, 2007).

La relación C/N se debe utilizar con cuidado, en el caso de los residuos sólidos urbanos, ya que los RSO contienen materiales orgánicos no asimilables a materia orgánica biodegradable (plásticos, textiles, etc.) y algunos de lenta biodegradación como la fracción vegetal, y la relación C/N no es la realmente disponible para los microorganismos (Moreno, García-Morales, Pascual & Bernal, 2014).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Determinar la cantidad de carbono y nitrógeno de los residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito.

1.3.2. Objetivos Específicos

- ∞ Determinar las relaciones C/N de los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) y compararlas con los límites óptimos establecidos en las fuentes bibliográficas.
- ∞ Analizar la viabilidad del uso de RSO en procesos de compostaje.
- ∞ Establecer el volumen de aprovechamiento óptimo de los RSO para procesos de compostaje.

1.4. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO

En el 2011 los 2.239.191 habitantes del DMQ generaron una cantidad equivalente a 1.791 toneladas de residuos sólidos al día, lo cual representa una generación promedio de residuos por persona de 0,8 kg/día según datos de la Secretaría de Ambiente. Esta cifra tiene una tendencia creciente de 2,3% anual, especialmente de plásticos. De este valor, aproximadamente 20Ton/día de residuos se recuperaron a través del reciclaje llevado a cabo por gestores, representando menos del 5% del potencial recuperable estimado en el DMQ. Y considerando que la recolección de residuos del DMQ tiene una cobertura del 97% del territorio, en los sitios a los que el servicio no cubre, por lo general los residuos son abandonados en quebradas, terrenos baldíos y otros sitios provisionales (**Consejo Metropolitano de Planificación, 2011**).

La basura generada por la población del DMQ que no es recuperada y que se encuentra dentro del área de cobertura de la empresa pública encargada, es recogida y transportada hacia cada una de las Estaciones de Transferencia con las que cuenta la ciudad, dependiendo del sector en el que hayan sido recogidos los desechos, centro-norte o centro-sur, estos son enviados a la Estación de Transferencia Norte (Zámbiza), o a la Estación de Transferencia Sur (Santa Rosa), respectivamente. Luego de ser transferidos, los residuos son apilados en camiones de alta carga y llevados hasta el sitio de disposición final, el Relleno Sanitario El Inga (**Consejo Metropolitano de Planificación, 2011 & EMASEO-EP, 2012**).

El sistema Integrado de Gestión de Residuos en Quito cuenta con una serie de actividades que para una adecuada administración están divididas entre dos entes, la Empresa Pública Metropolitana de Aseo EMASEO-EP y la Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos EMGIRS-EP (**Consejo Metropolitano de Planificación, 2011 & EMASEO-EP, 2012**).

EMASEO-EP, es actualmente la instancia pública encargada del barrido y recolección de residuos sólidos domiciliarios e industriales no peligrosos en el DMQ (**Consejo Metropolitano de Planificación, 2011 & EMASEO-EP, 2012**). La recolección de basura en los domicilios se hace a través de la modalidad “a pie de vereda”, el servicio tiene una frecuencia inter-diaria y se encarga de la limpieza del espacio público, baldeo de plazas emblemáticas y el transporte de residuos del Norte, Centro, Sur y parroquias no descentralizadas de Quito. A partir de información recolectada por la empresa se sabe que diariamente se recogen aproximadamente 1700 toneladas de residuos (97% del cobertura) (**EMASEO-EP, 2012**).

La Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos, EMGIRS EP, a partir de abril del 2011 se encarga de la operación de las Estaciones de Transferencia Norte y Sur, y del Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito (**EMGIRS-EP⁴, s.f.**). Su gestión se orienta a consolidar un sistema articulado que estandarice procedimientos, roles, actores y obligaciones en torno al manejo de residuos sólidos y los pasivos ambientales en torno al Relleno (**Consejo Metropolitano de Planificación, 2011**).

1.4.1. Estación de Transferencia Norte-Zámbiza

Según **EMGIRS-EP¹, s.f.**:

La Estación de Transferencia Norte es un sitio de descarga y almacenamiento de alta capacidad en el que se receptan los residuos generados en la zona centro-norte del Distrito Metropolitano de Quito. Se encuentra ubicada en la Av. De las Palmeras y Av. Eloy Alfaro.



Figura 2. Estación de Tránsito Norte (EMGIRS¹, s.f).

La Estación se mantiene operativa de lunes a sábado las 24 horas, mientras que los domingos permanece cerrada de 14:00 a 22:00 horas.

El sistema de transporte que ingresa a la estación está a cargo de la operadora OPTRASEMBRES, y cuenta con 11 camiones, cada uno con una capacidad de carga de 25 toneladas aproximadamente. Trabajan las 24 horas del día y se realizan cerca de 1.000 viajes en un mes, mientras que EMASEO-EP ingresa con los vehículos de su flota de 8.3 toneladas cada uno, cerca de 3.150 veces mensualmente a las Estaciones de Tránsito.

La estructura del lugar de descarga está conformada de 11 andenes, de los cuales 3 están destinados para la separación de material reciclado.



Figura 3. Galpón de descarga de desechos con presencia de recicladores (EMGIRS-EP¹, s.f.).

Una de las características de importancia a considerar en la ET NORTE es la separación de residuos que se da en el lugar. Esta actividad es realizada de forma manual por la Asociación “Vida Nueva”, la cual está integrada por 225 recicladores divididos en dos turnos; en el día 150 y 75 en la noche.

Los recicladores recuperan de la estación aproximadamente 580 toneladas mensuales de material reutilizable. Los materiales que son recolectados son: botellas de plástico (PET), aluminio, cartón, papel y vidrio.

Posteriormente los desechos que no son reciclados son evacuados, mediante la utilización de equipos auxiliares (palas mecánicas) hacia los tracto camiones, que los transportan para la disposición final en el Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito.

1.4.2. Estación de Trasferencia Sur-Santa Rosa

Según EMGIRS-EP², s.f.:

La Estación de Transferencia Sur (ET SUR), es un sitio de carga directa de alta capacidad con compactadora de desechos, en la que se reciben los residuos generados en la zona sur y parte del centro del Distrito Metropolitano de Quito. Se encuentra ubicada en la Av. Simón Bolívar, Barrio San Blas II.

El área de transferencia de la ETSUR tiene una superficie de 1800 m².



Figura 4. Estación de Transferencia Sur (EMGIRS-EP², s.f).

La estación se mantiene operativa las 24 horas los siete días de la semana en turnos diurno y nocturno.

El sistema de transporte es operado por OPTRASEMBRES y está compuesto de 11 camiones, con una carga aproximada de 25 toneladas cada uno. Los horarios de trabajo de los vehículos se dividen en dos turnos de 10 horas en el día y en la noche. Al mes se realizan 720 viajes

aproximadamente, mientras que EMASEO ingresa alrededor de unas 2.700 veces, con vehículos que tienen una capacidad de 8.3 toneladas cada uno.

Los residuos que ingresan a la estación son depositados temporalmente en el galpón de transferencia y mediante una cargadora frontal se los empuja hacia la tolva, que conecta directamente con el sistema de compactación de residuos, para reducir el volumen y optimizar su transportación.

En la actualidad en la ET SUR no se realiza separación de material reutilizable, por tanto los residuos que ingresan al lugar son compactados y enviados al Relleno Sanitario de la Ciudad.

1.4.3. Relleno Sanitario El Inga

Los residuos que no son reciclados en la ET NORTE, y en el caso de la ET SUR luego de ser compactados, son enviados al Relleno Sanitario El Inga, instalación que entró en funcionamiento en el año 2003, recibiendo, hasta el 2008, un total de 2.661.770 toneladas de residuos. El relleno se encuentra ubicado a 45 km de la ciudad de Quito, dentro de una zona industrial en el sector El Inga Bajo. El propósito de esta instalación es el tratamiento y disposición final de RSU, con el objetivo de minimizar riesgos, afectaciones sociales e impactos ambientales (**EMGIRS EP, 2012**).

El relleno sanitario cuenta con un área de 200 000 m² y 20 piscinas para el depósito de lixiviados y se calcula que tendrá una vida útil de 13 años (**EMASEO EP, 2012**). Al lugar llegan diariamente un aproximado de 1600 toneladas de desechos y se generan 300m³ de lixiviados diariamente (**Consejo Metropolitano de Planificación, 2011 & EMASEO EP, 2012**).



Figura5. Relleno Sanitario El Inga (EMGIRS-EP⁵, s.f).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1.5. MARCO LEGAL

La legislación que se tomó como referente para el desarrollo de la presente investigación, comprende un conjunto de normas que consideran de manera general o específica la gestión ambiental de los residuos sólidos y el desarrollo de tecnologías ambientalmente limpias que minimicen los impactos negativos de esta actividad en el ambiente. Considerando que son varios los cuerpos legales en los que se trata esta temática, para lograr un mejor entendimiento, se clasificó la normativa aplicable en internacional y nacional.

1.5.1. Normativa Internacional

En el ámbito internacional existen varios Convenios en el que Ecuador es un país signatario, esto implica que las mociones establecidas en cada uno de estos documentos legales deben “en teoría” ser cumplidas. Además, durante varios años el país ha participado en conversatorios internacionales, los cuales tienen por temática el cuidado del ambiente y los grandes problemas ambientales que enfrenta la humanidad en la actualidad. Según **Orellana (2012)**, entre los principales se encuentran:

- 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 Kyoto (1997).

Respecto a la “Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo” llevada a cabo en Río de Janeiro en el año 1992, se puede acotar que el programa de acción ahí elaborado (Agenda 21), constituye un compendio de temáticas ambientales de interés global con actividades específicas a llevar a cabo, entre ellas se encuentra la contaminación atmosférica, gestión de recursos y ecosistemas, gestión de agricultura así como gestión de residuos sólidos. Específicamente en el Capítulo 21 se habla de cuatro principales programas que Ecuador, como país firmante, se compromete a cumplir. Los programas son la minimización de los desechos, el aumento de la reutilización y el reciclaje, la eliminación y el tratamiento ecológicamente racional y la ampliación del alcance de los servicios. Hasta hoy en día, en el Ecuador no existe un cumplimiento estricto a la Agenda 21 (**Agenda 21, 1992; OPS/OMS, 2002, citado en: Simon-Vermot, 2010 & Orellana, 2012**).

Según el Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe (1997) la Agenda establece además, que cada país determinará sus propios programas para lograr el marco de acción antes mencionado, esto de acuerdo a sus condiciones locales y a sus capacidades económicas. Por ello, para el año 2000 los países en desarrollo debieron establecer criterios adecuados para disposición final de residuos y vigilancia ambiental, esto, para que cerca del año 2005, el 50% de sus residuos municipales ya hayan sido tratados correctamente (**Orellana, 2012**).

1.5.2. Normativa Nacional

1.5.2.1. Constitución de la República

La Constitución del Ecuador 2008 es un marco legal que, en términos generales, le da gran importancia al cuidado ambiental. En consecuencia, existen varios artículos en los que se establece el cuidado y protección del ambiente, el derecho a vivir en un ambiente sano, la prevención de la contaminación, y el incentivo para el desarrollo y uso de tecnologías ambientalmente limpias (Art. 14, 15, 27).

En los Artículos 264 y 415, respectivamente, se menciona que los gobiernos municipales en cumplimiento con las competencias exclusivas estipuladas en la Constitución, deben encargarse de la gestión de los residuos sólidos, lo que implica a su vez, el desarrollo de programas de reducción, reciclaje y tratamiento adecuado para estos desechos. **(Constitución, 2008).**

Si bien los artículos de la Constitución en los que se desarrolla la temática de ambiente y manejo de residuos son muy generales y ambiguos, representan la base de la presente investigación.

1.5.2.2. Ley de Gestión Ambiental

La Ley de Gestión Ambiental establece que la gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, responsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y a las culturas y prácticas tradicionales (Art.2).

Además, el Artículo 9, menciona que al Ministerio de Ambiente le corresponde, entre otras cosas, coordinar sistemas de control con los organismos competentes para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad referentes a los desechos.

1.5.2.3. Ley de Desarrollo Agrario

Las medidas ecológicas en la Ley de Desarrollo Agrario, Artículo 18, consideran que el Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través de sus organismos especializados,

adoptará las medidas aconsejadas por las consideraciones ecológicas que garanticen la utilización racional del suelo y exigirá que las personas naturales o jurídicas que realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales u obras de infraestructura que afecten negativamente a los suelos, adopten las medidas de conservación y recuperación que, con los debidos fundamentos técnicos y científicos, determinen las autoridades competentes.

En el ámbito de Investigación Agropecuaria, el Artículo 22, establece que las investigaciones se orientaran a elevar la productividad de los recursos humano y naturales mediante la generación y adopción de tecnologías de fácil difusión y aplicación a fin de incrementar la producción (...).

1.5.2.4. Acuerdo Ministerial 061 (2015)

Mediante este acuerdo se sustituye el Libro VI DEL Texto Unificado de Legislación Secundaria. Uno de los aspectos que se consideran en el A.M 061 es la gestión de residuos, cuyo enfoque es el aprovechamiento y valorización de residuos, mediante el establecimiento de herramientas de aplicación como el principio de jerarquización: prevención, minimización de la generación en la fuente, clasificación, aprovechamiento y/o valorización (incluye el reuso y reciclaje), tratamiento y disposición final. Además, establece como política de gestión de residuos el fortalecimiento de la educación ambiental, la participación ciudadana y una mayor conciencia en relación con el manejo de residuos y/o desechos. De igual manera, instituye el fomento de la investigación y uso de tecnologías para minimizar los impactos en el ambiente y la salud.

En la Sección I, Gestión Integral de Residuos y/o Desechos Sólidos no Peligrosos, en términos generales, se estipula todo lo concerniente al manejo apropiado de residuos. Entre los temas sobresalientes están: la implementación de fases para la minimización de residuos; la asignación de responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados; establecimiento de políticas generales de la gestión integral de los

residuos sólidos no peligrosos; normas técnicas para la gestión de residuos y competencias de la autoridad ambiental; análisis de la viabilidad técnica por parte de la Autoridad Ambiental Nacional a los estudios de factibilidad y diseños definitivos de los proyectos para la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos.

Asimismo el acuerdo hace énfasis en cada una de las fases que compone el manejo de desechos y/o residuos sólidos no peligrosos: minimización en la generación, separación en la fuente almacenamiento, recolección, transporte, acopio y/o transferencia, aprovechamiento, tratamiento y disposición final (Art. 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76 y 77).

En específico, para el tratamiento de residuos se establecen alternativas como procesos mecánicos, térmicos para recuperación de energía, biológicos para el compostaje y los que avale la autoridad ambiental. Además, se hace énfasis en la gestión de los residuos orgánicos, para reducir su volumen de disposición final (Art. 74).

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

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización establece, como competencia exclusiva de los gobiernos municipales, la prestación de servicio de manejo de desechos sólidos (Art. 55, d).

Además, instituye de forma imperativa que los gobiernos autónomos descentralizados municipales deben establecer progresivamente sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos contaminantes en cuerpos hídricos, tales como ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar, aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado, así como eliminar el vertido en redes de alcantarillado (Art. 136).

Finalmente, establece que esta competencia se ejercerá conforme las normativas propias del gobierno autónomo descentralizado (Art. 137).

1.5.2.6. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

Dentro de lo que se refiere al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, se encuentran pertinentes los siguientes títulos del Libro VI (Calidad Ambiental) para regir a 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.

1.5.2.7. Resolución 002: Norma Técnica del Suelo

La disposición general 3.7 establece que, con el fin de prevenir y mitigar la contaminación del recurso suelo, se deberá: incorporar técnicas apropiadas y procedimientos para la minimización, reuso y reciclaje de los residuos sólidos.

1.5.2.8. Ordenanza Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Distrito Metropolitano de Quito (OM 332, 2010).

La Ordenanza Metropolitana 332 hace referencia específicamente a la gestión de los residuos sólidos del DMQ, entre los capítulos de interés se encuentran:

Capítulo I: “Del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos”. En esta sección se establecen normas, principios y procedimientos, con el fin de regular dicho sistema. También se menciona una sección para la clasificación de residuos.

Capítulo II: “Componentes Funcionales del Sistema”. En este apartado se establecen los mecanismos de barrido, limpieza de vía pública, recolección, transporte, reutilización, reciclaje y disposición final de residuos.

Anexo I: “Reglas Técnicas de la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Distrito Metropolitano de Quito.”

2.2. ESTUDIOS PREVIOS

Si bien el análisis sobre la utilización de los residuos sólidos urbanos con fines de aprovechamiento en compostaje no es un tema nuevo, las investigaciones que se han realizado en cuanto a esta temática en Ecuador, son relativamente recientes. Entre los años 2003 y 2004 se hicieron trabajos de compost utilizando los residuos orgánicos del Mercado Central pero por motivos no especificados el trabajo cesó (**Ortiz, 2006, citado en: Arteaga, 2014**).

En la actualidad existen ya varios estudios de tesis por parte de instituciones universitarias relacionadas con la producción de compost a partir de residuos. A continuación algunos ejemplos de proyectos investigativos: *Aislamiento, identificación y caracterización de microorganismos con capacidad enzimática en procesos de compostaje en fase termófila* desarrollada por **Hidalgo (2006)**, la cual tiene como objetivo producir bioinoculantes para el aprovechamiento de residuos orgánicos urbanos y de florícolas mediante el proceso del compostaje; *Evaluación Comparativa de la Calidad del Compost* por **Gordillo & Chávez en 2012**, en la cual se evalúa la calidad del compost mediante la combinación de diferentes tipos de residuos; *Diseño Económico de una Compostera para Desechos de Flores*, desarrollado por **Alcocer & Cuascota (2011)**, en el que se rescata la implementación de una empresa productora de compost utilizando residuos florícolas, entre otros.

La Universidad Internacional SEK cuenta con una amplia base de datos sobre residuos sólidos urbanos, no obstante, la mayoría de investigaciones realizadas forman parte del

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” el mismo que es liderado por la Ingeniera Katty Coral (**Castillo, 2012**).

Según **Castillo (2012)**, el proyecto está conformado por las siguientes investigaciones:

- Determinación de la composición y densidad de los residuos sólidos urbanos del DMQ.
- Cuantificación de porcentaje de humedad y cenizas de los residuos sólidos urbanos del DMQ.
- Análisis de los residuos sólidos urbanos del DMQ para la cuantificación de carbono y metano como gas de efecto invernadero.
- Diseño e implementación del proyecto de educación ambiental para el aprovechamiento energético de RSU en el DMQ.

Si bien los estudios que forman parte del proyecto mencionado anteriormente se desarrollan en pro de un aprovechamiento energético, los datos que arrojaron estas investigaciones, y en particular la *Determinación de la composición y densidad de los residuos sólidos urbanos del DMQ*, contribuye al análisis de la posibilidad de incorporar nuevos tratamientos al sistema de manejo de residuos actual (**Ayala, 2013**). Un ejemplo de ello, es la utilización del compostaje de residuos como una tecnología limpia para la minimización de residuos.

La investigación de **Castillo (2012)**, *Determinación de la Composición y Densidad de los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito con fines de aprovechamiento energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero*, permitió el análisis de la viabilidad del desarrollo de investigaciones que traten el tema del compostaje de Residuos Sólidos Urbanos del DMQ, ya que los resultados permitieron conocer la composición de los residuos que llegan a cada una de las Estaciones de

Transferencia de la ciudad, y en particular, el contenido de materia orgánica que puede ser potencialmente utilizada para este fin (Tabla 1).

Tabla 1. Composición de RSU del Distrito Metropolitano de Quito (%)

ESTACIÓN	PAPEL Y CARTÓN (%)	TETRABRICK (%)	VIDRIO (%)	METALES (%)	TEXTILES (%)	PLÁSTICO (%)	M.O. (%)	PAÑALES y TOALLAS HIGIÉNICAS (%)	VAJILLA DESECHABLE (%)	OTROS (%)
ZAMBIZA	11.814	0.529	2.696	1.706	6.031	15.393	53.864	3.345	2.267	2.353
SANTA ROSA	12.208	1.363	2.563	1.844	6.886	15.650	52.543	1.741	2.886	2.316
PROMEDIO DMQ	12.012	0.947	2.630	1.775	6.460	15.522	53.202	2.541	2.577	2.335

Fuente: **Castillo, 2012**

Conjuntamente, existen datos que se han obtenido de las instancias públicas que manejan el tema de residuos en el DMQ, como es el caso de la EMGIRS-EP. En octubre del 2013 la empresa realizó la “Consultoría para la Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos Receptados en las Estaciones de Transferencia Norte y Sur del Distrito Metropolitano de Quito”, y se conocieron características específicas de cada grupo de residuos como: papel, plástico, cartón, vidrio, chatarra, envases tetrapak, residuos orgánicos y llantas usadas, es decir, qué porcentajes o cantidades de éstos son aptos para su aprovechamiento (Tabla 2 y 3) (**EMGIRS-EP, 2013**).

Tabla 2. Composición Promedio de Subproductos Estación de Transferencia Norte

MATERIAL	%
1. PAPEL	2,103%
2. CARTÓN	2,223%
3. COMPUESTOS (*)	0,601%
4. PELIGROSOS (PILAS, BATERÍAS)	0,046%
5. BOTELLAS PET (1)	2,983%
6. PLÁSTICOS ALTA DENSIDAD (2)	2,424%
7. FUNDAS PLÁSTICAS (BAJA DENSIDAD - 4)	5,326%
8. POLIPROPILENO (5)	2,578%
9. POLIESTIRENO (6)	1,132%
10. INERTES (LOSA, CERÁMICA, TIERRA)	0,223%
11. ORGÁNICOS DE JARDÍN	0,491%
12. ORGÁNICOS DE COCINA	56,391%
13. RECHAZOS (PAPEL HIGIENICO, PAÑALES)	9,966%
14. ELECTRÓNICOS	0,159%
15. TEXTILES	3,428%
16. METÁLICOS FERROSO	0,607%
17. METÁLICOS NO FERROSO	0,207%
18. VIDRIO	1,670%
19. MADERA	0,833%
20. MENOR A 1 CM	6,234%
21. HOSPITALARIOS Y MEDICAMENTOS	0,376%
22 OTROS	0,000%
TOTAL	100,000%

Fuente: EMGIRS-EP, 2013.

Tabla 3. Composición Promedio de Subproductos Estación de Transferencia Sur

MATERIAL	%
1. PAPEL	2,188%
2. CARTÓN	1,974%
3. COMPUESTOS (*)	0,686%
4. PELIGROSOS (PILAS, BATERÍAS)	0,040%
5. BOTELLAS PET (1)	3,012%
6. PLÁSTICOS ALTA DENSIDAD (2)	2,296%
7. FUNDAS PLÁSTICAS (BAJA DENSIDAD - 4)	5,527%
8. POLIPROPILENO (5)	2,150%
9. POLIESTIRENO (6)	0,920%
10. INERTES (LOSA, CERÁMICA, TIERRA)	0,382%
11. ORGÁNICOS DE JARDÍN	0,054%
12. ORGÁNICOS DE COCINA	57,673%
13. RECHAZOS (PAPEL HIGIENICO, PAÑALES)	8,568%
14. ELECTRÓNICOS	0,248%
15. TEXTILES	4,235%
16. METÁLICOS FERROSO	0,827%
17. METÁLICOS NO FERROSO	0,181%
18. VIDRIO	1,556%
19. MADERA	0,877%
20. MENOR A 1 CM	6,289%
21. HOSPITALARIOS Y MEDICAMENTOS	0,314%
22 OTROS	0,000%
TOTAL	100,000%

Fuente: EMGIRS-EP, 2013.

En base a los datos obtenidos por **Castillo (2012)** y **EMGIRS-EP (2013)**, se determinó que dado el contenido de material orgánico presente en los residuos del DMQ, entre un 53-57%,

el compostaje es una de las alternativas más viables para minimizar el volumen de estos residuos sólidos orgánicos que van al relleno sanitario El Inga.

Por otro lado, la investigación de **Arteaga (2014)**, *Evaluación de dos Técnicas de Pre-Tratamiento para la Degradación de Desechos Lignocelulósicos Provenientes del DMQ*, se enfocó en el análisis del aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos de forma viable por medio de la elaboración y metodología del proceso de compostaje y la evaluación de la calidad final del producto. En términos generales, este estudio proporcionó las bases para el desarrollo de la metodología a utilizarse en el laboratorio en cuanto a la determinación de carbono y nitrógeno, a la vez que, sus resultados sobre el análisis de la relación de C/N en el compost (25:1), permitieron concluir que el uso de esta técnica en la gestión de RSO es viable.

Otras investigaciones en cuanto a compost son la de **Velástegui (2009)**, *Caracterización físico-química y microbiológica de los lixiviados generados en las composteras del Parque Itchimbia*; la de **Caicedo (2009)**, *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*; y, la de **Sánchez (2006)**, *Mejoramiento de la Relación Carbono/Nitrógeno de los Residuos de Post-Cosecha de una florícola*. Sin bien estos estudios no toman en cuenta la utilización de residuos sólidos urbanos del DMQ en el compostaje, establecen características y variables que se deben tomar en cuenta durante el proceso.

De igual manera las tesis de **Orellana (2012)**, **Ayala (2013)**, **Espinosa (2013)** y **Ribadeneira (2014)**, establecen los protocolos que se debe llevar a cabo durante la fase de muestreo en cada una de las Estaciones de Transferencia de la Ciudad, así como el marco teórico para el cálculo del tamaño de la muestra.

Además de lo mencionado, **Orellana (2012)**, con su estudio *Análisis de Residuos Sólidos Urbanos del DMQ para Cuantificación de Carbono y Metano como Gas de Efecto Invernadero*; y, **Espinosa (2013)**, en *Validación del Método de Cuantificación de Carbono y Metano como Gases de Efecto Invernadero en los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito*, establecen las metodologías de análisis propias para los residuos sólidos urbanos generados en el Distrito, específicamente, para la determinación de porcentaje de carbono.

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

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Carbono

Según **Manahan (2007)**, *el carbono es un elemento esencial para la vida, y constituye un porcentaje alto del peso seco de los microorganismos* (p.116). Se puede hablar tanto de carbono elemental como de carbono orgánico. El carbono elemental se encuentra almacenado en la atmósfera y en los océanos, y entra a la biosfera a través de las plantas, las mismas que captan CO₂ de la atmósfera durante la fotosíntesis. El carbono es liberado a la atmósfera en forma de CO₂ por medio de la respiración de plantas y animales, por la quema de vegetación y por la descomposición de materia orgánica (**Amézquita et al, 2006**).

Los suelos contienen más carbono que la suma existente en la vegetación y en la atmósfera. El carbono en los suelos puede encontrarse en forma orgánica e inorgánica (**Jackson, 1964 & Swift, 2001, citado en: Martínez et al, 2008**).

El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8 % del C orgánico de la biosfera (**FAO, 2001, citado en: Martínez, Fuentes & Acevedo, 2008**). El suelo puede actuar como fuente o reservorio de carbono

dependiendo de su uso y manejo (**Lal et al., 1990, Lal, 1997, citado en Martínez et al, 2008**).

La disponibilidad de COS, afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, vinculadas con su: 1) calidad, 2) sustentabilidad y 3) capacidad productiva; por lo que en un manejo sustentable, el COS debe mantenerse o aumentarse (**Carter, 2002, Wander et al., 2002; Carter, 2002, Acevedo y Martínez, 2003 & Sánchez et al., 2004, Bauer y Black, 1994, citado en: Martínez et al, 2008**).

El Carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus y en formas muy condensadas de composición próxima al C elemental (**Jackson, 1964, citado en: Martínez et al, 2008**). En condiciones naturales, el C orgánico del suelo resulta del balance entre la incorporación al suelo del material orgánico fresco y la salida de C del suelo en forma de CO₂ a la atmósfera, erosión y lixiviación (**Swift, 2001, y Aguilera, 2000, citado en: Martínez et al, 2008**).

En temas de compostaje el Carbono es considerado como la energía. Los microorganismos necesitan de energía para realizar sus respectivas funciones, eso se traduce a la disponibilidad de carbono que tengan para cumplir con su metabolismo. Por eso se da importancia al carbono y la relación Carbono/Nitrógeno ya que es una de las variables fundamentales para que el proceso del compostaje tenga éxito en degradar la materia orgánica. Para demandas y almacenamiento de energía las necesidades de carbono son mucho mayores que las necesidades de nitrógeno. Por lo tanto la relación debe ser mayor la del carbono a la del nitrógeno, aproximadamente la relación óptima tanto para la demanda de energía como para el crecimiento va desde 25/1 a 35/1 de (C/N) (**Arteaga, 2014**).

2.3.2. Nitrógeno

Según **Perdomo & Barbazán (2010)**:

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.

Debido a la importancia del N en las plantas, junto al fósforo (P) y al potasio (K) se lo clasifica como macronutriente. Además, es en general el nutriente que más influye en el rendimiento y calidad del producto a obtener en la actividad agropecuaria.

En el compostaje el nitrógeno es considerado como la proteína. Así como la disponibilidad de carbono (energía) es muy importante para un microorganismo, para que cumpla su función de degradar o transformar la materia orgánica. De igual manera, lo es la cantidad de proteína que se traduce a nitrógeno, y que necesita un microorganismo para tener un crecimiento normal (Arteaga, 2010).

2.3.3. Residuos Sólidos Urbanos

El concepto de residuos sólidos urbanos ha sido definido a lo largo del tiempo de formas muy diversas. Así, la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico) define los residuos como *“aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no alcanzan, en el contexto en que son producidas, ningún valor económico; ello puede ser debido tanto a la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento, como a la inexistencia de un mercado para los productos recuperados”* (Bousoño, s.f., p. 2).

Los residuos urbanos o municipales también llamados residuos sólidos urbanos (RSU) *son los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades* (Bureau Veritas Formación, 2008, p. 256).

Según información publicada en la página de la Secretaria de Ambiente del Distrito Metropolitano, en febrero del 2012, Quito genera aproximadamente 1600 toneladas de RSU diarias, las cuales van al relleno sanitario El INGA 2 (Castillo, 2012). No obstante, para el año 2015 esta cantidad aumento hasta 2000 toneladas, con picos de hasta 2300 toneladas (Secretaria de Ambiente, 2015).

La composición de los residuos sólidos urbanos del DMQ es la siguiente:

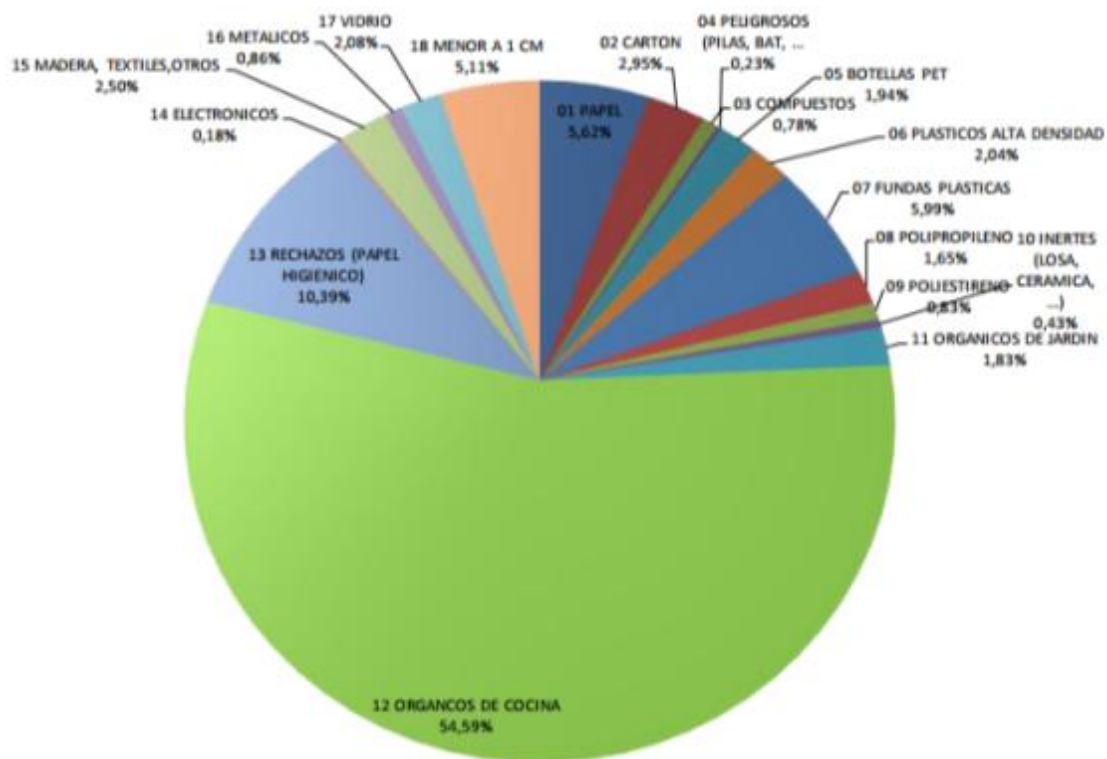


Figura6. Composición de los RSU en el DMQ (Carrillo, 2012)

La denominación Residuos Sólidos Urbanos hace referencia, en términos generales, a los residuos generados por cualquier actividad en los centros urbanos y en sus zonas de influencia. No obstante, nos ocuparemos brevemente, sólo de aquellos residuos urbanos donde el componente orgánico predomina, estos son: residuos sólidos domiciliarios, residuos provenientes de la limpieza y barrido de áreas públicas, residuos del

mantenimiento de arbolado, áreas verdes, recreativas públicas y privadas (**Sztern&Pravia, 1999**).

2.3.4. Valorización de Residuos

Según **Coral (2013)**, la valorización es “aquel procedimiento que permite el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que perjudiquen al ambiente” (p.4). Mediante la valorización energética se quiere aprovechar el contenido energético de los residuos y subproductos para de esta manera darles un nuevo uso.

2.3.5. Compostaje

Según **Haug (1993)**, citado en **Huerta, Martínez, Gallart, & López (s.f.)**, el compost es una materia orgánica que ha sido estabilizada hasta transformarse en un producto parecido a las sustancias húmicas del suelo, que está libre de patógenos y de semillas de malas hierbas, que no atrae insectos o vectores, que puede ser manipulada y almacenada sin ocasionar molestias y que es beneficiosa para el suelo y el crecimiento de las plantas. La concepción “que sea beneficiosa para el suelo y el crecimiento de las plantas” exige que el compost, entre otros factores, esté libre de contaminantes o que los presente en contenidos bajos. En este sentido, las posibilidades de comercialización y uso del compost dependerán, básicamente, de la calidad conseguida.

Para la obtención de un buen compost, lo mejor es la utilización de una gran variedad de materiales que estén muy bien triturados para la obtención rápida del producto. Con este fin, toda la materia prima que vaya a ser utilizada debe ser orgánica (**Velástegui, 2009**).

2.3.6. Relación Carbono/Nitrógeno

El carbono y nitrógeno son considerados como constituyentes básicos de la materia orgánica. La disponibilidad de estos elementos es probablemente uno de los aspectos más

importantes del compostaje, pues definen la velocidad de reacción del proceso (**Sztern & Pravia, 1999; Núñez-Solís, 2000; Rodríguez & Córdova, 2006; Fuentes, s.f. & Moreno y Moral, 2007**).

Es deseable que la relación carbono nitrógeno (C/N) este en el rango de 25 a 35/1 en la mezcla inicial. Si el residuo tiene una alta relación C/N, pero la materia orgánica es poco biodegradable, la relación C/N disponible realmente para los microorganismos es menor y el proceso evolucionara rápidamente, pero afectara solo a una proporción de la masa total. Si la relación C/N es muy baja el compostaje es más rápido pero el exceso de nitrógeno se desprende en forma amoniacal, produciéndose una autorregulación de la relación C/N del proceso (**Dalzell *et al*, 1991, Barrena, 2006 & Moreno y Moral, 2007**).

Según **Velástegui (2009)**, la cantidad de carbono necesaria es superior a la de nitrógeno, por dos razones fundamentales:

- Debido a que los microorganismos lo utilizan para la formación del material celular y como fuente de energía.
- Y porque está presente en el material celular en cantidad muy superior a la del nitrógeno, pero esta cantidad varía según el microorganismo.

Para que el proceso de compostaje se desarrolle correctamente es más importante conseguir un equilibrio entre los diferentes nutrientes, especialmente entre el nitrógeno (N) y el carbono (C), que un determinado contenido de ellos (**Soliva, 2001, citado en: Barrena, 2006**).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. NIVEL DE ESTUDIO

El presente estudio es de tipo exploratorio. La investigación se sustentó en información obtenida a partir de revisiones bibliográficas, conjuntamente con datos recogidos en campo para poder analizar las concentraciones de Carbono y Nitrógeno de los residuos sólidos orgánicos del DQM.

3.2. MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

La modalidad para la realización de esta investigación fue:

- ∞ De Campo: Se recolectaron las muestras de Residuos Sólidos Urbanos en las Estaciones de Transferencia de Santa Rosa (Sur) y Zámbriza (Norte). La metodología de muestreo se basó en el diseño del Dr. Kunitoshi Sakurai.
- ∞ Documental: El sustento teórico de la investigación se obtuvo a partir de medios impresos, audiovisuales y electrónicos.
- ∞ Proyecto de desarrollo: La investigación servirá como una guía para elaborar una propuesta viable en el tema de aprovechamiento agrícola de los RSU, y por consiguiente la reducción de la contaminación ambiental.

3.2.1. Fase de Campo

La fase de campo consistió en la recolección de muestras de residuos sólidos orgánicos en las Estaciones de Transferencia Norte y Sur del DMQ. Los muestreos se realizaron una vez por semana en cada estación, alternando los días y horarios (mañana y tarde) de recolección, ya que la composición y características de los residuos variaban dependiendo del sector y horario en el que fueron recolectados.

El método de muestreo aplicado fue el de cuarteo, desarrollado por el Dr. Kunitoshi Sakurai, mismo que fue adoptado previamente en las tesis del proyecto de investigación de Valoración Energética de los Residuos Sólidos Urbanos del DMQ.

El método de cuarteo, consiste en obtener una muestra representativa a partir de una cantidad de residuos determinada (Fig. 7). Por fines propios de la presente investigación se realizaron algunas modificaciones.

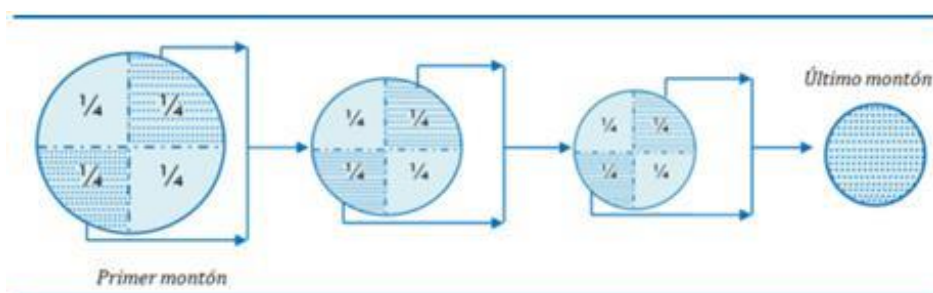


Figura 7. Método de Cuarteo (Ayala, 2013).

Considerando que los residuos que se requerían para el análisis en el laboratorio solo eran los de carácter orgánico, y en específico restos de frutas y verduras, se hizo una recolección selectiva, la cual consistió en pesar con la ayuda de una balanza de campo 50 kg de R.O. Una vez que se alcanzó el peso deseado se colocaron los residuos en el piso sobre fundas de basura limpias, para evitar que las muestras se llenen de polvo (Varón, 2009 & Castells,

2012). Luego se procedió a realizar los tres cuarteos. En el primer cuarteo se separaron los cuadrantes opuestos (A y D), (figura 8) y el resto de la muestra se retiró. Se formó una nueva muestra con los cuadrantes escogidos y se homogenizó nuevamente. Se dividió nuevamente la muestra en otras cuatro partes iguales, pero en esta ocasión se tomaron los cuadrantes opuestos (B y C) (figura 8) (Varón, 2009). Se repitió el proceso hasta obtener un tamaño de muestra de aproximadamente 6 kilogramos (figura 8).

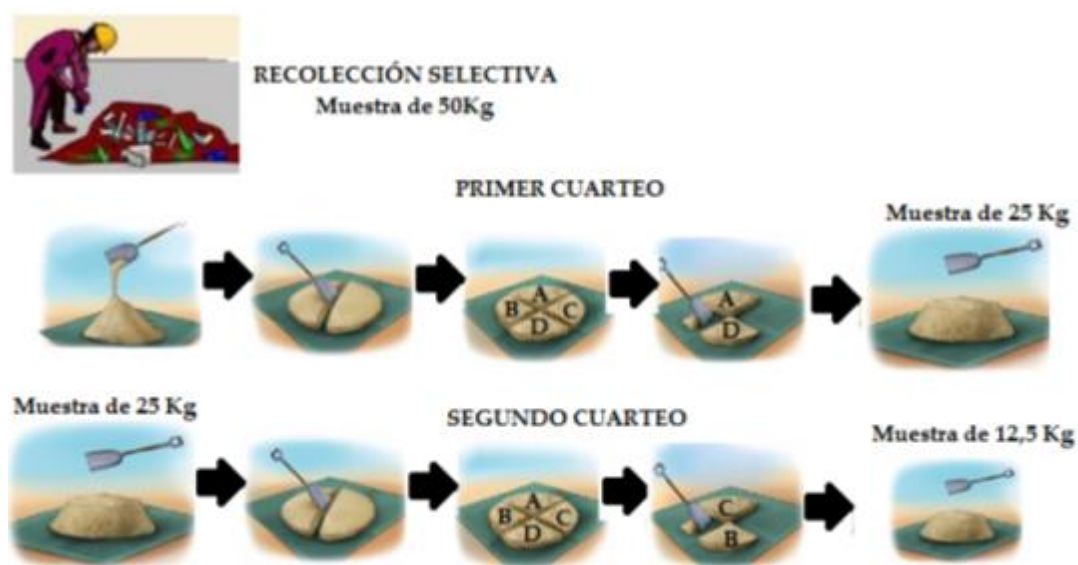


Figura 8. Método del Cuarteo para la presente investigación (Adaptado de varios autores).

La muestra final fue colocada en una bolsa de polietileno con cierre hermético, también conocidas como bolsas ZIPLOC, para conservar las características de los residuos. La bolsa fue debidamente etiquetada y trasladada al laboratorio de procesos de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK, en donde en caso de no ser procesadas inmediatamente, se colocaron en refrigeración (a 7-10 °C) hasta el momento del análisis con el fin de preservar sus características.

3.2.2. Fase de Laboratorio

3.2.2.1. Conservación de muestras

Un aspecto importante a considerar en la investigación es el tiempo transcurrido entre el muestreo y el procesamiento de las muestras. La tendencia de los materiales orgánicos a degradarse es elevada una vez que son depositados en los contenedores de calle, en base a esto se establece que cuanto menor sea el tiempo que pasa entre que se deposita la basura y se inicia el tratamiento de muestras, es mejor. Tiempos de permanencia elevados en contenedor o en los sitios de almacenamiento de muestras, contribuyen al aumento de la generación de lixiviados. Un exceso de generación de lixiviados durante la recepción implica la pérdida de humedad propia del material, considerando que este es un dato necesario para el cálculo del volumen de aprovechamiento óptimo, se requiere que este no sea alterado (**Moreno, García-Morales, Pascual & Bernal, 2014**).

Además, en el caso concreto de RSO, si en función de las pautas de recogida ha permanecido mucho tiempo en el contenedor o en bolsas cerradas, el pH disminuye (**Du Toit, 1987; Kirchmann & Lundvall, 1993; Lechner & Erwin, 1995; Salvadó, 1995, citado en: Moreno, García-Morales, Pascual & Bernal, 2014**). Por su naturaleza, la fracción orgánica de los residuos urbanos presentan un pH inicial entre 4,5 y 6 (**Eklind & Kirchmann, 2000; Adani et al, 2006, citado en: Moreno, García-Morales, Pascual & Bernal, 2014**). La acidez de estos residuos se debe a la presencia de ácidos orgánicos de cadena corta generados como consecuencia de los procesos de anaerobiosis que ocurren dentro de las bolsas de plástico donde los residuos urbanos son almacenados para su recolección (**Adani et al, 2006 & López et al, 2010, citado en: Moreno, García-Morales, Pascual & Bernal, 2014**).

Si bien en la bibliografía no se encontró un nexo directo entre los periodos de conservación de muestras prolongados y la alteración de los valores de la relación C/N, en base a la información sobre la degradación aerobia y anaerobia de materia orgánica, se determinó

que en ambos procesos participan microorganismos que utilizan carbono y nitrógeno como fuentes de alimentación, por tanto, si estos procesos biológicos se dan previo a la fase de procesamiento de muestras, los valores de estos elementos de alguna manera pueden verse alterados (**Saucedo, 2007 & Agrowaste, 2013**).

Por tanto, una vez que se ingresan las muestras al laboratorio, estas deben ser procesadas lo antes posible, con la finalidad de evitar cualquier alteración de sus características iniciales. En base a la experiencia propia, se recomienda que el tiempo máximo de conservación de muestras sea de un día, y solo en situaciones en que no se puedan procesar el mismo día del muestreo.

3.2.2.2. Determinación de Carbono

La determinación de carbono se realizó a través del método de Pérdida por Ignición (LOI). El método LOI 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: inicialmente, es introducida durante 24 horas en una estufa a 105°C; 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 (**Barrena, 2006; Campbell *et al*, 2011 & Acín, 2012**).

Debido a la complejidad del análisis del carbono, el contenido de carbono de las muestras se ha estimado en base al contenido en materia orgánica de la muestra, considerando que para la mayoría de materiales el contenido en carbono se encuentra entre el 45% y el 60% de la fracción orgánica (**UNINET, 1992; Agencia Nacional de Infraestructura, 2004 & Barrena, 2006**).

Sin bien el procedimiento de LOI tiene una metodología específica, existen ciertas variaciones de condiciones en cuanto al tiempo y la temperatura, dependiendo del tipo de

muestra que se vaya a procesar, por lo cual para el caso de RSO se hizo una adaptación del procedimiento definiendo los pasos a seguir en base a la experiencia de laboratorio y a los datos de bibliografía.

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

1. Se marcaron dos crisoles de 50 mL con los nombres de cada una de las estaciones de transferencia. 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 de cada una de las estaciones fueron cortadas con la ayuda de una tijera, en trozos relativamente pequeños, 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 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 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 20 minutos hasta que la temperatura de la mufla descienda 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.

3.2.2.2.1. *Cálculo del Porcentaje de Materia Orgánica y Carbono*

El contenido de materia orgánica se expresa como LOI (**Decreto 69, 2009**), y se determina a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 1.Determinación de Materia Orgánica

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

Fuente: **UNINET, 1992; Barrena, 2006 & Agencia Nacional de Infraestructura, 2004**

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).

Considerando que el objetivo de la presente investigación fue la cuantificación de carbono, partiendo de la ecuación 1, combinada con una constante se obtuvo %C_{LOI}.

Ecuación 2.Determinación de Carbono

$$\% \text{ C} = (\% \text{ LOI}) * 0,58$$

Fuente: **UNINET, 1992; Barrena, 2006 & Agencia Nacional de Infraestructura, 2004**

donde,

%LOI =porcentaje de materia orgánica en la muestra

0,58 = constante dada por Jackson basado en la asunción de que la materia orgánica contiene un 58% de carbono orgánico (**Jackson, 1970; Haug, 1993, citado en: Barrena, 2006**).

3.2.2.3. **Determinación de Nitrógeno**

El nitrógeno Kjeldahl se ha determinado siguiendo un procedimiento adaptado del método propuesto por el fabricante del equipo utilizado (**Pro-Nitro I, Selecta, citado en: Barrena, 2006**). Este método consta de tres etapas:

1. *Digestión de la muestra.*- Con este proceso se transforma todo el nitrógeno orgánico a su forma amoniacal. Este cambio se consigue atacando la muestra con ácido sulfúrico concentrado, a una temperatura elevada y en presencia de un catalizador (**Barrena, 2006**).

- ∞ Se trituraron las muestras de cada una de las estaciones hasta conseguir trozos relativamente pequeños de un tamaño aproximado de 1cm, y se colocaron los pedazos de cada muestra en un vaso de precipitación, respectivamente.
- ∞ Se colocó en una balanza analítica un filtro 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 nombre de la Estación a la que correspondía la muestra pesada.
- ∞ Se añadió poco a poco 25 mL de ácido sulfúrico concentrado (96%), moviendo el tubo y asegurando que el ácido moje toda la muestra. A continuación, se añadió un gramo de mezcla catalítica ($K_2SO_4 + CuSO_4 \cdot 5H_2O$) a cada tubo de digestión. Hacer una prueba en blanco introduciendo en el tubo el papel de filtro y el catalizador.
- ∞ Se colocaron los tubos Kjeldahl en el digestor a un 80% de energía, dejando que la muestra se digiera durante 4 horas.
- ∞ Se dejaron enfriar los tubos por aproximadamente una hora.

La digestión se llevó a cabo siempre bajo una campana de gases, debido a que el ácido sulfúrico concentrado durante el proceso genera gases de azufre que son tóxicos.

2. *Destilación.*-El N-NH^{+4} de una alícuota se desplaza a NH_3 añadiendo un exceso de base y se destila recogiendo en un volumen, conocido y en exceso, de ácido bórico de concentración también conocida (**Barrena, 2006**).

- ∞ A cada uno de los tubos se agregaron 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 % para alcalinizar fuertemente el medio y así desplazar el amoníaco de las sales amónicas.
- ∞ En un matraz de 250 mL se agregaron 50mL de ácido bórico + 10 gotas del indicador Kjeldahl (rojo de metilo + azul de metileno + alcohol etílico).
- ∞ Se recogió la disolución hasta que esta alcanzo un volumen de 150mL.

El indicativo de que en la muestra se encontraban concentraciones perceptibles de nitrógeno fue el cambio de coloración de la mezcla contenida en el matraz de Erlenmeyer (ácido bórico + indicador de nitrógeno) de violeta a verde.

Valoración.- La diferencia entre los equivalentes de ácido inicialmente presentes y los que quedan después de la destilación serán los equivalentes de ácido neutralizados por el amoníaco, es decir, los equivalentes de amoníaco procedentes tanto del N-orgánico como del N-NH^{+4} ya existentes en la muestra. Por diferencia con el N-NH^{+4} de la muestra se obtiene la cantidad de N-orgánico presente en la muestra.

- ∞ 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 50 mL.
- ∞ En la bureta se colocaron 50 mL de Ácido Clorhídrico 0,25M.
- ∞ Se dejó caer el ácido clorhídrico 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 titulación.

∞ Finalmente, se leyó la cantidad del ácido clorhídrico consumido en la titulación.

*Para ver la preparación de los reactivos que intervienen en el Método ir a [PROCEDIMIENTOS ANEXOS](#).

3.2.2.3.1. Cálculo de Concentración de Nitrógeno

Para cuantificar la cantidad de nitrógeno presente en las muestras, se procesaron los datos obtenidos a partir de la aplicación del método de Kjeldhal, obteniéndose el nitrógeno total Kjeldahl (NTK), que es la suma de los nitrógenos amoniacal y orgánico presentes en la muestra (**Adaptado de varios autores**). El procesamiento de los datos se hizo a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 3.Determinación de Nitrógeno

$$\%NTK = \frac{(A - B) \times N \times 1,4007}{m}$$

Fuente: **Suzanne, 2010 & GIUMA, 2013**

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 de Nitrógeno total Kjeldahl (NTK), se expresa en % con tres cifras decimales (**SIAN, s.f.**).

3.2.2.4. Relación C/N

La relación Carbono/Nitrógeno (C/N) está en función del % de carbono (%C) obtenido en la ecuación 2., y del % de Nitrógeno Kjeldahl total obtenido a partir de la ecuación 3.

Por lo tanto, la ecuación para determinar la relación (C/N) es:

Ecuación 4. Relación C/N

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

Fuente: UNINET, 1992

Los resultados de la relación Carbono/Nitrógeno se expresan en números enteros (SIAN, s.f.).

3.2.3. Volumen de aprovechamiento óptimo

El éxito de un proceso de compostaje es la generación de un abono de calidad y la materia prima utilizada es el principal factor que influye en este objetivo. No hay recetas universales para obtener procesos de compostaje eficientes, cada uno debe hacer sus estudios de posibilidades, factibilidad técnica, económica y ambiental para tomar sus decisiones (Sztern & Pravia, 1999).

No todos los materiales orgánicos tienen propiedades óptimas para ser compostados, puede suceder que el material que dispongamos no presente una relación C/N inicial apropiada para su compostaje. En este caso, debemos proceder a realizar una mezcla con otros materiales para lograr una relación apropiada. Este procedimiento se conoce como Balance de Nutrientes (Álvarez de la Puente, J. M. 2006).

La realización de las mezclas suele llevarse a cabo de manera volumétrica, pero es preciso conocer las características de los materiales y saberlos combinar. Aspectos tan importantes como el contenido de carbono, nitrógeno y humedad deberían utilizarse para modular las proporciones. Para iniciar el proceso de compostaje, valores de C/N alrededor de 30 se consideran adecuados como se ha presentado en apartados anteriores. A partir de los datos de la composición de los materiales se hace el cálculo de la mezcla idónea aplicando la ecuación 5 (Moreno *et al*, 2014).

Ecuación 5. Proporción de mezcla

$$\frac{C}{N} = \frac{\sum_i^n = 1(\text{Aportaciones de C})_i}{\sum_i^n = 1(\text{Aportaciones de N})_i} = 30$$

$$\frac{C}{N} = \frac{M_1 * MS_1 * C_1 + M_2 * MS_2 * C_2 + \dots + M_n * MS_n * C_n}{M_1 * MS_1 * N_1 + M_2 * MS_2 * N_2 + \dots + M_n * MS_n * N_n} = 30$$

Fuente: **Moreno et al, 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 (%)

Normalmente, el valor conocido es la fracción, por ejemplo M_1 , que correspondería a la cantidad de material a tratar (RSO) y el segundo, el material complementario, como los restos vegetales o excrementos de animales. Conociendo sus composiciones para parámetros básicos como humedad, nitrógeno y carbono, se puede determinar la cantidad de material complementario que se debía añadir para tener una relación C/N 30, siendo M_2 la incógnita (**Moreno et al, 2014**).

Según **Quispe (2015)** con respecto al Balance de Nutrientes podemos sacar las siguientes reglas básicas:

1. Utilizando materiales con una buena relación C/N, no es necesario realizar mezclas.
2. Los materiales con relativo alto contenido en Carbono deben mezclarse con materiales con relativo alto contenido en Nitrógeno y viceversa.

En particular, cuando se trata con residuos sólidos urbanos, las mezclas suelen tener relaciones muy variadas, por lo cual se debe realizar una determinación de carbono y nitrógeno previa para saber con qué tipo de material se puede complementar, en caso de que no tenga una relación C/N óptima.

3.3. MÉTODO

El método considerado para el desarrollo de esta investigación es el Inductivo-Deductivo, ya que al analizar muestras representativas tomadas directamente de las distintas Estaciones de Transferencia es posible inferir la cantidad de carbono y nitrógeno de los residuos sólidos urbanos del DMQ.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

- ∞ Población: Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito (RSU-DMQ).
- ∞ Muestra:

El número de muestras que se recogieron durante la investigación fueron 26; 13 para la Estación de Transferencia Norte y 13 para la del Sur. Los datos se recolectaron a partir del procesamiento de las 26 muestras, generando una base de datos de 56 resultados: 26 de nitrógeno (13 Zámbriza y 13 Santa Rosa), y 26 de carbono (13 Zámbriza y 13 Santa Rosa), respectivamente.

El valor del número de muestras se determinó en base al uso de reactivos cuya comercialización es estricta y limitada. El Hidróxido de sodio es una sustancia química controlada y fiscalizada por el CONSEP, y su compra se la realiza de forma ocasional siempre y cuando se tenga la autorización de la entidad mencionada anteriormente (CONSEP, 2011). Este reactivo es entregado anualmente a la universidad en una cantidad reducida de 2 kg. Por tanto, el disponible para la investigación era de únicamente 1 kg, ya que la otra mitad se ocuparía en otras investigaciones y prácticas de laboratorio que se realizan en la facultad.

Considerando que para la determinación de nitrógeno se requieren de 70 mL para cada muestra que se va a procesar, el número de ensayos se redujeron. El consumo total de hidróxido de sodio durante el desarrollo de la investigación como se mencionó

anteriormente fue de 1 kg, ya que se tomaron en cuenta también los ensayos en los que los resultados no fueron válidos (Tabla 4).

Tabla 4. Consumo de Hidróxido de Sodio

MES	ENSAYOS	LUGAR	MUESTRAS	NÚMERO ENSAYOS	PROCEDIMIENTO	HIDRÓXIDO DE SODIO/ ENSAYO	CONSUMO SEMANAL
MARZO	1	ETNorte	1	1	Carbono	-	140 mL
				2	Nitrógeno	70 mL	
		ETSur	1	3	Carbono	-	
				4	Nitrógeno	70 mL	
	2	ETNorte	1	5	Carbono	-	140 mL
				6	Nitrógeno	70 mL	
		ETSur	1	7	Carbono	-	
				8	Nitrógeno	70 mL	
ABRIL	3	ETNorte	1	9	Carbono	-	140 mL
				10	Nitrógeno	70 mL	
		ETSur	1	11	Carbono	-	
				12	Nitrógeno	70 mL	
	4	ETNorte	1	13	Carbono	-	140 mL
				14	Nitrógeno	70 mL	
		ETSur	1	15	Carbono	-	
				16	Nitrógeno	70 mL	
	5	ETNorte	1	17	Carbono	-	140 mL
				18	Nitrógeno	70 mL	
		ETSur	1	19	Carbono	-	
				20	Nitrógeno	70 mL	
	6	ETNorte	1	21	Carbono	-	140 mL
				22	Nitrógeno	70 mL	
		ETSur	1	23	Carbono	-	
				24	Nitrógeno	70 mL	
MAYO	7	ETNorte	1	25	Carbono	-	140 mL
				26	Nitrógeno	70 mL	
		ETSur	1	27	Carbono	-	
				28	Nitrógeno	70 mL	
	8	ETNorte	1	29	Carbono	-	140 mL
				30	Nitrógeno	70 mL	
		ETSur	1	31	Carbono	-	
				32	Nitrógeno	70 mL	
	9	ETNorte	1	33	Carbono	-	140 mL
				34	Nitrógeno	70 mL	
		ETSur	1	35	Carbono	-	
				36	Nitrógeno	70 mL	

	10	ETNorte	1	37	Carbono	-	140 mL
				38	Nitrógeno	70 mL	
ETSur	1	39	Carbono	-			
		40	Nitrógeno	70 mL			
JUNIO	11	ETNorte	1	41	Carbono	-	140 mL
				42	Nitrógeno	70 mL	
		ETSur	1	43	Carbono	-	
				44	Nitrógeno	70 mL	
	12	ETNorte	1	45	Carbono	-	140 mL
				46	Nitrógeno	70 mL	
		ETSur	1	47	Carbono	-	
				48	Nitrógeno	70 mL	
	13	ETNorte	1	49	Carbono	-	140 mL
				50	Nitrógeno	70 mL	
		ETSur	1	51	Carbono	-	
				52	Nitrógeno	70 mL	
CONSUMO TOTAL DE HIDRÓXIDO DE SODIO (40%)							1820 mL
							0,73 kg

Fuente: Casco, 2015

*ETNorte= Estación de Transferencia Norte

*ETSur= Estación de Transferencia Sur

3.5. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue realizada vía Experimentación. Se realizaron análisis a nivel del laboratorio, con la finalidad de determinar las concentraciones de Carbono y Nitrógeno presentes en las muestras de Residuos Sólidos Urbanos, recolectadas en las Estaciones de Transferencia Norte y Sur del DMQ.

3.6. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

Las muestras fueron tomadas directamente de las estaciones de transferencia, es decir el trabajo de laboratorio se lo realizó con datos primarios, procurando que el análisis se realizara lo antes posible, para que no existan cambios en las propiedades iniciales de los residuos analizados.

Se revisaron los certificados de calibración de los equipos utilizados, y todos se encontraban dentro del período de funcionamiento.

Para determinar la validez del procedimiento y los instrumentos, se realizaron muestras en blanco, a las que se les añadió amonio en solución conocida para la titulación. De esta forma se comprobó que los equipos funcionaban correctamente, y el procedimiento era el adecuado.

Los resultados obtenidos se compararon con tablas de relaciones C/N establecidas por otros autores. Este procedimiento se lo realizó con la finalidad de validar la metodología desarrollada y determinar el porcentaje de error de la misma.

3.7. PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos obtenidos mediante los experimentos de laboratorio, cálculos y tratamiento estadístico de la información fueron procesados mediante los programas Microsoft Word y Microsoft Excel, elaborando y documentándolos en tablas.

3.8. LEVANTAMIENTO DE DATOS

Para la toma de datos en cada una de las Estaciones de Transferencia del DMQ se procedió a establecer un cronograma de muestreos, el cual se desarrolló desde el mes de Marzo hasta Junio del 2015, abarcando en su totalidad 13 semanas. Considerado que uno de los limitantes en el número de muestra fueron los reactivos usados para el análisis en el laboratorio, se acordó realizar un ensayo por semana y por Estación. El formato utilizado para recolectar se especifica en el [ANEXO A](#).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. CONCENTRACIONES DE CARBONO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (RSO) DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

4.1.1. Porcentaje de Carbono en RSO de la Estación de Transferencia Norte

Con las muestras recolectadas en la Estación de Transferencia Norte durante los meses de Marzo a Junio del 2015, se realizaron un total de 13 ensayos, uno por cada muestra, obteniendo al final 13 resultados, respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de Concentración de Carbono en ET Norte

MES	ENSAYOS	CONCENTRACIÓN CARBONO ET NORTE				
		PESO MUESTRA g	PESO MUESTRA SECA g	PESO MUESTRA INCINERADA g	%LOI	%C MUESTRAS
MARZO	1	10,0203	2,5383	0,2853	88,76	51,48
	2	10,0055	2,1723	0,2793	87,14	50,54
ABRIL	3	10,0495	2,0491	0,2373	88,42	51,28
	4	10,0848	1,6716	0,2131	87,25	50,61
	5	10,0288	1,7766	0,1479	91,68	53,17
	6	10,0307	2,0560	0,2256	89,03	51,64
MAYO	7	10,0183	2,1529	0,2215	89,71	52,03
	8	10,0602	1,7226	0,1639	90,49	52,48
	9	10,0839	2,1304	0,3188	85,04	49,32
	10	10,0270	1,5243	0,1843	87,91	50,99
JUNIO	11	10,0152	1,4162	0,1404	90,09	52,25
	12	10,0091	1,4265	0,1470	89,70	52,02
	13	10,0222	2,8357	0,9819	65,37	37,92

Fuente: **Casco, 2015**

Utilizando la herramienta de Análisis Estadístico del programa Excel, se procesaron los resultados y se obtuvo en promedio una concentración de carbono del 50,44% de carbono, siendo 53,17% el valor más alto, y 37,92% el más bajo. Además, a través del valor de la desviación estándar que fue de 3,890% se pudo determinar la precisión de los resultados obtenidos (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis Estadístico

RESUMEN ESTADÍSTICO	
Media	50,44%
Desviación estándar	3,890%
Mínimo	37,91%
Máximo	53,17%

Fuente: **Casco, 2015**

De igual manera, a través de la Figura 9, se estableció la tendencia que siguieron los resultados obtenidos durante los ensayos, visualizándose específicamente el grado de dispersión entre los valores. De los trece datos representados en la gráfica, uno se encuentra

muy disperso, los demás, a pesar de no tener una tendencia definida no se encuentran tan alejados entre sí, es decir guardan cierta relación en su valor.

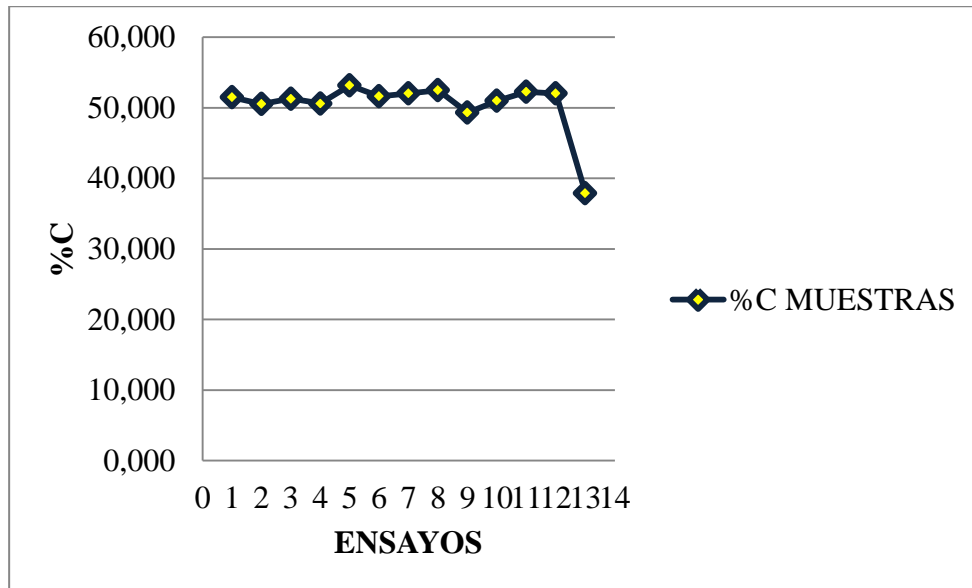


Figura 9. Concentraciones de Carbono en ET Norte (Casco, 2015)

4.1.2. Porcentaje de Carbono en RSO de la Estación de Transferencia Sur

Con las muestras recolectadas en la Estación de Transferencia Sur durante los meses de Marzo a Junio del 2015, se realizaron un total de 13 ensayos, uno por cada muestra, obteniendo al final 13 resultados, respectivamente (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados de Concentración de Carbono en ET Sur

MES	ENSAYOS	CONCENTRACIÓN CARBONO ET SUR				
		PESO MUESTRA	PESO MUESTRA SECA g	PESO MUESTRA INCINERADA g	%LOI	%C MUESTRAS
MARZO	1	10,0729	2,6190	1,0522	59,82	34,70
	2	10,0222	2,8357	0,9819	65,37	37,92
ABRIL	3	10,0272	1,6333	0,2549	84,39	48,95
	4	10,0022	1,8435	0,2307	87,49	50,74
	5	10,019	1,3939	0,2217	84,09	48,78
	6	10,0215	1,8063	0,2244	87,58	50,79

MAYO	7	10,0205	2,1002	0,2352	88,80	51,50
	8	10,0153	1,7206	0,4102	76,16	44,17
	9	10,0156	1,8326	0,2887	84,25	48,86
	10	10,0723	1,9347	0,6397	66,94	38,82
JUNIO	11	10,0045	1,3186	0,1335	89,88	52,13
	12	10,0164	1,2779	0,1479	88,43	51,29
	13	10,0079	1,8297	0,1390	92,40	53,59

(Continuación Tabla 7).

Fuente: **Casco, 2015**

Utilizando la herramienta de Análisis Estadístico del programa Excel se procesaron los resultados y se obtuvo en promedio una concentración de carbono del 47,10% de carbono, siendo 53,59% el valor más alto, y 34,70% el más bajo. Además, a través del valor de la desviación estándar que fue de 6,163% se pudo determinar la precisión de los resultados obtenidos (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis Estadístico

RESUMEN ESTADÍSTICO	
Media	47,10%
Desviación estándar	6,163%
Mínimo	34,70%
Máximo	53,59%

Fuente: **Casco, 2015**

De igual manera, a través de la Figura 10 se estableció la tendencia que siguieron los resultados obtenidos durante los ensayos, visualizándose específicamente el grado de dispersión entre los valores. De los trece datos representados en la gráfica, la mayoría se encuentran dispersos y existe un alto grado de variabilidad entre los valores por lo cual no se puede establecer una tendencia entre estos.

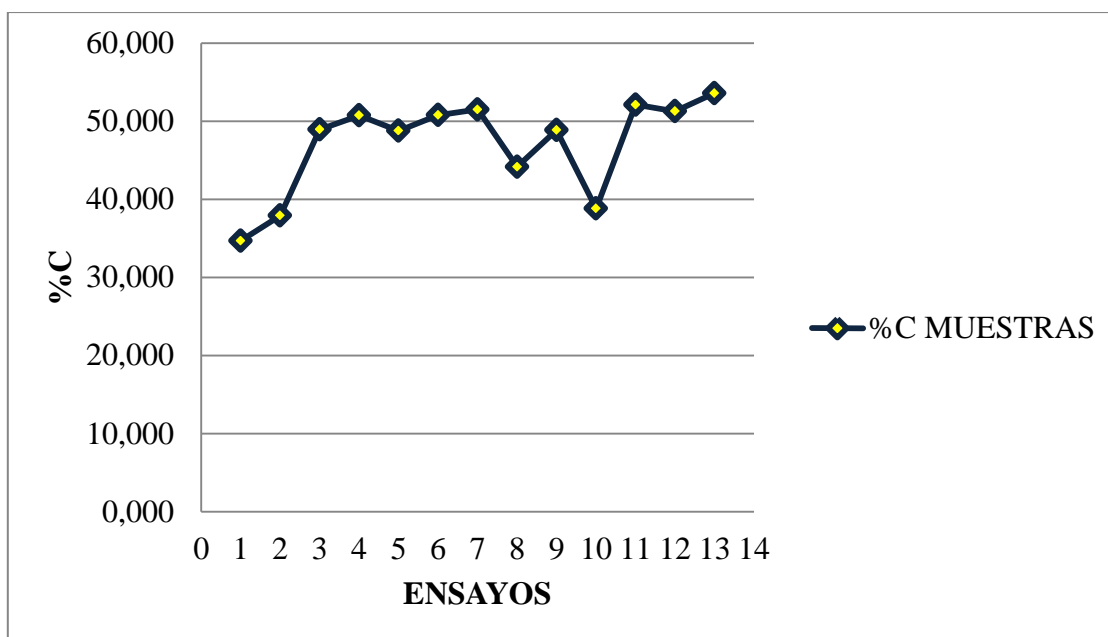


Figura 10. Tendencia de las concentraciones de Carbono en ET Sur (Casco, 2015)

4.2. CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO (NTK) EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (RSO) DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

4.2.1. Porcentaje de Nitrógeno de los RSO en la Estación de Transferencia Norte

Aplicando la ecuación 3, para la cuantificación de las concentraciones de nitrógeno en las muestras procesadas a través del método de Kjeldahl, se obtuvieron trece resultados (Tabla 9).

Tabla 9. Concentración de NTK en RSO de ET Norte

MES	ENSAYOS	NITRÓGENO ET NORTE		
		PESO MUESTRA g	HCl CONSUMIDO mL	%NTK MUESTRAS
MARZO	1	10,0404	23,5	0,820
	2	10,0292	20,2	0,705
ABRIL	3	10,0352	25,6	0,893
	4	10,0436	22,9	0,798
	5	10,0378	18,7	0,652

	6	10,0043	27,1	0,949
MAYO	7	10,0320	36,8	1,28
	8	10,0334	21,6	0,754
	9	10,0166	25,0	0,874
	10	10,0270	33,2	1,16
JUNIO	11	10,0214	19,8	0,692
	12	10,0387	16,5	0,576
	13	10,0763	27,6	0,959

(Continuación Tabla 9)

Fuente: **Casco, 2015**

Se hizo un análisis estadístico de los resultados utilizando el programa Excel, y se obtuvo que en la ET Norte la concentración promedio de nitrógeno de los RSO, fue de 0,855%, siendo el valor mínimo 0,576%, y el máximo 1,28%. El grado de dispersión representado por la desviación estándar fue de 0,200% (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis Estadístico

RESUMEN ESTADÍSTICO	
Media	0,855%
Desviación estándar	0,200%
Mínimo	0,576%
Máximo	1,28%

Fuente: **Casco, 2015**

Ingresando los resultados de cada ensayo en un gráfico de dispersión en Excel (Figura 11), se pudo visualizar la tendencia y el grado de dispersión de los valores adjuntados. Los datos no tuvieron una tendencia definida y su grado de dispersión de acuerdo a la gráfica fue considerable.

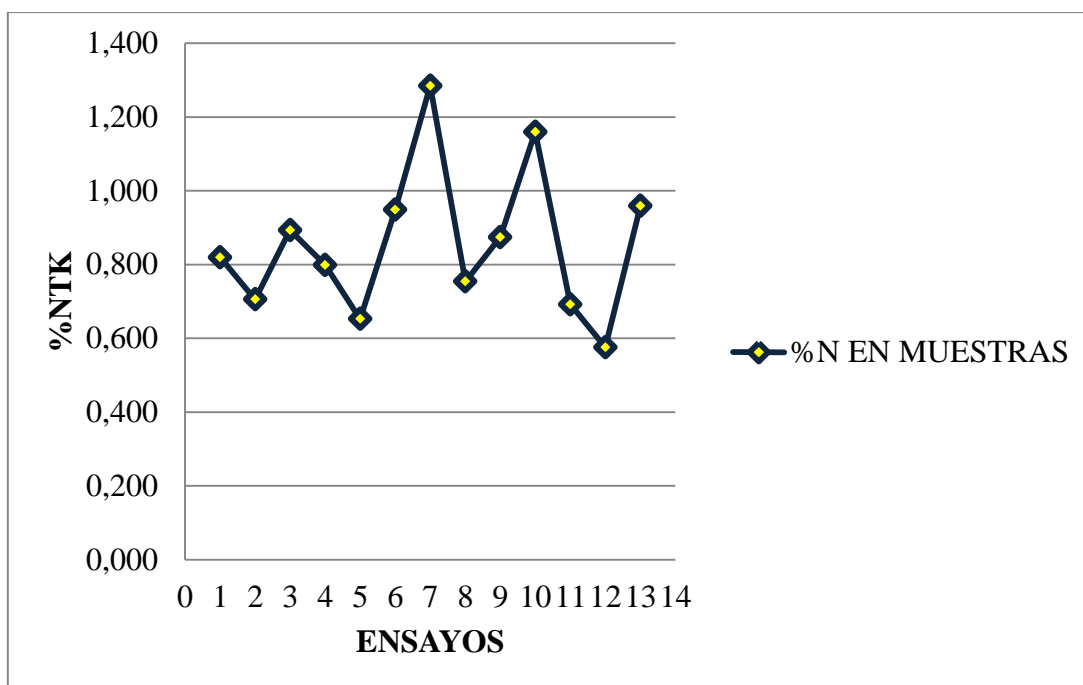


Figura 11. Concentración de Nitrógeno en ET Norte (Casco, 2015)

4.2.2. Porcentaje de Nitrógeno de los RSO en la Estación de Transferencia Sur

Aplicando la ecuación 3, para la cuantificación de las concentraciones de nitrógeno en las muestras procesadas a través del método de Kjeldahl, se obtuvieron trece resultados (Tabla 11).

Tabla 11. Concentración de NTK en RSO de ET Sur

MES	ENSAYOS	NITRÓGENO ET SUR		
		PESO MUESTRA g	HCl CONSUMIDO mL	%NTK MUESTRAS
MARZO	1	10,0464	28,9	1,01
	2	10,028	17,5	0,611
ABRIL	3	10,0045	18,9	0,662
	4	10,0232	20,7	0,723
	5	10,0526	19,5	0,679
	6	10,0515	29,2	1,02
MAYO	7	10,0324	26,8	0,935
	8	10,0582	29,6	1,03
	9	10,0325	35,6	1,24

	10	10,0031	30,5	1,07
JUNIO	11	10,0607	25,7	0,895
	12	10,0734	24,3	0,845
	13	10,0093	18,2	0,637

(Continuación Tabla 11).

Fuente: **Casco, 2015**

Se hizo un análisis estadístico de los resultados utilizando el programa Excel, y se obtuvo que en la ET Sur la concentración promedio de nitrógeno de los RSO fue de 0,873%, siendo el valor mínimo 0,611%, y el máximo 1,24%. El grado de dispersión representado por la desviación estándar fue de 0,198% (Tabla 12).

Tabla 12. Análisis Estadístico

RESUMEN ESTADÍSTICO	
Media	0,873%
Desviación estándar	0,198%
Mínimo	0,611%
Máximo	1,24%

Fuente: **Casco, 2015**

Ingresando los resultados de cada ensayo en un gráfico de dispersión en Excel (Figura 10), se pudo visualizar la tendencia y el grado de dispersión de los valores adjuntados. Los datos no tuvieron una tendencia definida y su grado de dispersión de acuerdo a la gráfica fue considerable.

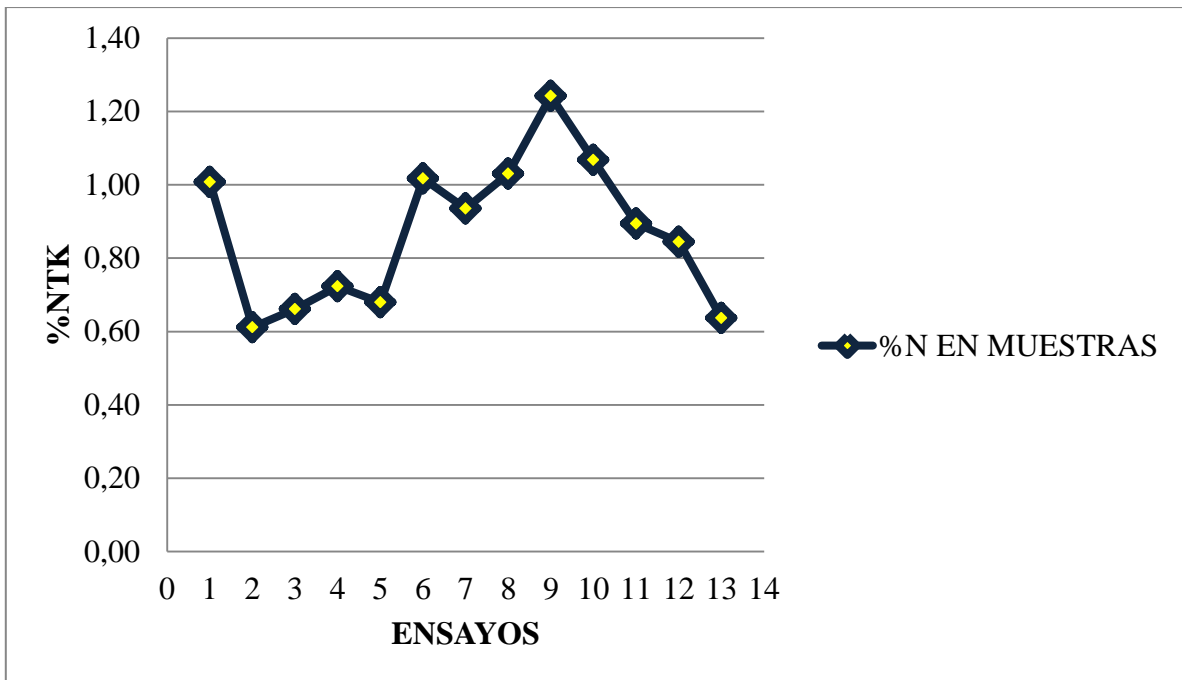


Figura 12. Concentración de Nitrógeno en ET Sur (Casco, 2015)

4.3. RELACIÓN C/N EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (RSO) DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

4.3.1. Relación C/N de los RSO de la ET Norte

A partir de las concentraciones de carbono y nitrógeno de los trece ensayos realizados y aplicando la ecuación 4, se obtuvieron las relaciones de carbono/nitrógeno de cada muestra (Tabla 13).

Tabla 13. Relación C/N de RSO de la ET Norte

MES	RELACIÓN C/N ET NORTE			
	ENSAYOS	%C	%NTK	C/N
MARZO	1	51,48	0,820	63
	2	50,54	0,705	72
ABRIL	3	51,28	0,893	57
	4	50,61	0,798	63
	5	53,17	0,652	82

	6	51,64	0,949	54
MAYO	7	52,03	1,29	41
	8	52,48	0,754	70
	9	49,32	0,874	56
	10	50,99	1,159	44
JUNIO	11	52,25	0,692	76
	12	52,02	0,576	90
	13	37,92	0,959	40

(Continuación Tabla 13)

Fuente: **Casco, 2015**

De igual manera, se realizó un análisis estadístico de los datos utilizando el Excel, obteniéndose un valor promedio de las relaciones C/N de 62, un valor máximo de 90 y un mínimo de 40. La dispersión de los datos se reflejó en la desviación estándar con valor de 16 (Tabla 14).

Tabla 14. Análisis Estadístico de Datos

RESUMEN ESTADÍSTICO	
Media	62
Desviación estándar	16
Mínimo	40
Máximo	90

Fuente: **Casco, 2015**

Para un mayor entendimiento de la tendencia y dispersión de los resultados se representaron gráficamente los datos (Figura 13), y se visualizó que los datos no tuvieron una tendencia definida, a la vez el grado de dispersión entre los valores fue notable.

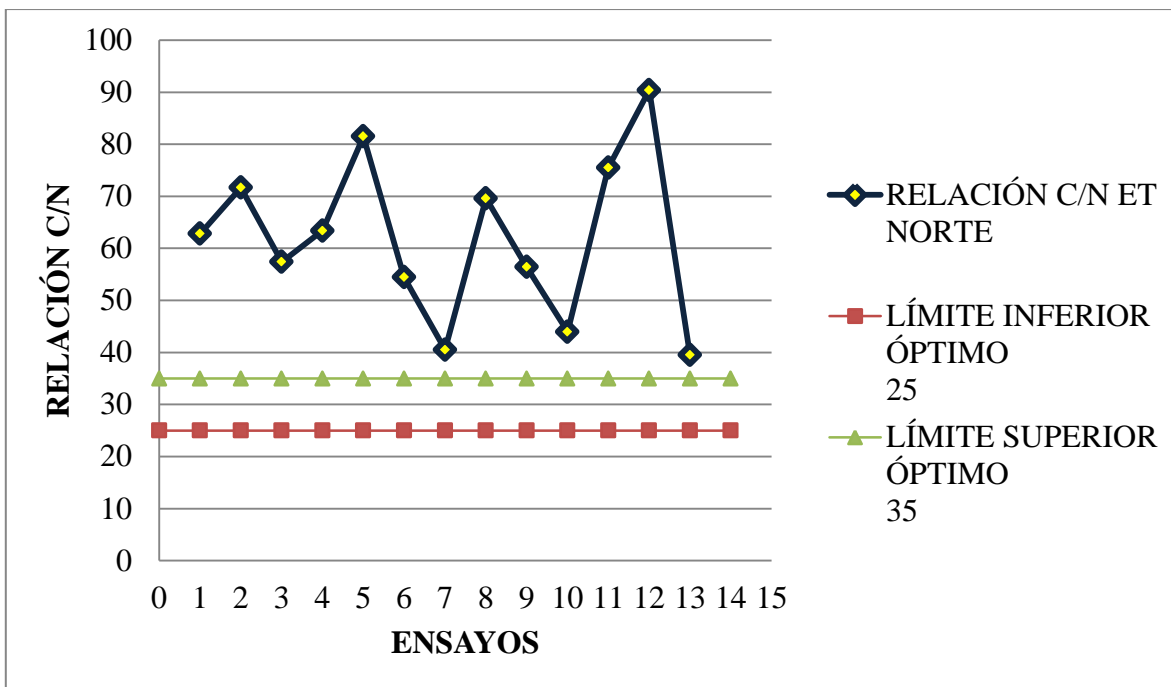


Figura 13. Relación C/N de los RSO de la ET Norte (Casco, 2015)

4.3.2. Relación C/N de los RSO de la ET Sur

A partir de las concentraciones de carbono y nitrógeno de los trece ensayos realizados y aplicando la ecuación 4, se obtuvieron las relaciones de carbono/nitrógeno de cada muestra (Tabla 15).

Tabla 15. Relación C/N de RSO de la ET Sur

MES	RELACIÓN C/N ET SUR			
	ENSAYOS	%C LOI	%NTK	C/N
MARZO	1	34,698	1,007	34
	2	37,917	0,611	62
ABRIL	3	48,948	0,662	74
	4	50,742	0,723	70
	5	48,775	0,679	72
	6	50,795	1,017	50
MAYO	7	51,505	0,935	55
	8	44,172	1,031	43
	9	48,863	1,243	39
	10	38,823	1,068	36
JUNIO	11	52,128	0,895	58

	12	51,287	0,845	61
	13	53,594	0,637	84

(Continuación Tabla 15).

Fuente: **Casco, 2015**

De igual manera, se realizó un análisis estadístico de los datos utilizando el Excel, obteniéndose un valor promedio de las relaciones C/N de 57, un valor máximo de 84 y un mínimo de 34. La dispersión de los datos se reflejó en la desviación estándar con valor de 16 (Tabla 16).

Tabla 16. Análisis Estadístico

RESUMEN ESTADÍSTICO	
Media	57
Desviación estándar	16
Mínimo	34
Máximo	84

Fuente: **Casco, 2015**

Para un mayor entendimiento de la tendencia y dispersión de los resultados se representaron gráficamente los datos (Figura14), en donde se visualizó que los datos no tuvieron una tendencia definida, a la vez el grado de dispersión entre los valores fue notable.

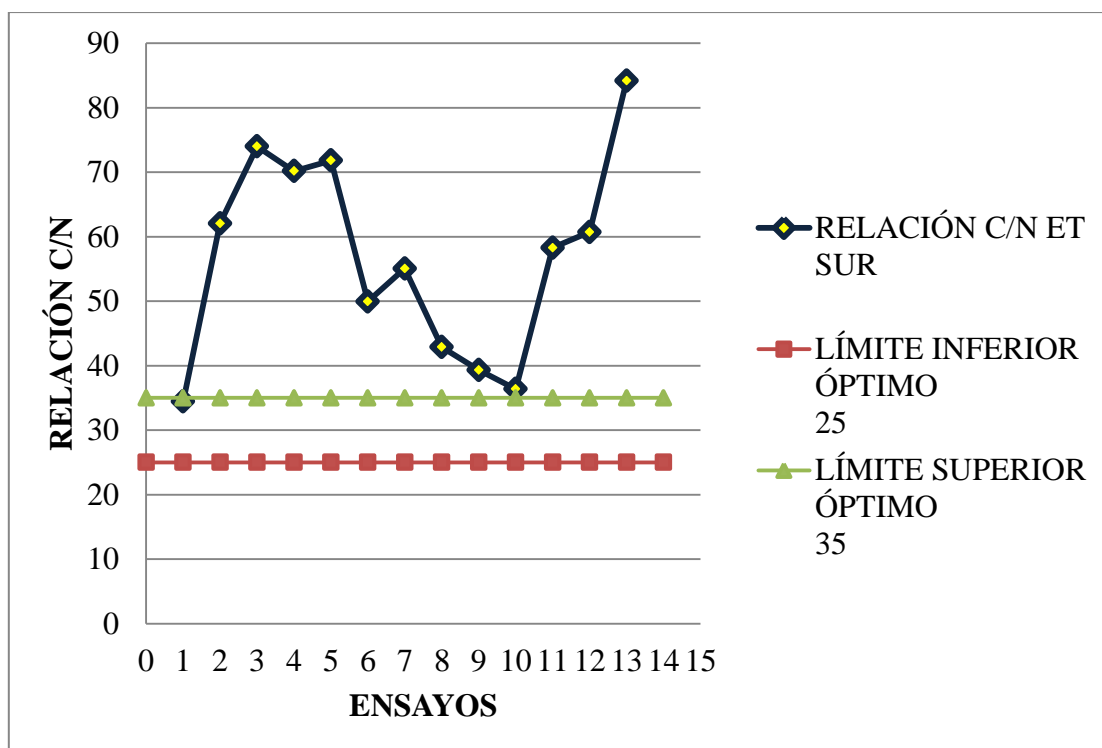


Figura 14. Relación C/N de los RSO de la ET Sur (Casco, 2015)

4.3.3. Comparación Relaciones C/N de RSO de ET Norte y ET Sur

La comparación del porcentaje de carbono y nitrógeno en las dos estaciones de transferencia del DMQ, se la hizo con fines meramente interpretativos y para percibir las variaciones entre los valores obtenidos en cada ensayo para cada sitio de muestreo. No obstante, esto no implicó el establecimiento de una tendencia definida, ya que estos valores cambiaron independientemente del sitio de muestreo, puesto que la mayor influencia sobre los resultados fueron el tipo de residuos, los días y horarios de muestreo. A la vez, estos se encontraban directamente relacionados con los patrones de consumo de la población muestreada, los cuales cambian constantemente en el tiempo y en el espacio.

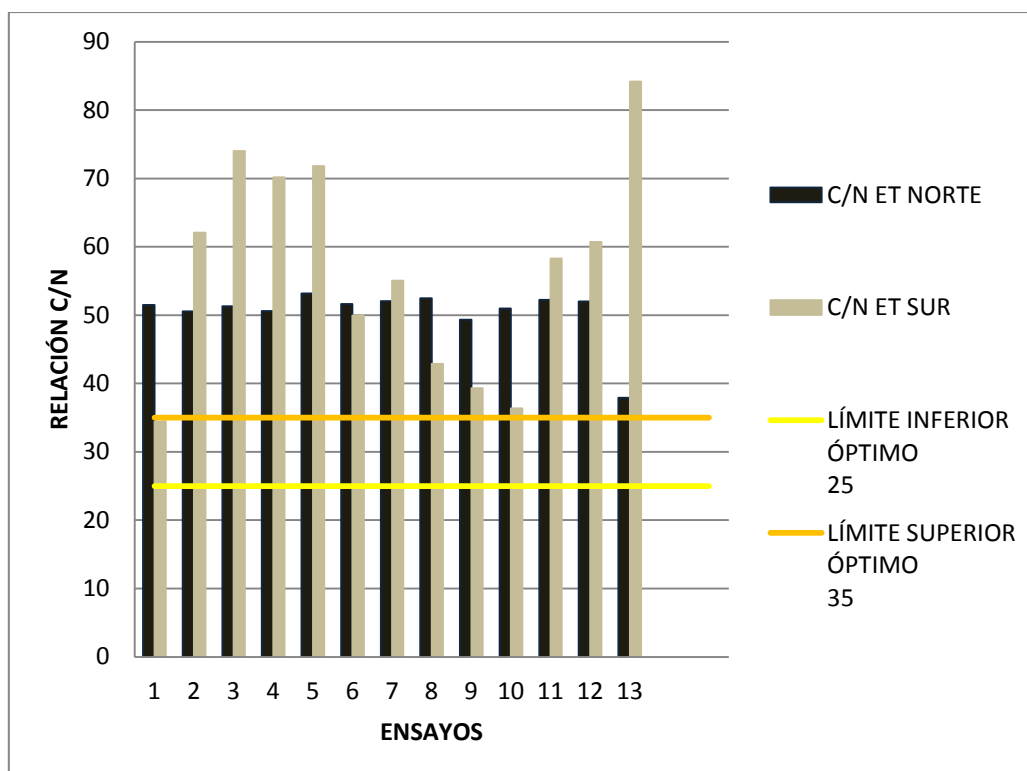


Figura 15. Comparación de Relaciones C/N ET Norte y ET Sur (Casco, 2015)

Existen variaciones considerables entre las relaciones C/N de las Estaciones de Transferencia. La mayor parte de los resultados superan los valores de los rangos óptimos, con una excepción que corresponde al primer ensayo de ET Sur. ET norte tuvo los valores más altos.

4.4. DISCUSIÓN

Los Residuos sólidos orgánicos en temas de gestión, son los que menor importancia han recibido. Las actividades de manejo de estos residuos se han limitado a la recolección, transferencia y disposición final; sin considerar que dado su gran volumen al ser acumulados en los rellenos sanitarios generan lixiviados y gas metano, que a su vez provocan impactos ambientales de gran magnitud (Aguilar-Virgen, Armijo de la Vega, Taboada-González & Aguilar, 2010).

Una particularidad de este tipo de residuos es que son susceptibles a ser degradados biológicamente, reduciendo considerablemente su volumen y generando productos de interés, dependiendo del tratamiento aplicado (**Quispe, 2015**). Además que, representan el mayor porcentaje de desechos que llegan a los rellenos sanitarios (**Adaptado de varios autores**).

Las características de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales varían dependiendo del método, lugar de recolección y época del año (**Rincón & Silva, 2014**). Dentro de esta fracción orgánica, en términos generales, predominan los desechos de origen vegetal, la fracción más difícil de reducir, porque su generación corresponde usualmente a necesidades primarias de alimentación. Por tanto, el compost puede ser una respuesta coherente para la minimización de los RSO (**Sztern & Pravia, 1999**).

Es sumamente importante la materia prima, los residuos, de los que se parte para obtener el compost (**Núñez-Solís, 2000**). Un material que presente una C/N superior a 30, requerirá para su biodegradación un mayor número de generaciones de microorganismos. Si el cociente entre estos dos elementos es inferior a 20 se producirán pérdidas importantes de nitrógeno (**Moreno & Moral, 2007**). Los residuos orgánicos escogidos como muestra potencial tuvieron una relación superior a 30, lo cual implica que si estos son utilizados como materia prima en un proceso de compostaje, la producción de compost requerirá de mayor tiempo y recursos.

Los residuos de origen vegetal, presentan por lo general una relación C/N elevada (**Sztern & Pravia, 1999**). Esto concuerda con los resultados obtenidos, ya que los residuos utilizados fueron precisamente residuos vegetales, por lo cual las relaciones C/N fueron altas, alcanzando un valor superior al rango óptimo (**Jhorar et al, 1991, citado en: Moreno y Moral, 2007 & Dalzell, Biddlestone, Gray y Thurairajan, 1991**).

Considerando que los residuos estudiados presentan relaciones C/N muy altas, y no son viables de compostar por si solos, para tener una relación C/N inicial apropiada para el

compostaje se debe realizar una mezcla con otros materiales conocido como Balance de Nutrientes. Para ello se deben considerar residuos con alto contenido de nitrógeno, los residuos de origen animal (estiércol) presentan por lo general una baja relación C/N (nitrógeno alto), por lo cual serian óptimos para realizar una mezcla (**Sztern &Pravia, 1999**).

En líneas generales, los resultados de carbono y nitrógeno recogidos en las dos estaciones reflejan que, aun cuando la recolección de las muestras se basó en un procedimiento de carácter selectivo, es decir, solo se eligieron vegetales (frutas y verduras), existieron variaciones en los datos. Una de las causas para la variación de las concentraciones fue la diversidad de residuos que llegaban a las estaciones durante la fase de campo, y al aplicar el método de cuarteo, que se caracterizó por ser aleatorio, se dio lugar a que el contenido de la muestra fuera diferente para cada ensayo. La probabilidad de que la concentración de carbono y nitrógeno en todos los ensayos fuese homogénea era casi nula, ya que aun cuando se recogía el mismo tipo de residuo, la cantidad presente en la muestra, siempre era diferente.

Las muestras procesadas reflejaron un alto contenido de carbono, si bien parte de este contenido es propio de la materia orgánica de los residuos escogidos, la mezcla con otras fracciones como carnes, huevos, papel, entre otros, considerados como contaminantes pudo tener una influencia directa en estos valores.

Una recogida selectiva consigue una fracción orgánica más limpia, libre de metales y sustancias inertes, y por tanto, de mejor calidad para transformarla en compost, utilizable como fertilizante orgánico (**Pérez & Moreno, 2007**). Sin embargo, al carecer de una pre-selección de los residuos, los resultados pudieron verse alterados.

Entre los materiales orgánicos hay unos que fácilmente se compostan y otros que cuesta un poco más, inclusive hay materiales orgánicos sintéticos como los plásticos que necesitan muchas décadas para compostarse. Entre los materiales que fácilmente se compostan están los vegetales, granos, huevos, excremento de animales y humanos, hojas de árboles, papel,

periódicos, cartón; entre los materiales que cuesta un poco más compostar están los huesos, carne, cadáveres y algunas maderas (**Navarro, s.f.**). Por ello, para obtener un compost de mejor calidad y con una relación C/N óptima se requiere mezclar residuos, tomando siempre en cuenta la factibilidad de ser aplicados en pilas de compostaje.

La mezcla de residuos ayuda considerablemente a tener relaciones de carbono-nitrógeno adecuadas, si bien los residuos que se utilizaron como muestra no eran los mismos en cuanto al tipo de producto, si lo era en cuanto a su pertenencia al grupo de frutas y verduras, esto debido a la selectividad manejada en la investigación (se escogieron previamente los residuos que formarían parte de las muestras, eliminando los que no correspondían a estas categorías). Por tanto, sus relaciones fuera de rango pudieron ser evitadas si se mezclaban con otros residuos orgánicos, sin embargo al no existir datos específicos de estas relaciones en los productos, no se habría sabido que residuos eran factibles mezclar, por lo que ahora, a partir de este estudio, se pueden realizar mejores mezclas con una relación C/N óptima.

No existe un valor único y universal que determina la cantidad de residuos que es adecuada mezclar, y en que concentraciones, para obtener un proceso de compostaje adecuado; por tanto para cada tipo de proyecto que se vaya a emprender, se tomará en cuenta las características del residuo que se quiera tratar, y en base a su relación carbono-nitrógeno se determinará con que producto se puede complementar para que esta proporción se encuentre en el rango óptimo.

En cuanto a las metodologías utilizadas para la extracción de carbono y nitrógeno dieron resultados acorde a lo esperado. En el caso específico del nitrógeno, se determinó su validez a partir de la consideración de **UNINET (1992)**, que especifica que para las cantidades de reactivos y muestras indicadas son de esperarse resultados que varían de 0.5 a 2.5 % de nitrógeno total. En residuos sólidos, cuyo contenido de nitrógeno esperado sobrepase el rango mencionado debe variarse la cantidad indicada según convenga. Sin embargo, el porcentaje de

nitrógeno en los resultados de las muestras se mantuvo dentro del rango, por tanto se consideraron como aceptables.

Para el carbono, si bien la metodología de pérdida por ignición 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 (**Varios autores**).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

∞ Los objetivos que se plantearon al inicio de la investigación se cumplieron; si bien en el caso del objetivo específico relacionado con el análisis de la viabilidad de las mezclas para procesos de compostaje los resultados no fueron los esperados, pues las relaciones carbono/nitrógeno de las muestras se encontraban fuera del rango óptimo (25-35/1), a partir de revisiones bibliográficas y de la experiencia en laboratorio se determinó que aun cuando los residuos escogidos por si solos no son viables de compostar, no obstante, el simple hecho de mezclarlos con otros materiales ricos en nitrógeno (estiércol de animales, podas y residuos de jardín, gallinaza), puede equilibrar la relación C/N y convertirlas en mezclas óptimas.

A pesar de la simplicidad del proceso de estabilización de las relaciones C/N de las muestras, esto no es recomendable realizarlo de forma empírica, por lo cual se requiere de un cálculo conocido como balance de nutrientes o volumen de aprovechamiento óptimo previo a la mezcla. Si bien uno de los objetivos fue el determinar el volumen de aprovechamiento óptimo, no se pudo establecer un valor numérico ya que este cálculo requiere de las concentraciones de carbono, nitrógeno y humedad de los residuos potenciales con los que se puede estabilizar las mezclas (ricos en nitrógeno), por lo cual al solo contar con datos de los residuos (frutas y

verduras) analizados en el laboratorio, no se pudo realizar el cálculo, y solo se estableció la forma en que se puede obtener el valor.

- ∞ La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) surge como una forma de atender no sólo la imperiosa necesidad de la sociedad de sanear sus propios asentamientos sino, además, disminuir los impactos que dichos residuos causan sobre el medio ambiente circundante. Debido a que la porción orgánica de los RSU en Ecuador es de aproximadamente el 60%, se propone al compostaje como un proceso de transformación de la porción orgánica de los RSU en un producto útil (compost), la implementación de este tratamiento puede disminuir significativamente (en un 50% aproximadamente) la cantidad de RSU que son liberados al ambiente o confinados permanentemente en un tiradero municipal o relleno sanitario. De esta manera, el compostaje puede proporcionar varios beneficios, entre los cuales están: prolongar la vida útil del sitio de disposición final reduciendo la presión para encontrar un nuevo sitio adecuado para disposición, además de disminuir posibles fuentes de conflictos debido a intereses distintos en los usos futuros del suelo; minimiza el impacto ambiental debido a la NO generación de metano (producto de la degradación anaeróbica de residuos orgánicos), un gas de efecto invernadero; reduce la cantidad de residuos orgánicos que poseen un alto grado de humedad, y que son los principales generadores de lixiviados tóxicos (mezcla de residuos orgánicos con residuos peligrosos) y que pueden contaminar el manto freático y el suelo; incrementa la capacidad de recolección de los camiones recolectores en una misma ruta, puesto que casi la mitad de los residuos generados en los domicilios son de tipo orgánico; y finalmente, el compost como tal, aporta nutrientes y proporciona estructura al suelo, mejorando sus características (calidad, permeabilidad, retención, etc.), por lo cual

puede utilizarse en agricultura, mantenimiento de parques y jardines, entre otras posibilidades, dependiendo de su calidad (**Rodríguez & Córdova, 2006**).

- ∞ Un programa de compostaje consta de elementos primordiales que se articulan a través de procesos sociales e institucionales. Los componentes básicos son la separación (mientras más cercana al origen de la generación se realice este proceso, menos contaminados estarán los residuos y mayor será la calidad del compost terminado), la recolección, el tratamiento doméstico y en planta, así como la distribución y la utilización del producto. Los procesos articuladores a su vez son la planeación, el financiamiento, la educación/capacitación, la difusión, el involucramiento de actores y la evaluación. Es importante señalar que cada uno de los componentes y procesos requiere disponer oportunamente de un conjunto de recursos humanos, materiales y financieros para llevarse a cabo y la falta o deficiencia de tan sólo uno de estos recursos hace imposible implementar el programa (**Rodríguez & Córdova, 2006**). En el Ecuador, y en específico en el Distrito Metropolitano de Quito, la gestión de los residuos sólidos orgánicos no ha adquirido mayor relevancia, por lo cual su tratamiento se limita a la transferencia y confinamiento en el relleno sanitario “El Inga”.

Es factible considerar, que si bien una de las problemáticas más importantes a nivel de gestión de desechos en el DMQ es el tratamiento de los residuos orgánicos, no se puede ejecutar un proceso de compostaje si no se cuenta con los componentes mencionados anteriormente, sobre todo si se planea llevar a cabo un proyecto a escala municipal, puesto que esto implica la inversión de grandes recursos, y al no controlar todas las variables que influyen en el proceso, ni contar con un mercado potencial que

consuma el producto, esto puede generar resultados negativos, y por consiguiente la no continuación de este tratamiento **(Rodríguez & Córdova, 2006)**.

- ∞ Las tecnologías para el compostaje son variadas y los productos finales también varían en su composición, color, textura, etc., según los residuos y el proceso que les dio origen. Para obtener un producto de calidad, se requiere el control de dos tipos de parámetros: los correspondientes a la naturaleza del sustrato (C/N, tamaño de partícula, nutrientes, materia orgánica y conductividad eléctrica, entre otros), y los parámetros de seguimiento que son medidos durante todo el proceso.

En los parámetros correspondientes a la naturaleza del sustrato, el carbono y el nitrógeno se consideran como factores críticos, ya que son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo vivo, y deben encontrarse en proporciones adecuadas para un buen compostaje. Los microorganismos de una composta utilizan el carbono para conseguir energía, y el nitrógeno para la síntesis (formación) de proteínas (Rodríguez & Córdova, 2006). El parámetro que mide esta proporción se llama relación “carbono/nitrógeno” (C/N), y los valores ideales de esta relación C/N para un buen compostaje se encuentran entre 25-35/1. Si el material de partida contiene demasiado carbono, como es el caso de las muestras utilizadas en la investigación, la relación será muy alta y el proceso será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono **(Rodríguez & Córdova, 2006)**.

La materia orgánica de los RSU generalmente tiene una adecuada relación C/N y por sí sola puede compostar (Rodríguez & Córdova, 2006). Sin embargo, en el presente estudio los resultados reflejaron que no siempre la materia orgánica cumple con esta condición (valores superiores a 35/1), sobre todo si en el lugar en donde es

recolectada, en específico en las estaciones de transferencia de la ciudad, se encuentra mezclada con otro tipo de residuos. Para el análisis se escogieron las frutas y verduras, porque después de las podas de parques y jardines (residuos de gran volumen, fácilmente procesables, que no generan malos olores ni liberan grandes cantidades de agua durante su almacenamiento y transporte), son el segundo tipo de residuo que es fácil de compostar, además de que se pueden obtener en grandes volúmenes, y en teoría sus relaciones se encuentran dentro del rango óptimo (**Rodríguez & Córdova, 2006**). No obstante, en la investigación la última característica en específico no se cumplió, ya que las muestras arrojaron valores muy superiores al óptimo. Por ello, la importancia de la separación previa, ya que esto garantiza que en los residuos que van a ser analizados o compostados, no exista interferencia de otros desechos considerados como “contaminantes”.

- ∞ Los valores de las relaciones C/N no mostraron una tendencia definida, la desviación entre estos era considerable, lo cual indica que existe una relación directa entre el tipo de residuo recolectado (materia prima) y el valor de este parámetro. En ninguno de los ensayos se logró que la cantidad y el tipo de residuo sean homogéneos, ya que estos variaban considerablemente por los patrones de consumo, horarios y días de recolección, y en especial, porque el tipo de muestreo aplicado era de carácter aleatorio. Por tanto, los resultados entre un ensayo y otro siempre variaban. En base a comparaciones entre las relaciones obtenidas y las relaciones teóricas ([Anexo C](#)), se pudo determinar que hubo interferencia de contaminantes ya que sus valores sobrepasaban considerablemente a las relaciones teóricas.
- ∞ En el proceso de compostaje intervienen microorganismos que se van sustituyendo unos a otros. La riqueza en microbiota favorable para las tierras y, a la par, la ausencia

de los patógenos determinan la buena calidad biológica de la composta (Rodríguez & Córdova, 2006). Por tanto, al ser un tratamiento que requiere de la intervención de organismos vivos necesita de condiciones adecuadas para que estos se desarrollen, no obstante, si se utilizan los residuos que se encuentran en estaciones de transferencia estas condiciones son difíciles de proporcionar, sobre todo porque el sustrato (materia prima) se encuentra contaminado con otros residuos como papeles, plásticos, vidrios, y en el peor de los casos con patógenos, sustancias tóxicas, y/o metales pesados, dificultando el proceso o haciéndolo imposible de llevar a cabo.

- ∞ En base a la experiencia adquirida se determinó que si bien el estudio sirvió como línea base para establecer las metodologías que permitan cuantificar las concentraciones de carbono y nitrógeno en las muestras, no obstante, los sitios de muestreo, ET Norte y ET Sur, no pueden ser tomados en cuenta en estudios de continuidad, ya que los residuos recolectados en estos lugares presentaban altos niveles de contaminación, influyendo en los resultados obtenidos. Considerando que para tener un proceso de compostaje óptimo se requiere de un sustrato puro, se propone como fuentes aportantes de materia prima: residuos verdes provenientes de podas en parques y jardines (incluyen podas de las empresas de energía eléctrica, campos de golf, universidades e instalaciones similares); residuos de empresas procesadoras de alimentos (incluye restaurantes y mercados); residuos de actividades agropecuarias (incluyen rastrojo, estiércol y residuos de beneficios); residuos orgánicos domésticos separados de origen en las viviendas; siempre tomando en cuenta que estos no deben estar contaminados (Rodríguez & Córdova, 2006).
- ∞ Existieron varios factores que se consideraron a la hora de seleccionar el método para la determinación del carbono orgánico. Se escogió el método de pérdida por ignición

porque se caracteriza por ser muy económico dado que no se utilizan reactivos químicos, además de que requiere de pocas horas para su realización y, sobre todo, es comparable con los métodos estándar de referencia (**Rosell et al., 2001, citado en: La Manna et al, 2007 & Schumacher, 2002**). Se debe tomar en cuenta que la determinación de la materia orgánica total por este método, no es exacta, ya que en su contenido pueden hallarse componentes no orgánicos volátiles que evitan que el valor obtenido por calcinación sea únicamente de materia orgánica, y por consiguiente de carbono (**Iglesias & Pérez, 1992**).

∞ Para el análisis de nitrógeno se eligió el método Kjeldahl por su alta fiabilidad, además de que es el más utilizado para análisis de alimentos, y es dado como método de referencia (**Morón, Zacarías & De Pablo, 1997**). Sin embargo, para lograr tener valores confiables se hicieron algunas modificaciones en la metodología, ya que en el sustento teórico se encontraron procedimientos que diferían entre sí tanto en el uso de equipos, condiciones de tratamiento, catalizadores, cantidad de reactivos a utilizarse, entre otros. De la experiencia en laboratorio se pudo corroborar que la metodología utilizada es eficaz ya que para la para las cantidades de reactivos y muestras indicadas son de esperarse resultados que varían de 0,5 a 2,5 % de nitrógeno total (**UNINET, 1992**), y los resultados obtenidos se mantuvieron dentro de este rango

El paso más lento de todo el procedimiento de análisis según Kjeldahl fue la digestión con ácido sulfúrico, que requirió varias horas para completarse. Se han propuesto numerosas modificaciones para acelerar la cinética de dicho proceso. Sin embargo, considerando los buenos resultados obtenidos en otras investigaciones se escogió la modificación que consiste en agregar una sal neutra como el sulfato de potasio mezclado con un catalizador que puede ser sulfato de cobre (mezcla catalítica

Kjeldahl). Esta simple variación, propuesta por Gunning, es efectiva porque aumenta el punto de ebullición del ácido sulfúrico y acelera el proceso de digestión, con ello, se eleva la temperatura a la cual se lleva a cabo la oxidación y se minimizó el tiempo de digestión, además de que se suprimió el uso de catalizadores tóxicos (**Skoog & West, 2002**). No obstante, al llevar a cabo el proceso de digestión en el laboratorio, no se colocó la cantidad suficiente de mezcla catalítica, por lo que el proceso tardo varias horas, provocando una pérdida excesiva de ácido sulfúrico por evaporación, y parte de nitrógeno que podía ser recuperado(**Skoog & West, 2002**).

Al llevar a cabo cada una de las etapas (digestión, destilación y titulación) del procedimiento para la determinación de nitrógeno se presentaron varias situaciones que deben ser tomadas en cuenta y mejoradas, ya que estas pueden alterar los resultados. Por ejemplo, en los tubos de Kjeldahl hubo formación de espuma que dio lugar a pérdidas de muestra, a la vez que durante la destilación la presencia de este material arrastró hidróxido sódico hasta más allá del tubo refrigerante, provocando que el destilado se contamine y se tenga que repetir el proceso (**Brown & Sallee, 1977**).

- ∞ El número de ensayos fue un factor determinante en la investigación, puesto que en las investigaciones este parámetro proporciona confiabilidad en los datos. El cálculo de la muestra no se la puedo realizar en base a fórmulas estadísticas, ya que estas por lo mínimo exigían un número de 100 muestras, y tomando en cuenta que para el caso del nitrógeno se requerían reactivos cuya venta es restringida, se hizo el cálculo en base a la cantidad de reactivo que se podía utilizar.
- ∞ El manejo de reactivos peligrosos y residuos sólidos orgánicos (mezclados con residuos peligrosos), exigió 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.

5.2. RECOMENDACIONES

∞ Los resultados de las muestras analizadas durante la investigación, reflejaron que los residuos escogidos tenían un alto contenido de carbono, pues sus valores eran superiores al rango óptimo (25-35), esto pudo ser influenciado en gran medida por la ausencia de una separación previa en las estaciones de transferencia, ocasionando que los desechos orgánicos se mezclen con otros. Por lo cual, en primer lugar se recomienda que para futuros estudios relacionados con el análisis de la viabilidad de tratamientos biológicos para tratar residuos orgánicos, se debe cambiar el sitio en el cual se recoge el sustrato, poniendo especial cuidado en que la materia prima de estos lugares no se encuentren contaminados, en especial con residuos peligrosos, puesto que al tratar con organismos vivos, su presencia inhibiría el tratamiento.

En cuanto a las mezclas con relaciones de C/N altas, se recomienda su combinación con residuos con alto contenido de nitrógeno (gallinaza, estiércol de vaca, podas de jardines, entre otros), para de esta manera equilibrar la relación y hacer que estas se encuentre dentro del rango óptimo (25-35/1).

De igual manera, se recomienda realizar la cuantificación de carbono y nitrógeno de muestras que contengan todos los residuos orgánicos, puesto que en la bibliografía menciona que mientras más heterogénea sea la mezcla se tendrá una mejor relación C/N (**Adaptado de varios autores**). Además de que esto permite evaluar que tan factible es el uso de estos residuos en su totalidad, en procesos de compostaje.

- ∞ 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 de pérdida por ignición como por Kjeldahl, 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 (en caso de necesitarlo).
- ∞ Los desechos orgánicos representan un verdadero desafío para la gestión de residuos, sobre todo porque representan el 60% del total del material considerado como basura. La valorización de este tipo de desechos (residuos de comida, poda y jardín, etc.) se alcanza cuando el residuo es procesado y transformado en un nuevo producto, a través de tratamientos biológicos (aeróbicos y anaeróbicos) como puede ser: el compostaje, el vermicompostaje, digestión anaerobia (produce biol y metano), entre otros. Sin embargo, considerando que su producción supera la capacidad que pueden manejar las alternativas biológicas, se recomienda que en estudios posteriores se dé un enfoque más amplio y que se consideren todas las alternativas de tratamiento posible, sean biológicas (ideales) o no, ya que tomando en cuenta que los volúmenes de residuos orgánicos que se generan día a día son exorbitantes, y que su reducción en la fuente es casi imposible ya que su generación corresponde a la satisfacción de una necesidad básica del ser humano “la alimentación”, se necesitan aplicar varios tratamientos a la vez que manejen tal cantidad de residuos. Dentro de las alternativas no biológicas que

se pueden analizar para el tratamiento de estos residuos están: la pirólisis; hidrogenación (se obtienen hidrocarburos de desechos orgánicos); hidrogasificación (el estiércol se convierte en metano y etano); fermentación y destilación (se obtiene alcohol a partir de granos y de desechos vegetales); entre otras (**EROSKI CONSUMER, 2001**).

- ∞ Un programa de compostaje no se puede basar totalmente en experiencias ajenas (países desarrollados), 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 particular previo, y una vez que se ejecute, realizar un control técnico permanente (**Rodríguez & Córdova, 2006, Aguilar-Virgen, Armijo de la Vega, Taboada-González & Aguilar, 2010**).
- ∞ Si se continúa con la recolección y posterior análisis de residuos orgánicos, ya sea que se recojan en las estaciones de transferencia o en cualquier lugar que se defina como sitio de muestreo, se recomienda que el procesamiento de las muestras se lo haga en un periodo de tiempo relativamente corto (máximo un día), ya que por su naturaleza orgánica los residuos tienden a descomponerse y al hacerlo en condiciones anaeróbicas generan un cambio de pH en la materia prima, lo cual en cierta medida altera sus condiciones iniciales y por consiguiente los resultados.
- ∞ Considerando que la investigación se vio limitada por la disponibilidad de Hidróxido de Sodio, se recomienda utilizar adecuadamente este reactivo ya que de no hacerlo el número de muestras se verán mermadas.
- ∞ Si las metodologías de laboratorio van a ser llevadas a cabo por primera vez, se recomienda que el/la investigadora solicite ayuda, ya que el mal manejo de los reactivos y equipos puede provocar accidentes.

- ∞ El Método de Kjeldahl es un procedimiento que ha ido variando continuamente desde su creación, por lo cual no existe un procedimiento estricto que deba seguirse, esto implica que el investigador debe determinar los reactivos y las condiciones que se adapten mejor al tipo de residuo que se va a evaluar, por lo cual para el caso de residuos orgánicos se recomienda replicar la metodología especificada en el capítulo IV. Conjuntamente, se debe aplicar algunas adecuaciones para mejorar los resultados, para ello se propone: en primer lugar aumentar la cantidad de mezcla catalítica que se añada para la digestión, considerando que si la concentración de la sal es demasiado elevada puede tener lugar la oxidación del propio ion amonio (**Skoog & West, 2002**). Para evitar la formación de espumas durante el proceso de digestión se recomienda llevar a cabo un calentamiento más lento (**Brown & Saltee, 1977**). Finalmente, para evitar pérdidas de ácido sulfúrico durante la digestión se recomienda disminuir el tiempo de digestión de las muestras, y en caso la pérdida sea considerable, al final del proceso se debe reponer la cantidad evaporada.
- ∞ Al realizar el método de Kjeldahl, durante la fase de digestión, se debe mantener el extractor de humos encendido ya que el proceso genera gases de azufre que pueden ser tóxicos si se inhalan.
- ∞ El ácido o sulfúrico concentrado puede producir quemaduras serias a menos que se tenga el debido cuidado. Cuando se añadan o mezclen los reactivos hay que dirigir la boca del tubo Kjeldahl en una dirección en que no haya nadie, y siempre tomar en cuenta que el ácido debe ser añadido al agua, y no en inversa; ya que esto evita que se den reacciones violentas que puedan provocar una sobrepresión suficiente para proyectar al exterior el contenido del tubo (**Brown & Saltee, 1977**).

- ∞ Cuando se añade el hidróxido de sodio en el tubo durante el proceso de destilación, hay que tener sumo cuidado y hacerlo poco a poco, ya que el álcali al entrar en contacto con el ácido disuelto genera una reacción violenta, que puede provocar que la muestra del tubo llegue hasta el refrigerante, y se tenga que limpiar todo el equipo.
- ∞ Para llevar a cabo la fase de campo y de laboratorio se requiere cumplir con ciertas exigencias, con la finalidad de evitar posibles enfermedades y accidentes que impidan continuar con el desarrollo de la investigación. Entre los requisitos para el ingreso están: tener la vacunas de hepatitis A y B, tétano y tifoidea; y, utilizar el equipo de protección adecuado (guantes, botas, overol, casco, mascarilla y chaleco reflectivo).
- ∞ Finalmente, se recomienda realizar continuaciones del presente estudio, para que un futuro se pueda llevar a cabo un proceso de compostaje con residuos orgánicos a gran escala eficiente, que genere un producto de calidad y que pueda ser comercializado. De esta manera, se obtendrán beneficios ambientales, económicos y sociales.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agrowaste. (2013). Digestión Anaerobia. Recuperado: 01 de Junio de 2015, de, <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/DIGESTION-ANAEROBIA.pdf>
2. Acín, M. (2012). Efectos de diferentes usos del territorio en las características edáficas: Influencia de una vía pecuaria en las funciones de regulación del suelo (tesis de posgrado). Universidad Complutense Madrid, Madrid-España.
3. Acuerdo Ministerial 061. Registro Oficial edición especial 316, de 04 de Mayo del 2015.
4. Agencia Nacional de Infraestructura. (2004). Norma INV E-121-07. Determinación del Contenido Orgánico en Suelos mediante Pérdida por Ignición. Recuperado: 10 de Mayo del 2015, de, <ftp://ftp.ani.gov.co/Transversal%20del%20Sisga/5.-Hidraulica/Auxiliar/ANX10%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Ensayos/Norma%20INV%20E-121-07.pdf>
5. Aguilar-Virgen, Q.; C. Armijo de la Vega; Taboada-González, P. & X. Aguilar. (2010). Potencial de recuperación de residuos sólidos domésticos dispuestos en un relleno sanitario. Revista de Ingeniería (32), Universidad de los Andes, Colombia.
6. Alcocer, G; Cuascoto, A (2011). Diseño Económico de una Compostera para Desechos de Flores. UEB (Universidad Estatal de Bolívar), Guaranda.
7. Allinger, N. (1970). Química Orgánica. Editorial Reverté S.A., Barcelona-España.
8. Amézquita, M.C., Murgueito, E.R., Cuartas, C.A., & Gómez, M.E. (2007). Almacenamiento de carbono: en ecosistemas terrestres para mitigar el cambio climático global. CIPAN. [Cali]: CIPAN: CIAT: [Turrialba]: CATIE, [2007]. 68 p. 65 p. il. color. Red de investigación para evaluar la capacidad de captura de carbono de sistemas de pasturas, agro pastoriles y agro silvipastoriles en sub-ecosistemas del bosque tropical de américa. Cooperación Holandesa CO-010402.
9. Amigos de la Tierra. (s.f.). Manual Básico para hacer Compost. Recuperado: 30 de Abril del 2015, de, http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/compost_esp_v04.pdf
10. André, F. & E. Cerda. (s.f.). Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas. Universidad Complutense de Madrid. pp. 71-92. España.
11. AOAC Official Method, 2001; Barrena, 2006; Suzanne, 2010 & GIUMA, 2013

12. Arteaga, J. (2014). Evaluación de dos Técnicas de Pre-Tratamiento para la Degradación de Desechos Lignocelulósicos Provenientes del DMQ (tesis de pregrado). Universidad Internacional SEK, Quito-Ecuador.
13. Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito. Manejo de Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito. http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1hg8Z_RkF0cJ:https://192.188.53.42/index.php/documentos-gestion-ambiental/finish/5-gestion-ambiental/20-manejo-de-residuos-en-el-distrito-metropolitano-de-quito+&cd=11&hl=es&ct=clnk&gl=ec
14. Ayala, I. (2013). Cuantificación del Poder Calórico Superior e Inferior de los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito (tesis de pregrado). Universidad Internacional SEK: Quito-Ecuador.
15. Barrena, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Barcelona, España.
16. Bousono, C. (s.f.). Residuos. Recuperado: 13 de Diciembre del 2014, de, <http://www.iescarlosbousono.com/antiguo/Tecnolog%C3%ADa%20web/Documentos/Impacto%20ambiental/Sesi%C3%B3n%207.Residuos.pdf>
17. Brown, G. & E. Sallee. (1977). Química Cuantitativa. Editorial Reverté S.A, España.
18. Bureau Veritas Formación. (2008). Manual para la formación en medio ambiente (1era ed.). España. Editorial Lex Nova, S.A.
19. BVSDE. (2004). Manual de Compostaje Doméstico. Recuperado: 10 de Mayo del 2015, de, <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd47/compostando.pdf>
20. Caicedo, C. (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 (tesis de pregrado). Universidad Internacional SEK, Quito-Ecuador.
21. Calva, C. & R. Rojas. (2014). Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Mexicali, México: Retos para el Logro de una Planeación Sustentable (25), 3. SCIELO. México.
22. Canet-Castelló, R. (s.f.). Uso de materia orgánica en Agricultura. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Recuperado: 29 de Abril del 2015, de, http://www.ivia.es/rcanet/descargas/MO_en_Agricultura.pdf
23. Campbell, R.; J. Moriarty; Derham, J; O. Gaillot & Fitzgerald, U. (2011). Protocol For The Evaluation Of Biodegradable: Municipal Waste Sent To Landfill. Environmental Protection Agency, USA.
24. Carreira, D. (s.f.). Carbono Orgánico: Método de Walkley & Black, y Nitrógeno: Método Kjeldahl. INTA Castelar, Argentina.

25. Castells, E. (2012). Métodos de Valorización y tratamiento de residuos municipales. Ediciones Díaz de Santos, Madrid.
26. Castillo, M. (2012). Consultoría para la realización de un Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos Domésticos y Asimilables a Domésticos para el Distrito Metropolitano de Quito”. Secretaría de Ambiente de Quito & EMASEO, Quito-Ecuador.
27. Castillo, M.J. (2012). Determinación de la Composición y Densidad de los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito con fines de aprovechamiento energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (tesis de pregrado). Universidad Internacional SEK, Quito-Ecuador.
28. Centro Panamericano de Ingeniería sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). (2002). Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales: Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones. OPS & OMS. Recuperado: 22 de Abril del 2015, de, <http://siar.regionpuno.gob.pe/public/docs/324.pdf>
29. CEPIS, 2009 - Método sencillo de análisis de residuos sólidos. Recuperado: 13 de Diciembre del 2014, de, <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>
30. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomías y Descentralización (COOTAD). Registro Oficial 203, de 19 de Octubre del 2010.
31. Consejo Metropolitano de Planificación. (2011). Plan de Desarrollo 2012 – 2022. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Quito-Ecuador.
32. CONSEP. (2011). Compras Ocasionales. Recuperado: 29 de Abril del 2015, de, <http://www.consep.gob.ec/compras-ocasionalesespeciales/>.
33. Constitución del Ecuador 2008. Registro oficial 449, de 20 de Octubre del 2008.
34. Coral, K. (2013). Tratamiento de Residuos Sólidos. Quito: Universidad Internacional SEK (no publicado).
35. CORPOICA. (s.f.) .Producción de abonos orgánicos de buena calidad. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Colombia.
36. Dalzell, H.; A. Biddlestone; Gray, K. & K. Thurairajan. (1991). Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. FAO, Roma.
37. Decreto 69. (2009).Registro Oficial de Cataluña No. 5370, publicado: 30 de Abril del 2009.
38. Dirección General de Medio Ambiente. (2000). Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos. Comisión Europea, Bélgica.
39. DMQ. (2008). Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito: Manual de Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito. Ilustre Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Quito-Ecuador.

40. DMQ. (s.f.). Los Residuos. Recuperado: 13 de Diciembre del 2014, de, <http://www.quitoambiente.com.ec/index.php/gestion-ambiental/gestion-de-residuos>
41. EMASEO (2010). Plan de Servicios de Aseo y Administración Zonal Eloy Alfaro.
42. EMASEO. (2011). Quito Patrimonio Sano. Recuperado: 15 de Mayo del 2015, de, <http://www.lahora.com.ec/frontEnd/images/objetos/Llamadoproyecto.pdf>.
43. EMGIRS-EP. (2013). Aprovechamiento de residuos. Recuperado: 22 de Abril del 2015, de, <http://www.emgirs.gob.ec/index.php/proyectos/aprovechamiento-de-residuos>.
44. EMGIRS-EP¹. (s.f.). Estación de Transferencia Norte. Recuperado: 22 de Abril del 2015, de, <http://www.emgirs.gob.ec/index.php/operaciones/estacion-de-transferencia-norte>.
45. EMGIRS-EP². (s.f.). Estación de Transferencia Sur. Recuperado: 22 de Abril del 2015, de, <http://www.emgirs.gob.ec/index.php/operaciones/estacion-de-transferencia-sur>.
46. EMGIRS-EP³. (s.f.). Aprovechamiento de Residuos. Recuperado: 22 de Abril del 2015, de, <http://www.emgirs.gob.ec/index.php/proyectos/aprovechamiento-de-residuos>.
47. EMGIRS-EP⁴. (s.f.). La Empresa. Recuperado: 22 de Abril del 2015, de, <http://www.emgirs.gob.ec/index.php/quienes-somos/la-empresa>
48. EMGIRS-EP⁵. (s.f.). Relleno Sanitario El Inga. Recuperado: 22 de Abril del 2015, de, <http://www.emgirs.gob.ec/index.php/operaciones/relleno-sanitario>
49. EROSKI CONSUMER. (2001). Alternativas para obtener energía. La basura, materia prima que también se transforma en energía. Recuperado: 11 de Julio de 2015, de, <http://revista.consumer.es/web/es/20010501/medioambiente/26965.php#sthash.91AzhBxR.5Hmoh2dQ.dpuf>
50. 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). Universidad Internacional SEK del Ecuador, Quito-Ecuador.
51. Fuentes, J. (s.f.). El compostaje y el compost. Recuperado: 10 de Mayo del 2015, de, http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/educacion_ambiental/EducamIV/publicaciones/rua05.pdf
52. Gaggero, E. & M. Ordoñez. (s.f.). Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos. Subsecretaría de Educación de Buenos Aires. Buenos Aires-Argentina.
53. Gerardo. (2001). Alimentos Balanceados. Universidad Mayor de San Marcos, Perú.
54. Gordillo, F & Chávez, G. (2012). Evaluación Comparativa de la Calidad del Compost. ESPOL (Escuela Politécnica del Litoral), Guayaquil.

55. Harris, D. (2003). *Análisis químico cuantitativo* (3ra.ed.). Editorial Reverté S.A., Barcelona-España.
56. Huerta, O.; X. Martínez; Gallart, M. & López, M. (s.f.). *El Uso de Compost de Residuos Sólidos Municipales como Enmienda Orgánica: Aportaciones de Diferentes Componentes según Origen*. Universidad Politécnica de Cataluña, España. <https://upcommons.upc.edu/eprints/bitstream/2117/11638/1/Huerta%20et%20al%20El%20uso.pdf>
57. Ilustre Municipio de Loja. (ene-2015). *Gestión de Residuos en Loja*. Exposición presentada en salida de campo, Enero, Ecuador.
58. Iglesias, E. & V. Pérez. (1992). *Relationships between Organic Carbon and Total Organic Matter in Municipal Solid Wastes and City Refuse Composts*. *Bioresource Technology* (41).pp. 265-272. Spain.
59. Jackson, M. (1970). *Análisis Químico del Suelo*. Ediciones Omega, Barcelona-España.
60. Jaime, L. (2011). *El consumo y la generación de residuos sólidos: una problemática ambiental*. REDISA. pp. 81-85. México.
61. Jaramillo, J. (1991). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios*. FAO. pp.214. Estados Unidos.
62. JP Selecta S.A. (2015). *Determinación de Proteínas por Método de Kjeldahl*. Recuperado: 25 de Mayo del 2015, de, <http://www.grupo-selecta.com/notasdeaplicaciones/analisis-alimentarios-y-de-aguas-nutritional-and-water-analysis/determinacion-de-proteinas-por-el-metodo-de-kjeldahl-kjeldahl-method-for-protein-determination/>
63. Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Instituto de Ingeniería de la UNAM & FEMISCA, México.
64. La Manna, L.; C. Buduba; Alonso, V.; M. Davel; Puentes, C. & J. Irisarri. (2007). *Comparación de métodos analíticos para la determinación de materia orgánica en suelos de la región Andino-Patagónica: efectos de la vegetación y el tipo de suelo* (25), 2. *Revista Scielo*, Buenos Aires.
65. *Ley de Desarrollo Agrario*. Registro Oficial 315, de 16 de Febrero del 2004, última modificación: 10 de Febrero del 2015.
66. *Ley de Gestión Ambiental*. Registro Oficial 418, de 10 de Septiembre del 2004.
67. Lugo, S. (1998). *Evaluación de los Proyectos de Compostaje en el Ecuador*. Fundación Natura, REPAMAR, CEPIS & G.T.Z., Quito-Ecuador. <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/repamar/gtzproye/compost/compost.html>
68. MAGAP. (2014). *Elaboración, uso y manejo de abonos orgánicos*. Recuperado: 15 de Mayo del 2015, de, <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/HOMBRO%20A%20HOMBRO/m anuales/Manual%20Elaboraci%C3%B3n%20de%20abonos%20org%C3%A1nicos.pdf>

69. Manahan (2007): Manahan, S. (2007). Introducción a la química ambiental. (1ra ed.). Editorial Reverté, S.A. España.
70. Márquez, P.; M. Díaz & Cabrera, F. (2008). Factores que afectan al proceso de Compostaje. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, Sevilla-España.
71. Martínez, E. & J.A. Carpi. (2006). Residuos Urbanos y Sustentabilidad Ambiental. Estado de la cuestión y debate en la Comunidad Valenciana. IMEDES & Universidad de Valencia, Valencia-España.
72. Martínez, E.; J. Fuentes & Acevedo, E. (2008). Carbono Orgánico y Propiedades del Suelo. J. Universidad de Chile (8), 1. pp. 68-96. Chile.
73. Metzger, P. & N. Bermúdez. (1996). El Medio Ambiente Urbano en Quito. Dirección General de Planificación - Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Quito-Ecuador.
74. Moral, R. & J. Muro. (2007). Capítulo 15. Manejo, dosificación y gestión agronómica del compost. Moreno, J. & R. Mora. eds. Mundi-Prensa, Madrid.
75. Moreno, B. (2006). Higiene e Inspección de carnes. España: Ediciones Díaz de Santos.
76. Moreno, J.; J. García-Morales; Pascual, J & M. Bernal (eds. Cient). (2014). De Residuo a Recurso: El Camino hacia la Sustentabilidad. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
77. Morón, C.; I. Zacarías & De Pablo. (1997). Producción y Manejo de Datos de Composición Química de Alimentos en Nutrición. Romero, S. Capítulo 15: Métodos de Análisis para la Determinación de Nitrógeno y Constituyentes Nitrogenados en Alimentos. Universidad de Chile, Santiago de Chile. <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/ah833s17.htm>
78. Navarro, R. (s.f.). Manual para hacer composta Aeróbica. CESTA Amigos de la Tierra, El Salvador.
79. NMX-F-068-S-1980. ALIMENTOS. Determinación de proteínas. Recuperado: 10 de Mayo del 2015, de, <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-068-S-1980.PDF>
80. NMX-AA-24-1984. Protección al ambiente - contaminación del Suelo-residuos sólidos municipales - determinación de nitrógeno total.
81. Núñez-Solís, J. (2000). Fundamentos de Edafología (2da. ed.). EUNED, San José-Costa Rica.
82. Ochoa, E. (16 de octubre de 2014). María Verónica Arias busca generar cambios desde la Secretaría del Ambiente. Metro Ecuador. Recuperado de <http://www.metroecuador.com.ec/entrevistas/maria-veronica-arias-busca-generar-cambios-desde-la-secretaria-del-ambiente/AzUnjp---2b3l0vG6C6WZ6/>
83. Oliveira, J.; E. Afif & Mayor, M. (2006). Análisis de suelos y plantas y recomendaciones de abonado. Ediciones de la Universidad de Oviedo, Asturias.


84. Ordenanza Municipal 0332. Ordenanza Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Distrito metropolitano de Quito.
85. 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), Universidad Internacional SEK del Ecuador, Facultad de Ciencias Ambientales, Quito.
86. Ortiz, A (2006). Dirección de Medio Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Quito-Ecuador. Extraído de: 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 Ejercito (ESPE), Quito-Ecuador.
87. Ortiz, G. (s.f.). Manual de elaboración de composta. Metrocert, México. Recuperado: 29 de Abril del 2015, de, http://www.metrocert.com/files/Manual_de_elaboracion_de_composta.pdf
88. Perdomo, C. & M. Barbazán. (2010). Nitrógeno. Universidad de la República, Uruguay.
89. Pérez, M. & Moreno, J. (2007). Capítulo 20. Residuos Urbanos. Moreno, J. & R. Mora. eds. Mundi-Prensa, Madrid.
90. Puerta, S. (2012). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. Revista Lasallista de Investigación (1), 1. pp. 56-65. Medellín-Colombia.
91. Quispe, A. (2015). El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura (vol 6), 1. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. México.
92. Reinheimer, J. & C. Zalazar. (2006). Avances en microbiología, bioquímica y tecnología de quesos (1ª. ed.). Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe-Argentina.
93. Resolución 002. (2014). Normas técnicas para la aplicación de las Ordenanzas Metropolitanas Sustitutiva del Título V, “del Medio Ambiente” del Libro Segundo del Código Municipal.
94. Revelo, L. (2013). Biotratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos generados en el proceso de purificación de aceite comestible de la empresa INTELIFUEL Cía. Ltda., año 2012- 2013 (tesis de pregrado). Universidad Internacional SEK del Ecuador, Quito-Ecuador.
95. Ribadeneira, J. (2014). Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito. Año 2013-2014 (tesis de pregrado). Universidad Internacional SEK del Ecuador: Quito-Ecuador.
96. Rincón, J. & E. Silva. (2014). Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad. Red Iberoamericana de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en Producción de energía, Colombia.

97. Rodríguez Martín-Doimeadios, R. (2000). Aportaciones al conocimiento del estado medioambiental de hidrosistemas de interés internacional situados en Castilla-La Mancha (tesis doctoral). La Mancha: Universidad de Castilla.
98. Rodríguez, M. & A. Córdova. (2006). Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos. GTZ, Cooperación de Estados Unidos Mexicanos & República Federal de Alemania, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología, México.
99. Román, P.; M. Martínez & Pantoja, A. (2013). Manual de Compostaje del Agricultor: Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Santiago de Chile.
100. Rosal, A.; J. Pérez.; Arcos, M. & M. Dios. (2007) La Incidencia de Metales Pesados en Compost de Residuos Sólidos Urbanos y en su uso Agronómico en España, vol. 18 (6). Información Tecnológica, España.
101. Sánchez, C. (2006). Mejoramiento de la Relación Carbono/Nitrógeno de los residuos de Post-Cosecha de una Florícola (tesis de pregrado). Universidad Internacional SEK: Quito-Ecuador.
102. Saucedo, G. (2007). Degradación y Estabilización acelerada de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) por tratamientos aerobios y anaerobios. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, México.
103. Schuldt, M. (2006). Lombricultura: Teoría y práctica. Mundi-Prensa, Madrid.
104. Schumacher, B. (2002). Methods for the Determination of Total Organic Carbon (TOC) in Soils and Sediments. United States Environmental Protection Agency. Pdf. Bs116.
105. Secretaría de Ambiente. (2015). Se analiza generar diésel sintético a partir de los desechos plásticos. Recuperado: 10 de Julio de 2015, de, http://www.noticiasquito.gob.ec/Noticias/news_user_view/se_analiza_generar_die_sel_sintetico_a_partir_de_los_desechos_plasticos-14439
106. Secretaría de Comunicación. (2015). Empresa coreana realizará estudios para planta de incineración de residuos sólidos. Recuperado: 25 de Julio de 2015, de, http://prensa.quito.gob.ec/Noticias/news_user_view/empresa_coreana_realizara_estudios_para_planta_de_incineracion_de_residuos_solidos-14112.
107. Selecta. S.A. (2015). Método Kjeldahl. Recuperado: 29 de Abril del 2015, de, <http://www.grupo-selecta.com/notasdeaplicaciones/sin-categoria/103nalít-kjeldahl/>
108. Sembrar Esperanza. (2010). Proyecto Manejo Integral de Residuos Sólidos (MIRS). Recuperado: 15 de Mayo del 2015, de, http://www.sembraresperanza.org.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=16&lang=es
109. SIAN. (s.f.). Determinación de Nitrógeno Total Método Semi-micro Kjeldahl. Recuperado: 09 de Mayo del 2015, de, http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/manuales_suelos/103nalíti_analiticos_suelos/V.pdf

110. Silva, J.P.; P. López & Valencia, P. (s.f.). Recuperación de Nutrientes en Fase Sólida a través del Compostaje. Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad del Valle, Cali-Colombia. Recuperado: 29 de Abril del 2015, de, <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compostaje.pdf>
111. Simon-Vermot, B. (2010). Modelo para el Manejo de los Residuos Sólidos generados por el Recinto Chiriboga y sus alrededores (tesis de pregrado). Universidad Internacional SEK, Quito-Ecuador.
112. Skoog, D. & D. West. (2002). Introducción a la química analítica. Editorial Reverté S.A, España.
113. Sztern, D. & M. Pravia. (1999). Manual para la Elaboración de Compost Bases Conceptuales y Procedimientos. Recuperado: 10 de Mayo del 2015, de, <http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf>
114. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente. Registro Oficial 725 de 31 de Marzo del 2003.
115. UNINET. (1992). Norma Mexicana NMX-AA-24-1984: Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Determinación de Nitrógeno Total. Última Modificación: 6 de Noviembre de 1992. Recuperado: 15 de Mayo del 2015, de, <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa024.pdf>
116. UNINET. (1992). Norma Mexicana NMX-AA-67-1985: Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Determinación de la Relación Carbono/Nitrógeno. Última Modificación: 6 de Noviembre de 1992.
117. Universidad Mayor de San Marcos. (2001). Alimentos Balanceados. RECITEIA, Cali-Colombia.
118. Varón, L. (2009). Diseño del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en la Planta de beneficio de la empresa Campollo S.A (tesis de pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga-Colombia.
119. Velástegui, D. (2009). Caracterización físico-química y microbiológica de los lixiviados generados en las composteras del Parque Itchimbia (tesis de pregrado). Universidad Internacional SEK, Quito-Ecuador.
120. Villacís, Y. (2010). Análisis de sustentabilidad del Manejo de Residuos Sólidos Municipales. Distrito Metropolitano de Quito, período 1990-2004 (Tesis de posgrado). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Ecuador.

ANEXOS

ANEXO A. FORMATO DE REGISTRO DE MUESTREOS

		HOJA DE DATOS DETERMINACIÓN DE CARBONO Y NITRÓGENO				TESIS ESTEFANÍA CASCO 2015			
<i>FORMATO DE MUESTREO</i>									
FECHA	LUGAR	PESO MUESTRA REPRESENTATIVA Kg	CARBONO				NITRÓGENO		
			PESO CRISOLES	PESO MUESTRA	PESO SECADO	PESO INCINERADO	PESO MUESTRA	HORA DIGESTIÓN	V. CONSUMIDO HCl (0,25M) ml
.....03.2015	Zábiza								
	Santa Rosa								
.....04.2015	Zábiza								
	Santa Rosa								
.....05.2015	Zábiza								
	Santa Rosa								
.....06.2015	Zábiza								
	Santa Rosa								

ANEXO B. PROCEDIMIENTOS ANEXOS AL MÉTODO KJELDAHL

Preparación de 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.
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 enfriar la solución antes de aplicarla en cualquier proceso.

Preparación de 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.

Preparación de 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.

Preparación 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 machacó la mezcla, hasta obtener un polvo con una textura fina.

Indicador Shiro-Tashiro

1. Disolver 0.2 g de rojo de metilo en 60 cm³ de alcohol y aforar a 100 mL con agua.

2. Disolver 0.2 g de azul de metileno y aforarlos a 100 cm³ con agua.
3. Mezclar 2 partes de rojo de metilo y una de azul de metileno.

ANEXO C. TABLA DE RELACIONES C/N DE ALGUNOS PRODUCTOS

MATERIALES	RELACIÓN C/N
Residuos de comida	15/1
Residuos Sólidos Urbanos	11/1 – 30/1 – 80/1
Madera (según la especie)	6/1 y 700/1
Papel	150-200/1
Hojas	40/1 y 80/1
Restos de fruta	35/1- 40/1 – 50/1
Leguminosas	12 y 25/1
Papas (cáscaras)	25/1
Gallinaza	15/1
Vegetales (sin leguminosas)	11-12/1
Podas, tallos, maíz	150/1
Estiércol ovino	20/1
Estiércol bovino	15/1
Estiércol suino	12/1
Estiércol de gallina	10/1
Harina de sangre	2/1
Residuos fresco de huerto	30/1
Hojas de plátano	32/1
Desperdicios de cocina	14/1

Fuente: **Adaptado de varios autores.**

ANEXO D. FOTOGRAFÍAS

ANEXO FOTOGRÁFICO

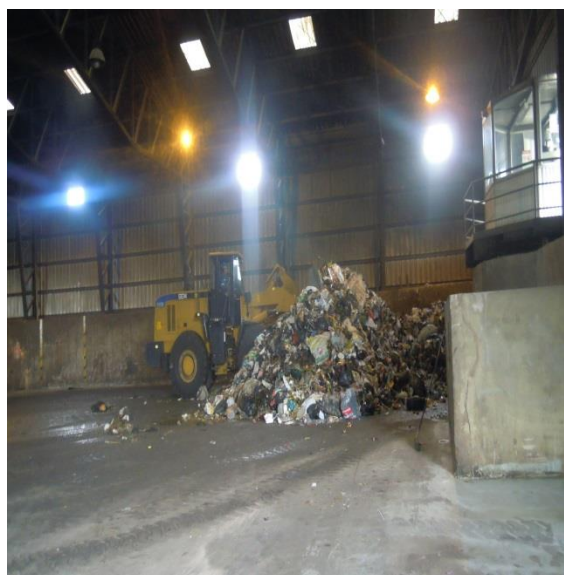
FASE DE CAMPO

ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA NORTE-ZÁMBIZA



EMGIRS, 2015

ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA SUR-SANTA ROSA



CUARTEO – MUESTREO SELECTIVO



FASE DE LABORATORIO

PREPARACIÓN DE MUESTRAS



DETERMINACIÓN DE CARBONO

SECADO



IGNICIÓN



DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO

DIGESTIÓN



ácido sulfúrico (96%)



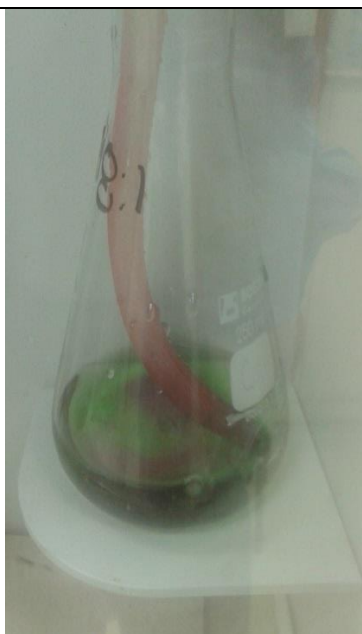
Mezcla catalítica





DESTILACIÓN





ÁCIDO BÓRICO E INDICADOR KJELDAHL



HIDRÓXIDO DE SODIO 40%



TITULACIÓN



PROCEDIMIENTO KJLEDAHL MUESTRA BLANCO

