



**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**Plan de Investigación de fin de carrera titulado:  
“EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO  
PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS  
PROVENIENTES DEL DMQ”**

**Realizado por:  
JUAN FRANCISCO ARTEAGA QUINTANA**

**Director del proyecto:  
PABLO JARRÍN (PhD).**

**Como requisito para la obtención del título de:  
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA**

**AÑO: 2014**



## DECLARATORIA JURAMENTADA

Yo, Juan Francisco Arteaga Quintana, con cédula de identidad #1719678284, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado de calificación profesional; y, que ha consultado 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.



Att.

**Juan Francisco Arteaga Quintana**

**C.I.:171967828-4**

## DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**"EVALUACION DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMINETO PARA LA DEGRADACION DE DESDECHOS LIGNOCELULOSICOS PROVENIENTES DEL DMQ".**

Realizado por:

**JUAN FRANCISCO ARTEAGA QUINTANA**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGIA**

Ha sido dirigido por el/la Profesor (a):

**PABLO JARRÍN (PhD).**

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor



---

**PABLO JARRÍN (PhD).**

**DIRECTOR**



## DECLARATORIA PROFESORES TRIBUNALES

### LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

**PABLO JARRÍN (Ph.D)**

**Bq.F. MAGDALENA DIAZ**

**Mga. FAUSTO VARGAS**

Después de revisar el trabajo presentado, por el alumno

**JUAN FRANCISCO ARTEAGA QUINTANA**

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



**PABLO JARRÍN (Ph.D)**



**Bq.F. MAGDALENA DIAZ**



**Mga. FAUSTO VARGAS**

Quito, 08 de septiembre de 2014

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo en primera instancia al creador de todas las cosas, mi Dios el cual me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello va con toda la humildad que de mi corazón puede emanar.

A Patricio y Martha, mis padres que han sido pilares fundamentales a lo largo de mi vida pero sobretodo han sido un sustento y un aliento para culminar con mi profesión.

A mis hermanas Patricia y Andrea, a mi cuñado Frank y a mi sobrino Esteban que de igual manera han sido un apoyo incondicional en mis logros.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios por ser el aliento de vida y darme todas las fuerzas necesarias para culminar esta etapa en mi vida.

A mi familia por ser el ejemplo de vida a seguir, no dejarme desfallecer y en cada tropiezo ayudarme a levantar para continuar luchando por todo los éxitos profesionales.

Agradezco de una manera muy especial a la Universidad Internacional SEK y a todas sus autoridades por brindarme una educación de excelencia y prepararme para el camino profesional.

Agradezco a Pablo Jarrín y a mis tribunales por brindarme el apoyo necesario para culminar este trabajo de investigación.

Agradezco también a los laboratorios de AGRODIAGNOSTIC por facilitarme el producto Microcompostic.

Agradezco también a todos mis compañeros y amigos por ser un sustento en mi formación universitaria.

**INDICE DE CONTENIDO**

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1.1.1. Diagnóstico del problema .....	2
1.1.1.2. Pronóstico .....	3
1.1.1.3. Control de pronóstico .....	4
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	5
1.1.4. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	5
1.1.6. JUSTIFICACIONES .....	5
1.2. MARCO TEORICO.....	7
1.2.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA .....	7
1.2.1.1. Estudios Realizados en Degradación de Materia Orgánica.....	8
1.2.1.2. Situación en el Ecuador .....	9
1.2.1.3. Celulosa .....	10
1.2.1.4. Hemicelulosa .....	11
1.2.1.5. Lignina.....	11
1.2.1.6. Lignocelulosa.....	12
1.2.1.7. Desechos Lignocelulosicos.....	13
1.2.1.8. Compostaje como tratamiento .....	14
1.2.1.9. Beneficios y Desventajas.....	17
1.2.1.10. Degradaciones con Ácidos Orgánicos (Ácido Cítrico).....	18
1.2.1.11. Tipos de microorganismos y enzimas en el compost (Microcompostic).....	20
1.2.1.12. Factores que condicionan el proceso del compostaje.....	23
1.2.2. ADOPCION DE UNA PERSPECTIVA TEORICA.....	27
1.2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	27
1.2.3.1. Residuos sólidos urbanos: .....	27
1.2.3.2. Compost:.....	27
1.2.3.3. Microcompostic: .....	28
1.2.3.4. Ácido Cítrico:.....	29
1.2.3.5. Sustrato biodisponible: .....	29
1.2.4. HIPÓTESIS.....	29
1.2.5. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES.....	29
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>30</b>
<b>2. MÉTODO.....</b>	<b>30</b>
2.1. NIVEL DE ESTUDIO.....	30
2.1.1. DESCRIPTIVO .....	30

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS  
LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

2.1.2.	EXPLICATIVO.....	30
2.1.3.	CORRELACIÓN.....	30
2.2.	MODALIDAD DE INVESTIGACION.....	30
2.2.1.	DE CAMPO.....	30
2.2.2.	DOCUMENTAL.....	31
2.2.3.	PROYECTO DE DESARROLLO.....	31
2.3.	MÉTODO.....	31
2.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	31
2.4.1.	POBLACIÓN.....	31
2.4.2.	MUESTRA.....	32
2.4.2.1.	Metodologías de muestreos.....	32
2.5.	SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION.....	38
2.5.1.	pH:.....	38
2.5.2.	Temperatura:.....	38
2.5.3.	Humedad:.....	39
2.5.4.	Aeración:.....	40
2.5.5.	Carbono:.....	40
2.5.6.	Nitrógeno:.....	41
2.5.7.	Tiempo:.....	45
2.5.8.	Tamaño de Partícula:.....	46
2.5.9.	Peso:.....	46
2.5.10.	Conductividad:.....	46
2.6.	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS.....	47
2.7.	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	47
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>49</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>		<b>49</b>
3.1.	LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	49
3.2.	PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	50
<b>CAPITULO IV.....</b>		<b>79</b>
<b>4. DISCUSIÓN.....</b>		<b>79</b>
4.1.	CONCLUSIONES.....	81
4.2.	RECOMENDACIONES.....	82
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	84
6.	ANEXOS.....	89

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Composición de la basura de las ET1 y ET2 del DMQ..	8
Tabla 2: Tipos de microorganismos implicados en la producción de celulasas con capacidad de degradar celulosas.....	23
Tabla 3: Relación C/N de varios tipos de residuos orgánicos.....	25
Tabla 4: Perdidas de flujo de los Residuos Sólidos.....	32
Tabla 5: Reacciones que ocurren en el proceso de kjeldahl.....	44
Tabla 6: Variables de las cuales se analizaran los datos estadísticos de cada una de ellas...	50
Tabla 7: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento.....	51
Tabla 8: Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos.....	52
Tabla 9: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable Carbono.....	52
Tabla 10: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento.....	55
Tabla 11 : Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos.....	56
Tabla 12: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable Nitrógeno.....	56
Tabla 13: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento.....	59
Tabla 14: Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos. Fuente.....	60
Tabla 15: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable Relación Carbono-Nitrógeno.....	60
Tabla 16: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento.....	63
Tabla 17: Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos.....	64
Tabla 18: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable Conductividad Eléctrica.....	64
Tabla 19: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento.....	67
Tabla 20: Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos. Fuente.....	68
Tabla 21: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable pH.....	68
Tabla 22: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento.....	71
Tabla 23: Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos.....	72

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS  
LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Tabla 24: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable Temperatura.....	72
Tabla 25: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento.....	75
Tabla 26: Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos.....	76
Tabla 27: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable Humedad. ....	76

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura química de la Celulosa. ....	10
Figura 2: Ejemplo de la estructura de la Hemicelulosa. ....	11
Figura 3: Estructura química de la Lignina.....	12
Figura 4: Estructuras tridimensionales de lignina, hemicelulosa y celulosa,.....	13
Figura 5: Diagrama de las diferentes moléculas que conforman la pared celular. ....	13
Figura 6: Residuos transformados en Compost. Fuente: Gestión de Residuos Urbanos.....	15
Figura 7: Materia prima, producto y condiciones en el Compost.....	16
Figura 8: Esquema de la mineralización de la materia orgánica.....	16
Figura 9: Evaluación de la temperatura y pH durante las diferentes etapas del compostaje	17
Figura 10: Ácido Cítrico. ....	20
Figura 11: Microcompostic.....	21
Figura 12: Proceso de degradación de la celulosa mediante enzimas.....	22
Figura 13: Descomponedores de materia orgánica.....	23
Figura 14: De una población universal se toma en diferentes puntos el muestreo para así determinar un muestreo al azar.....	33
Figura 15: Toma de muestra dividiendo en cuartos para obtener las diferentes muestras.....	34
Figura 16: Vista aérea de la estación de transferencia 2 “Porotohuayco” ubicada en Zambiza.....	34
Figura 17: Entrada a la ET2 y recolección de los Residuos Orgánicos.....	34
Figura 18: Entrada a la Estación de Transferencia 1. ....	35
Figura 19: Recolección de muestras de Residuos Orgánicos provenientes de la ET1 sur de Quito.....	35
Figura 20: Pre-Clasificación y Pre-Tratamiento de los RSUO. ....	36
Figura 21: Residuos Pre-tratados y Pre-clasificados.....	37
Figura 22: Tratamientos colocados al azar en las diferentes camas o parcelas de compost, los números en paréntesis son las filas en las que están, el numero sin paréntesis es el	

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

número de parcela y el tratamiento 1 es el Testigo, 2 el Ácido Cítrico y 3 el Microcompostic.....37

Figura 23: Determinación de pH.. .....38

Figura 24: Medición de temperatura in situ. ....39

Figura 25: Calculo de humedad donde la pérdida de peso se toma de la diferencia de pesos.....39

Figura 26: Cálculo del Carbono Orgánico donde la muestra seca representa al peso inicial de la muestra sin incinerar y la muestra calcinada es el peso después de incinerado a 550 Celsius. ....40

Figura 27: Mufla donde se determina el porcentaje de carbono después de la incineración de materia orgánica. ....41

Figura 28: Equipo Berh de digestión kjeldahl. ....43

Figura 29: Equipo Behr de Destilación.....44

Figura 30: Formula para cálculo del Nitrógeno kjeldahl. ....45

Figura 31: Proceso de titulación del color azul pasa al color anaranjado o rosa.....45

Figura 32: Pesado de 20 Kg las muestras de Materia Orgánica.. .....46

Figura 33: Multiparámetros para medición de conductividad eléctrica, Ph, Temperatura. ..47

Figura 34: Diseño del Cuadrado Latino.....48

Figura 35: Representación gráfica del análisis estadístico de la variable Carbono.....53

Figura 36: Representación gráfica del análisis estadístico de la variable Nitrógeno.....57

Figura 37: Representación gráfica del análisis estadístico de la variable Relación C/N. ....61

Figura 38: Representación gráfica del análisis estadístico de la variable Conductividad.....65

Figura 39: Representación gráfica del análisis estadístico del pH. Fuente. ....69

Figura 40: Representación gráfica del análisis estadístico de la temperatura. ....73

Figura 41: Representación gráfica del análisis estadístico de la Humedad.....77

**ANEXOS:**

Anexo 1: Referencias de diferentes calidades de compost mediante los valores adecuados para degradación de residuos.....89

Anexo 2 Anexo 2: Certificado de análisis por parte de los laboratorios Fisher-Scientific de las pastillas Kjeldahl. ....90

Anexo 3: Cronograma de Actividades comprendido entre los meses Junio y Julio donde muestra los días de medición de cada variable, cabe recalcar que en ciertos días no se

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS  
LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

midieron algunas variables ya que la medición del N, C y Humedad tardaron más de un día.....	91
Anexo 4: Día 1 de registro de datos de cada variable.....	92
Anexo 5: Día 2 de registro de datos de cada variable.....	92
Anexo 6: Día 3 de registro de datos de cada variable.....	93
Anexo 7: Día 4 de registro de datos de cada variable.....	93
Anexo 8: Día 5 de registro de datos de cada variable.....	94
Anexo 9: Día 6 de registro de datos de cada variable.....	94
Anexo 10: Día 7 de registro de datos de cada variable.....	95
Anexo 11: Día 8 de registro de datos de cada variable.....	95
Anexo 12: Día 9 de registro de datos de cada variable.....	96
Anexo 13: Día 10 de registro de datos de cada variable.....	97
Anexo 14: Día 11 de registro de datos de cada variable.....	97
Anexo 15: Día 12 de registro de datos de cada variable.....	98
Anexo 16: Día 13 de registro de datos de cada variable.....	98
Anexo 17: Día 14 de registro de datos de cada variable.....	99
Anexo 18: Día 15 de registro de datos de cada variable.....	99
Anexo 19: Día 16 de registro de datos de cada variable.....	100
Anexo 20: Día 17 de registro de datos de cada variable.....	100
Anexo 21: Día 18 de registro de datos de cada variable.....	101
Anexo 22: Día 19 de registro de datos de cada variable.....	101
Anexo 23: Día 20 de registro de datos de cada variable.....	101
Anexo 24: Día 21 de registro de datos de cada variable.....	102
Anexo 25: Día 22 de registro de datos de cada variable.....	102
Anexo 26: Día 23 de registro de datos de cada variable.....	103
Anexo 27: Día 24 de registro de datos de cada variable.....	103
Anexo 28: Día 25 de registro de datos de cada variable.....	104
Anexo 29: Día 26 de registro de datos de cada variable.....	104
Anexo 30: Compendio de todos los datos generados a lo largo del tiempo entre los meses de Junio y Julio. ....	111

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

**RESUMEN:**

El compost es una técnica de tratamiento de los residuos sólidos urbanos orgánicos (RSUO). El presente estudio se enfocó en aprovechar 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. Para cumplir con los objetivos de esta investigación se establecieron tratamientos en los cuales se aplicaron en el compost para saber cuál de los tratamientos sería el responsable de una buena degradación de lignocelulosa. Mediante diferentes combinaciones en las nueve pilas se colocaron los tratamientos (testigo o tratamiento 1, ácido cítrico o tratamiento 2 y microcompostic o tratamiento 3) cada uno en tres pilas al azar, para lograr homogeneidad en el modelo estadístico. Las pilas se establecieron bajo el modelo estadístico de cuadrado latino que es un modelo 3x3, utilizando ANOVA se analizó cada tratamiento valorando y midiendo las variables que serán la base de la comparación entre cada uno de los tratamientos. Se midieron dos veces por semana parámetros como: Carbono, nitrógeno y humedad. Mientras que se midieron dos a tres veces al día otros parámetros como: Temperatura, pH, conductividad eléctrica, tiempo, tamaño de partícula y aireación (volteo). Se evaluaron los datos medidos a lo largo del tiempo al inicio, durante y al final del proceso de compostaje. Los resultados demuestran que el mejor tratamiento utilizado fue el tratamiento en el que se aplicó microcompostic, es decir, el que tuvo la relación C/N más adecuada. Sin embargo el parámetro de conductividad eléctrica resultó más adecuado el tratamiento con ácido cítrico < a 1500 uS/cm. Los microorganismos comerciales por parte de Agrodiagnostic mantuvieron una mayor población microbiana durante y al finalizar el proceso, el pH para el proceso fue el óptimo en los tratamientos 1 y 3 (Testigo y Microcompostic) mientras para el tratamiento 2 (Ácido Cítrico) bajó pero a la final se elevó.

**Palabras clave:** RSUO, compost, microcompostic, ácido cítrico, ANOVA

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

**ABSTRACT:**

Compost is a treatment technique of municipal solid organic waste (RSUO). The present study focused in taking advantage of the lignocellulosic residues in a good way through the elaboration and methodology of the process of compost and the evaluation of final quality of the product. To meet the objectives of this research were established treatments were applied in the compost to know which treatment would be responsible for good lignocellulose degradation. By various combinations of citric acid and microcompostic in the statistical model that was presented in this study was achieved homogeneity in statistical data. The samples were established by a Latin square statistical model is a 3x3 model, using ANOVA was analyzed each treatment in evaluating and measuring the variables that will sustain the comparison between each of the treatments. Were measured twice weekly parameters such as: carbon, nitrogen and moisture, while measured two to three times a day other parameters as: Temperature, electrical conductivity, time, particle size and aeration. Data over time to the beginning and end of the composting process is evaluated. The results show that the best treatment is to microcompostic; who had the C / N ratio more acceptable, however in the electrical conductivity parameter out the most appropriate treatment with citric acid <1500 uS / cm. Commercial microorganisms by Agrodiagnostic maintained a higher microbial population during and after the process, the pH for the process was the best in treatments 1 and 3 (Control and Microcompostic) as for treatment 2 (Citric Acid) declined but the final raised.

**Keywords:** RSUO, compost, microcompostic, citric acid, ANOVA

## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos en general han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición inadecuada, esto es debido a que cada vez aumentan por el incremento de población mundial relacionado a los hábitos de consumo de los individuos. A partir del problema ambiental que los residuos generan se ha procurado investigar posibles soluciones, desde la separación de los residuos en orgánicos e inorgánicos hasta el proceso de reciclaje para la transformación de los residuos sólidos urbanos orgánicos (RSUO) nuevamente en materia prima, asimismo se ha utilizado tratamientos como es el proceso de compostaje y como también la producción de biogás (Jaramillo & Zapata, 2008). Los residuos que contienen tejidos lignocelulósicos en las plantas, constituyen el mayor almacenamiento de energía fotosintética y materia orgánica renovable (Kirt, 1983).

Las etapas importantes en la bio-conversión de los residuos orgánicos son: La reducción de tamaño de la biomasa, el pre-tratamiento, el compostaje y la hidrólisis. (Houghton y col., 2006). En el presente estudio se enfocará el tratamiento de los residuos sólidos urbanos orgánicos utilizando el Compost, realizando mediciones de variables consideradas relevantes para evaluarlas con el fin de conocer la capacidad de los microorganismos en transformar la materia orgánica, así como también el tiempo de degradación o velocidad de reacción. Variables importantes como la relación C/N, pH, temperatura, etc. darán a conocer el resultado de la degradación.

Para realizar un análisis estadístico de comparación en el estudio se utilizará nueve repeticiones de la totalidad de los tratamientos, es decir, tres repeticiones utilizando un ácido orgánico (Ácido Cítrico), otras tres repeticiones utilizando una mezcla de microorganismos degradadores llamado Microcompostic® y finalmente las últimas tres repeticiones que vendrían a ser la prueba testigo, todo esto con el objeto de probar cuál de estos tres tratamientos ayudarán de una u otra manera al proceso de transformación de los residuos orgánicos, aportando a futuros estudios el uso de diferentes componentes adicionales al proceso del compost para obtener un mejor sustrato en el menor tiempo posible.

## **1.1.EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Los Residuos Sólidos Urbanos Orgánicos (RSUO) como fuente de contaminación en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) y los inconvenientes en recolección, manejo, clasificación y disposición.

### **1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los residuos sólidos urbanos (RSU) en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), representan una fuente de contaminación. A lo largo de la historia Quito se ha visto perjudicado por inconvenientes de recolección, clasificación, tratamiento y acumulación de estos desechos en perspectiva con otros países de América Latina. Las razones son varias pero radican principalmente en la carencia de políticas gubernamentales, recursos económicos y tecnología que va de la mano con el talento humano (de la Torre, 2009). En definitiva, la problemática radica en que no se aplican técnicas de degradación de desechos a partir de los RSUO en el DMQ, si bien es cierto hay a pequeña escala o no hay tratamientos de mejora respecto a resolver el que hacer con la materia orgánica, mediante este experimento se resolverá el problema mencionado.

#### **1.1.1.1.Diagnóstico del problema**

En términos generales, la producción per cápita promedio de basura en el DMQ es de 0,75 kg / habitante/ día. Se calcula que se generan 1511 toneladas diarias de basura y que se recogen aproximadamente 1300 toneladas diarias, permaneciendo un porcentaje de basura sin recolección que es causante de la contaminación en el DMQ (de la Torre, 2009).

La empresa encargada del manejo de los RSU es EMASEO, la cual tiene varios planes de manejo para aprovechamiento de los residuos tanto orgánicos como inorgánicos. Entre sus estrategias además del reciclaje de residuos inorgánicos es el tratamiento de los residuos orgánicos. Una de las estrategias que propuso EMASEO para la disposición de los residuos es el plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos (GIRSU) que se encarga entre otras cosas del control de residuos orgánicos mediante procesos como por ejemplo la obtención de combustibles como biogás y el tratamiento de lixiviados la cual se efectúa mediante Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) (de la Torre, 2009); sin embargo no se conoce acerca de tratamientos de degradación de basura desarrollado

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

por microorganismos, debido a esta situación es de gran utilidad conocer acerca de la investigación que se planteara para la mejora en disposición de RSUO.

En definitiva se sabe que el DMQ tiene a pequeña escala o carece de políticas de aprovechamiento de los residuos orgánicos, es por eso que esta investigación aportará en gran manera en el avance de degradación de RSUO.

### **1.1.1.2.Pronóstico**

En este tiempo con el aumento de la generación de los desechos en el DMQ y la falta de iniciativa del aprovechamiento, se ha considerado que preexista una acumulación de dichos residuos con repercusiones ambientales. En el caso de que el problema siga sin alternativas de solución, habrá inconvenientes más serios respecto a contaminación ambiental como la emisión de tóxicos al ambiente, generación de lixiviados y en si acumulación de residuos en las calles y en los botaderos de basura. Hay que tomar nuevas alternativas, encontrando uso a los RSUO como materias primas renovables para tratarlas y dar una aplicación útil.

Dentro de los tratamientos lo que se establecerá es que se pueda encontrar una solución más viable a la disposición de los residuos en tanto que exista un buen manejo, medición y evaluación de las variables que serán de gran importancia para el desarrollo correcto del experimento. Una de los tres tratamientos en este estudio será el que dicte la mejor opción de la transformación de RSUO degradando correctamente y convirtiéndolo en material útil para solucionar el problema de la basura orgánica en el DMQ, en el caso que no funcione el experimento no habrá un manejo adecuado de los residuos sólidos y por lo tanto se presentarán otro tipo de inconvenientes como la generación de lixiviados en el ambiente además de la disposición de la basura en el ambiente generándose botaderos de basura, es por eso que deberán realizarse nuevos estudios aplicando tratamientos más específicos, los cuales además de ser probados y justificados con investigaciones previas deberá ser analizada cada variable minuciosamente y utilizando varias repeticiones para así determinar un beneficio para Quito. Este y otros estudios aportarán en gran medida al beneficio ambiental y energético en varios aspectos como se explicó anteriormente, para que en un futuro se puedan crear tecnologías útiles para el aprovechamiento de los residuos.

Se propondrá este estudio por las siguientes razones:

- ✓ Tener un mejor control de los desechos orgánicos en el DMQ.

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

- ✓ La importancia en utilizar materiales renovables para procesos ambientales y energéticos.
- ✓ Obtener un sustrato con una mejor biodisponibilidad, con miras a la re-utilización como materia prima para futuros procesos industriales ya sean energéticos o también en muchas otras industrias como por ejemplo la papelera, agrícola, petrolera, etc.

### 1.1.1.3. Control de pronóstico

Es necesario implementar tecnologías en tratar los RSUO y en convertirlos en una fuente ideal para el aprovechamiento a nivel industrial y evitar la acumulación de basura, además en obtener una transformación del desecho en bio-sustratos óptimos y una producción más limpia y barata de productos de interés agrícola y ambiental. Mediante la implementación del complejo de microorganismos (Microcompostic) y el ácido cítrico lo que se determinará es la mejor acción aerobia degradadora por parte de los microorganismos implicados en el proceso del compost en cada uno de los tratamientos tomando como referencia variables como pH, Temperatura, Conductividad, Humedad, Tiempo, Tamaño de los residuos, Peso en cada repetición, Aireación y Relación C/N las cuales indicarán el estado de cada tratamiento. En el estudio se medirá estas variables de manera estricta y se evaluará en todo el transcurso del proceso de cada uno de los tratamientos, es por eso que se debe tener en cuenta todo tipo de análisis antes (sin los componentes de cada experimento), durante (con cada componente de los experimentos) y después del proceso. En primer lugar se pretenderá aplicar dichos tratamientos de degradación de materia orgánica midiendo y evaluando cada variable minuciosamente en el experimento para obtener datos confiables y entender que el proceso se lo esté realizando correctamente. En segundo lugar se comparará las variables versus la muestra testigo que sería el tratamiento blanco comparando así cada uno de los tratamientos propuestos en el experimento utilizando modelos estadísticos para entender cuál de los tratamientos es el más representativo en degradar en un menor tiempo posible y con un mejor rendimiento aprovechando así de forma efectiva los RSUO como materia prima. Es por eso que con este estudio se intentará mejorar la biodisponibilidad del desecho con fines a la utilización como fuente de un sustrato eficiente reduciendo así la contaminación ambiental.

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

**1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál de los tratamientos (ácido orgánico, bacterias degradadoras o testigo) en el proceso de compostaje es el más aplicable y eficiente para degradar al sustrato?

**1.1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

- ✓ ¿Cuál sería la capacidad de la comunidad de microorganismos en general de fragmentar las grandes cadenas de lignocelulosa de los RSUO y transformarlas en un mejor sustrato?
- ✓ ¿Cuáles serían las variables de medición que sean de referencia para un mejor tratamiento?
- ✓ ¿Cuál sería la ventaja comparativa de cada uno de estos métodos?
- ✓ ¿Qué procedimiento conlleva iniciar un proceso de tratamiento de los RSU orgánicos?

**1.1.4. OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Evaluar dos técnicas de pre-tratamiento para la degradación de lignocelulosa de los RSUO provenientes del DMQ.

**1.1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Determinar cuál es el experimento más eficaz en obtener un mejor sustrato
- ✓ Obtener la mayor calidad de sustrato disponible a partir de RSUO
- ✓ Medir exitosamente las variables que serán los indicios de que la degradación este correcta.
- ✓ Analizar y comparar mediante métodos estadísticos cuál es el experimento de mayor éxito.

**1.1.6. JUSTIFICACIONES**

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Los procesos varios de degradación como el compost han proporcionado información útil acerca de cómo degradar los diferentes residuos de forma aerobia para reutilizarlos como materia prima.

### ***Justificación teórica***

Los diferentes experimentos son de vital importancia para que los RSUO tengan un mejor control referente al aprovechamiento energético y/o sustratos al suelo como abonos en la agricultura y por lo tanto para minimizar el daño ambiental. El desarrollo de técnicas eficaces para la degradación también es importante para tener más comprensión acerca de cómo biodegradar diferentes residuos orgánicos; hay estudios de como biodegradar residuos lignocelulósicos utilizando como técnica principal el compostaje como por ejemplo el estudio expuesto por (Tuomela *et al* 2000), en donde es utilizado el compost para degradar componentes que tienen alto contenido de lignina resultando un sustrato que contiene CO<sub>2</sub>, humus y compost todo esto es producido por una extensa microbiota degradadora que asiste en la degradación de lignina.

### ***Justificación metodológica***

Se harán los análisis respectivos mediante trabajo de campo, en primer lugar se realizará la recolección de los RSU provenientes de las estaciones de transferencia donde se tomará un volumen determinado de basura, cabe recalcar que éste no será representativo para generar datos acerca de la disposición de residuos en el DMQ, es decir no se tomaran datos día a día en las estaciones únicamente una sola vez a fin de obtener un volumen adecuado para poder realizar el experimento. Se utilizaran como tratamientos el ácido orgánico para mejorar en el compost resultante, es decir obtener un mejor sustrato a partir del residuo sin tener acumulación de metales pesados (Rosal *et al*, 2012) y mejorando sobremanera la microbiota degradadora de lignocelulosa siempre y cuando haya buena aireación (Sauri. *et al*, 2002). Asimismo se utilizará un producto llamado Microcompostic el cual es un complejo de bacterias degradadoras de materia orgánica. Este tratamiento se justifica en relación a los otros tratamientos ya que posee un mix bacteriano exclusivo de biodegradar y potencializar la microbiota autóctona del compost, con el fin de obtener un sustrato correctamente degradado (Garcés, 2014).

### ***Justificación práctica***

Con el estudio de los diferentes experimentos se pretenderá establecer de forma práctica, cuál de los tratamientos servirá para obtener un buen resultado y esto se lo realizará por medio de la medición adecuada de cada variable generada a lo largo del experimento, para así tener la capacidad de conocer el mejor método.

### ***Relevancia social***

Con esta investigación será beneficiada la sociedad quiteña ya que con experimentos comprobados se solucionarían problemas de contaminación urbana actuando justamente en los desperdicios que cada día son acumulados en el DMQ, dejando así nuevos aportes para un mejor control y aprovechamiento de residuo como tal, además de promover futuras investigaciones tomando como base la presente investigación.

## **1.2. MARCO TEORICO**

### **1.2.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA**

#### **Ubicación Geográfica:**

El proyecto se efectuó en las instalaciones de la Universidad Internacional SEK en las cercanías de la facultad de ciencias ambientales, el experimento constó de una estructura que le brindará protección de las lluvias y fuertes vientos manteniendo una temperatura óptima. Dentro de la estructura se colocó “nueve camas o pilas” que serán las diferentes repeticiones donde se pondrán los residuos orgánicos para su degradación, se utilizan nueve repeticiones por el modelo estadístico de comparación que se lo detallará más adelante, se aplicarán los tratamientos mencionados cada tratamiento en tres camas escogidas al azar. Por otro lado la recolección de muestras se realizarán en las estaciones de transferencia ET1 y ET2 ubicadas en el DMQ. La ET1 o estación de transferencia Sur o Sta. Rosa localizada en el sur de Quito sector Tambillo y la ET2 o estación de transferencia “Porotihuayco” localizada en la entrada de Zámbriza sector El Inca (Cabrera, 2006). En las diferentes estaciones de transferencia se pueden encontrar un sin número de residuos de todo tipo, Fundación Natura ha clasificado la basura en general en seis categorías diferentes: Metales (1.6%), vidrio (2.2%), papel y cartón (10.5%), plásticos (4.5%), orgánicos (71.4%) y otros (9.7%). (Landín *et al*, 1993). Además (Cabrera, 2006), también menciona ciertos estudios en donde mencionan los porcentajes de elementos que contienen los RSU en Quito entre los cuales están:

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

<b>Subproductos</b>	<b>Porcentajes</b>
Mat. Orgánica	60.50%
Papel	7.00%
Cartón	2.80%
Metales	2.50%
Plásticos de alta densidad	2.20%
Plásticos de baja densidad	3.70%
Vidrio transparente	1.60%
Vidrio de color	0.70%
Telas y Cueros	2.20%
Otros	7.10%
Inertes	9.70%

*Tabla 1: Composición de la basura de las ET1 y ET2 del DMQ. Fuente (Cabrera, 2006).*

De esta composición se tomarán en cuenta los residuos únicamente orgánicos ya que el centro del experimento radica en degradar residuos orgánicos. Otros estudios además de los mencionados exponen que en Quito el 80% de la basura es de origen orgánico, 15% industrial, 5% es producida por actividades comerciales, y del 100% de la basura doméstica el 70% es orgánica, 22% es inorgánica y es reciclable y el 11% tiene otros orígenes siendo no reciclable (Metzger *et al*, 1996).

#### **1.2.1.1. Estudios Realizados en Degradación de Materia Orgánica.**

Las etapas importantes según (Houghton y col., 2006) en la bioconversión de lignocelulosa a azúcares son: la reducción de tamaño de la biomasa, el pre-tratamiento, la hidrólisis y la producción del combustible; este proyecto se enfocará en la reducción de tamaño de la biomasa y los pre-tratamientos mediante bacterias, ácidos y compost.

En varias investigaciones se ha relacionado el proceso de compost como proceso de la degradación de residuos orgánicos urbanos como es la investigación en 2002 propuesta por Sauri *et al.* de la universidad Autónoma de Yucatán (UADY), cuya propuesta fue la aplicación del composteo como método de tratamiento de los residuos de frutas producidos en zonas de alta generación, donde aplicó el compost en residuos cítricos con diferentes técnicas de composteo, unas mediante un tipo de aeración manual y otras con aeración natural o pasiva; encontraron que mediante el método de aireación natural

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

fue el más adecuado ya que de una u otra manera se logró estabilizar los desechos y demostrándose que el composteo se lleva a cabo eficientemente en desechos cítricos.

Por otro lado investigadores en los laboratorios de la Universidad del Valle (Colombia), analizaron desechos sólidos orgánicos de diferentes zonas, con el fin degradarlas mediante *Aspergillus Niger*, un microorganismo asociado a la degradación de celulosa para la bio-transformación en azúcares y el aprovechamiento de estos, encontraron que gracias a este hongo se pudo degradar una buena cantidad de azúcares reductores (42787 ppm), consecuente con el crecimiento del hongo y la progresiva degradación de celulosa hasta un porcentaje mínimo de 21,14% (García, *et al* 2012).

En el departamento de protección ambiental del INIAP se realizó una investigación por Viera *et al.* en el año 2004, cuyo objetivo fue determinar la calidad microbiológica del compost ubicado en tres lugares en la sierra ecuatoriana; encontraron 6,63; 6,81 y 7,31 UFC/g de bacterias de origen heterótrofo y una gran cantidad de bacterias celulíticas, que son capaces de degradar la materia orgánica que contiene lignocelulosas y celulosas para así transformar en azúcares reductores y por lo tanto en un sustrato con mayor biodisponibilidad.

### **1.2.1.2. Situación en el Ecuador**

Actualmente en el Ecuador se han realizado varias campañas de reciclaje de la basura como la propuesta que ha sido fundamentada por el Sr. Dr. Mauricio Rodas alcalde metropolitano de Quito y consolidada por el MDMQ junto con EMASEO en clasificar los RSU (Empresa Metropolitana de Aseo, 2014), es decir se está trabajando en la implementación de sistemas de tratamiento pero de una manera oficial no se ha hecho ningún tipo de acción al respecto. Entre los años 2003 y 2004 se han hecho trabajos de compost utilizando los residuos orgánicos del Mercado Central pero por algún motivo el trabajo cesó (Ortiz, 2006).

Hoy en día se han hecho arduas investigaciones del compost en la agricultura principalmente como son los estudios de tesis de algunas de los investigadores de ciertas instituciones universitarias como por ejemplo la de Hidalgo (2006) el cual tiene como objetivo producir bioinoculantes para el aprovechamiento de residuos orgánicos urbanos y de florícolas mediante el proceso del compostaje. Otro estudio propuesto por Gordillo & Chávez en 2012 acerca de la calidad del compost mediante la combinación de diferentes tipos de residuos. También el trabajo propuesto por Alcocer & Cuascota

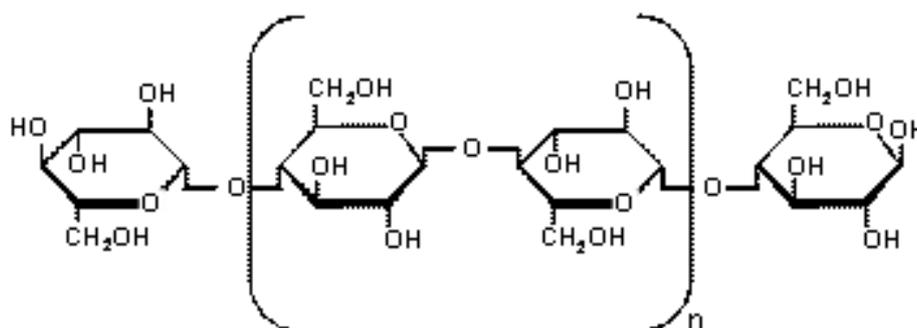
EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

(2011) en el que se rescata la implementación de una empresa productora de compost utilizando residuos florícolas. En definitiva no ha existido un manejo alternativo de pre-tratado para mejorar el compost en calidad y convertirlo en materia prima para un sin fin de usos en el suelo como por ejemplo enmiendas, abonos orgánicos o a su vez para realizar otros tratamientos con fines de cuidado ambiental para la producción de Refuse Derived Fuels (RDF) es decir combustibles derivados de residuos, además de biocombustibles gaseosos (biogás) o como líquidos (bioalcohol) en el campo de energías renovables, ya que los materiales lignocelulosicos son renovables por naturaleza (Sandoval, 2012).

### 1.2.1.3.Celulosa

La celulosa es sin duda, el material orgánico más abundante en la tierra es renovable por naturaleza y de la cual puede muchos productos. Como compuesto primario de la naturaleza, y en muchos casos considerando que es un desperdicio, su utilización presenta ventajas tanto económicas como ecológicas (Galindo & Morales, 1987).

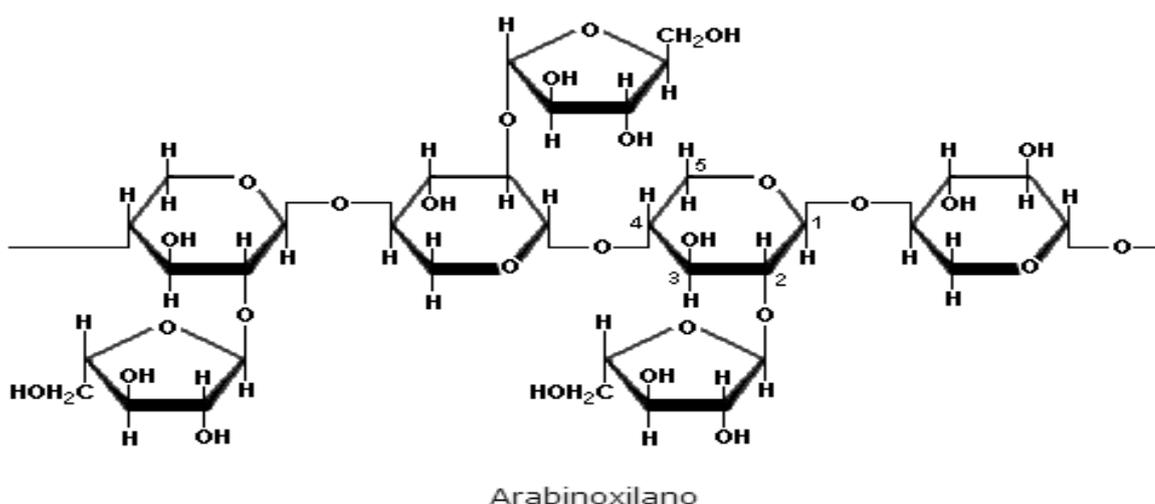
La celulosa es parte de la pared celular por la unión de moléculas de  $\beta$ -glucosa mediante en la-ces  $\beta$ -1,4-O-glucosídicos. La celulosa es una larga cadena polimérica de peso molecular variable, con fórmula empírica  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . La celulosa tiene una estructura lineal y fibrosa, en la existen muchos puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas asociadas de glucosa, lo que hace que sea insoluble en agua (Purwadi, 2006). Se consideran dos tipos de celulosa: La celulosa nativa o cristalina muy insoluble, y la modificada la cual es muy soluble y poca cristalizable (Levín, 1998).



*Figura 1: Estructura química de la Celulosa (Celobiosa entre paréntesis). Fuente: (Del Río, 2005)*

### 1.2.1.4. Hemicelulosa

Las hemicelulosas son heteropolisacáridos (polisacárido compuesto por más de un tipo de azúcar) unido por enlaces  $\beta$  (1-4) (fundamentalmente xilosa, arabinosa, galactosa, manosa, glucosa y ácido glucurónico), que forman una cadena lineal ramificada. Entre estos monosacáridos destacan más: la glucosa, xilosa, galactosa y fructosa, dentro de la estructura podemos encontrar aldohexosas y aldopentosas (Carballo & Arteaga 2009).



*Figura 2: Ejemplo de la estructura de la Hemicelulosa. Fuente: <http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohidratos2.html>*

### 1.2.1.5. Lignina

Las ligninas por su parte son compuestos complejos, formado por polímeros tridimensionales de residuos de fenil-propano por la polimerización de hidrogenación de un precursor, probablemente de tipo de alcohol. Está depositada alrededor de las microfibrillas de celulosa de la pared celular de la planta, su función principal es servir como elemento de soporte y rigidez a la planta (Galindo & Morales, 1987). Por otro lado la masa lignocelulosa es la fuente de energía renovable más abundante de la tierra, está formada por tres componentes principales que son dichas estructuras: Celulosa, hemicelulosa y lignina, y su contenido es bajo en cenizas, proteínas, grasas y ceras (Ponce & Pérez, 2002). El contenido de ligninas en los materiales lignocelulósicos naturales es da 30% aproximadamente (Galindo & Morales, 1987).

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

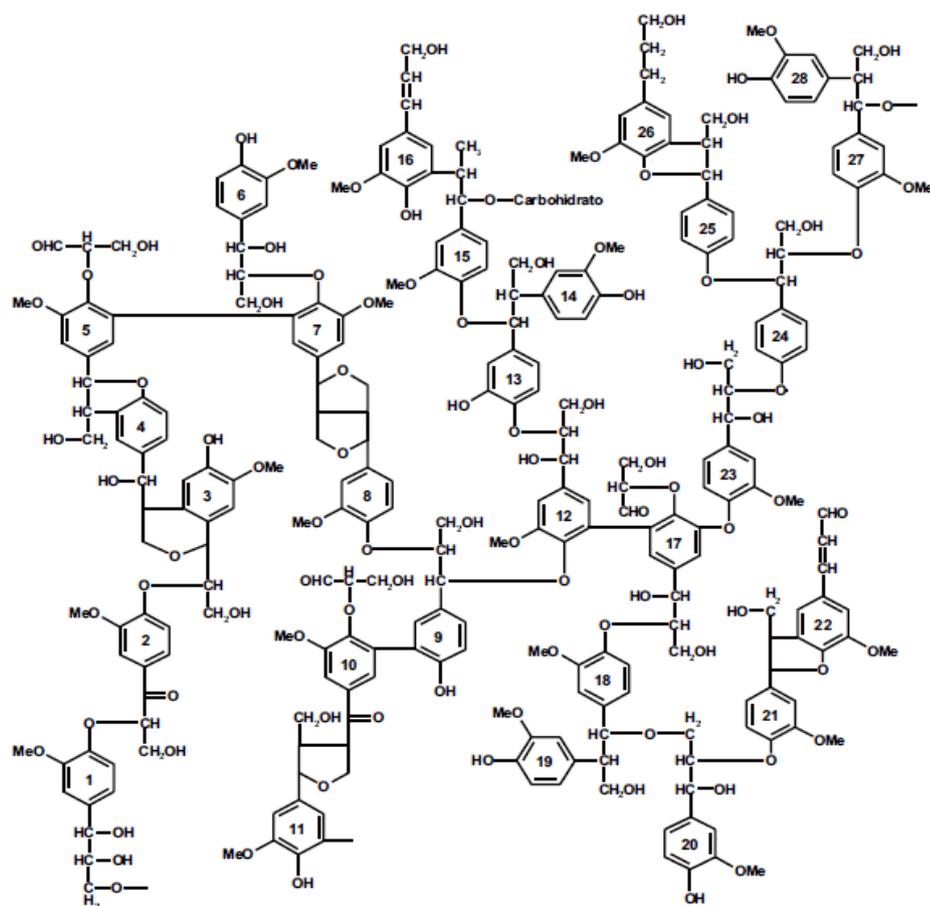
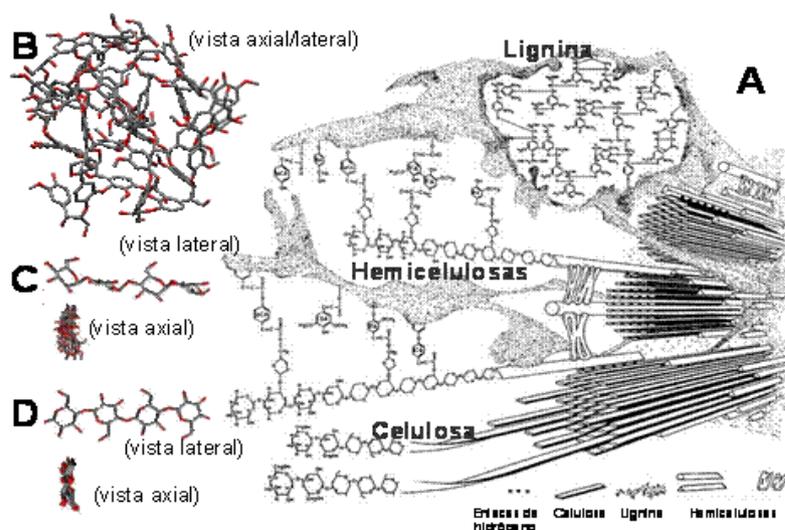


Figura 3: Estructura química de la Lignina (Ysambertt, 2009).

### 1.2.1.6. Lignocelulosa

Aproximadamente el 70% de la biomasa vegetal se compone por azúcares de 5 y 6 átomos de carbono; estos azúcares se encuentran en la biomasa lignocelulósica y comprenden principalmente celulosa (un homo polímero conteniendo largas cadenas de glucosa); en menos proporción se encuentra la hemicelulosa (un heteropolímero de 5 y 6 átomos de carbono) y todavía en menor grado se encuentra la lignina (un polímero aromático complejo) (Rubín, 2008).

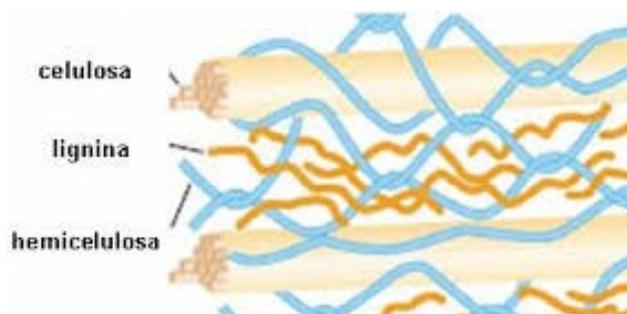
EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.



*Figura 4: Estructuras tridimensionales de lignina, hemicelulosa y celulosa Fuente: (Del Río, 2005).*

### 1.2.1.7. Desechos Lignocelulósicos

Las principales fuentes lignocelulósicas están conformadas por restos de madera, flores, plantaciones, residuos primarios de bosques, residuos de procesamiento secundarios, residuos agrícolas (trigo, arroz, cebada), bagazo (caña de azúcar), residuos municipales, residuos de papel, entre otros. La lignocelulosa está presente como un bloque dentro de la estructura de la pared celular de la planta. Los principales constituyentes de la lignocelulosa son la celulosa, la hemicelulosa y la lignina (Lind, 1996).



*Figura 5: Diagrama de las diferentes moléculas que conforman la pared celular. Fuente: <http://www.cerzos-conicet.gov.ar/BoletinCERZOS/2009-16/sabia.htm>*

Por su parte los residuos sólidos urbanos orgánicos (RSUO), en tanto, pueden definirse como los desechos generados en la comunidad urbana, provenientes de los procesos de consumo y desarrollo de las actividades humanas, y que normalmente son sólidos a temperatura ambiente (Franco, 2003). Además de los producidos por los usos residenciales, comerciales e institucionales, y por el aseo del espacio público; los RSUO incluyen los residuos originados en las industrias y establecimientos de salud, siempre que no tengan características tóxicas ni peligrosas, en cuyo caso constituyen corrientes

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

de residuos de otro tipo que deben ser manejadas según lo establecen las normativas específicas.

Los Residuos Orgánicos pueden ser restos de materiales resultantes de la elaboración de comidas, así como sus restos vegetales y animales (huesos, verduras, frutas, cáscaras). Se descomponen rápidamente, con fuertes olores, y son fuente de proliferación bacteriana (Gaggero & Ordoñez, 2005).

Según (Sasikumar & Sanoop 2008) “Los residuos son considerados como objetos o sustancias descartados por la actividad humana, que no teniendo utilidad inmediata se transforma en indeseable”, es decir es todo material contaminante que los seres humanos que lo consideran prácticamente inservible para la sociedad, é ahí la importancia de ocupar los residuos en el uso como materias primas.

### **1.2.1.8.Compostaje como tratamiento**

Estudios previos expusieron la definición del compostaje como un proceso natural, biológico y oxidativo, en el que intervienen varios microorganismos aerobios que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, implica el paso por una etapa termófila dando al final como producto de los procesos de degradación de dióxido de carbono, agua y minerales, como también una materia orgánica estable, libre de patógenos (Arrollave, 1999). Por otro lado entre los diferentes métodos de adecuación de los residuos orgánicos para fines agrícolas destaca el compostaje (Abad & Puchades, 2002; Climent *et al*, 1996), tanto desde el punto de vista ecológico como económico, (Raviv, 1998).

El compostaje es una técnica muy antigua, sin embargo con el empleo de la biotecnología como herramienta se está investigando acerca de mejoras en cuanto a la prevención ambiental como también a la disposición de los residuos (Franco, 2003). El daño ambiental por la generación de residuos, acompañado del mal manejo de grandes volúmenes de basura y la ausencia de políticas de mejoramiento y/o reutilización de materia orgánica, ha dado una pauta para que países industrializados tengan una visión hacia el compostaje como salida a los problemas anteriormente mencionados (Sztern *et al*, 2012). Es interesante el punto de biotransformar un desecho y tornarla nuevamente en materia prima con el fin de prevenir contaminación, o mejor dicho obtener un producto de alta calidad para un sin número de beneficios (abonos nutricionales,

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

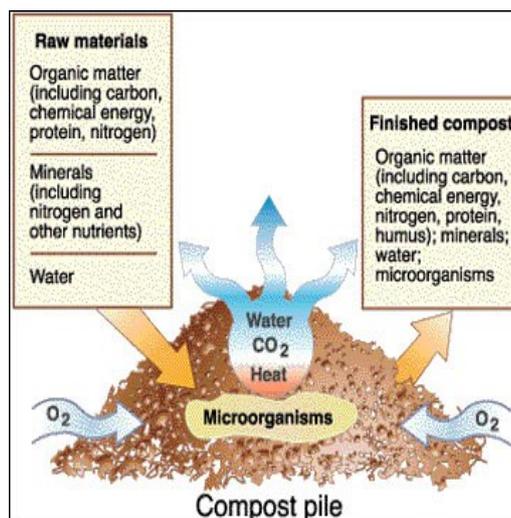
enmiendas orgánicas, etc.), teniendo sobre todo como primera normativa el cuidado del ambiente.



*Figura 6: Residuos transformados en Compost. Fuente: Gestión de Residuos Urbanos. (Jaramillo, 2005).*

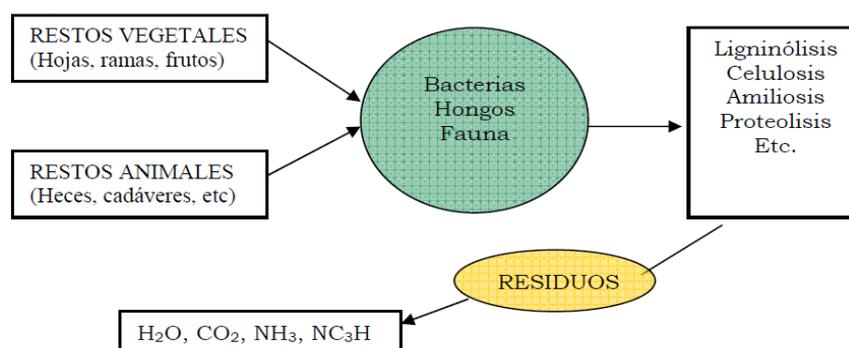
Cabe destacar que la degradación de materia orgánica que produce el compost el cual no es propiamente un abono, sino más bien es un regenerador orgánico de los suelos, provee de vuelta todos los nutrientes necesarios al suelo para darle fertilidad. En definitiva el compostaje funciona como una técnica artificial donde es manipulable, es decir es una biotecnología. Denominándola así por el hecho de poder controlar los microorganismos involucrados en el proceso así como también explotarlos de una mejor manera a dichos microorganismos aumentando su potencial para poder solucionar un problema específico en el suelo y poder regresarlos nuevamente a los ciclos biológicos (Hidalgo,2006). En la siguiente ecuación se puede expresar el compost de una manera resumida asumiendo todo el balance de masa (Avendaño 1999).

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.



*Figura 7: Materia prima, producto y condiciones en el Compost. Ecuación del compost Fuente: (Avendaño, 1999).*

En el compostaje se da un tratamiento mediante reacciones microbianas de mineralización y de humectación de sustancias orgánicas, que en condiciones favorables de cuidado de las diferentes variables, el proceso ocurre en un lapso aproximado de un mes, pero es muy difícil reducir el tiempo de compostaje por el ciclo biológico de los microorganismos involucrados (Trejo, 1994).

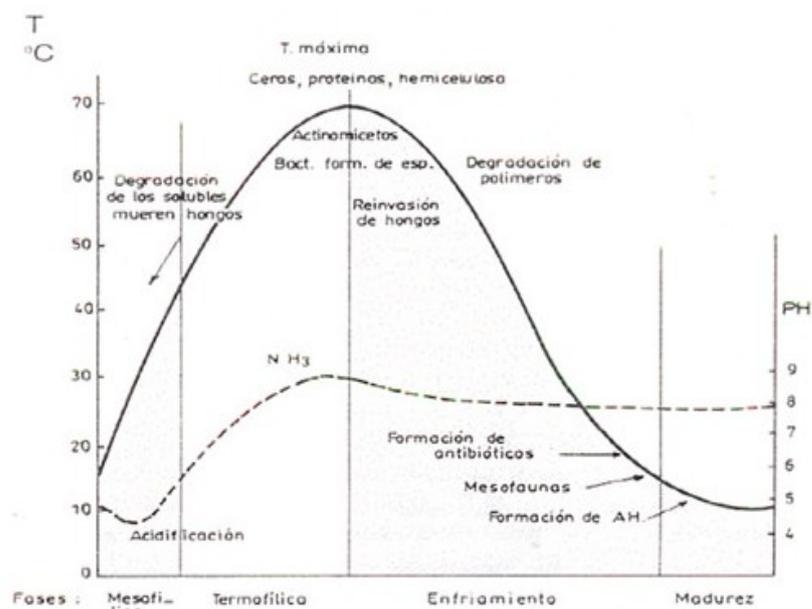


*Figura 8: Esquema de la mineralización de la materia orgánica. Fuente: Gestión de Residuos Urbanos. (Trejo, 1994).*

Según (Jaramillo, 2005), El compost se puede dividir en cuatro fases fundamentales para degradar la materia orgánica: La mesófila en la cual intervienen microorganismos específicos que tienen la capacidad de descomponer carbohidratos más degradables, incrementando la temperatura de la pila aproximadamente en 20 grados, si se toma como referencia la temperatura ambiente. La termófila en la cual la temperatura se incrementa de 50 a 60 grados centígrados y es aquí donde se inicia la degradación de

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

ceras, proteínas y hemicelulosas y, escasamente la lignina y la celulosa. La tercera fase que es el enfriamiento, es decir donde la temperatura disminuye hasta la del ambiente eliminándose los microorganismos termófilos y la cuarta fase que es la maduración donde desciende la actividad metabólica de los microorganismos. La producción de humus es el resultado final de la compostización. Físicamente el compost tiene una estructura franca y es de color oscuro similar a la tierra (Franco, 2003).



*Figura 9: Evaluación de la temperatura y pH durante las diferentes etapas del compostaje (Dalzell et al., 1981).*

### 1.2.1.9. Beneficios y Desventajas

Como transformación de los RSUO el compostaje ofrece las siguientes ventajas (Trejo, 1994).

- ✓ Es la única técnica capaz de reutilizar un residuo como es la materia orgánica.
- ✓ Es una técnica adecuada para poder manejar y controlar todo tipo de residuo procedente de la industria en general.
- ✓ Es complementado perfectamente con otras técnicas de aprovechamiento de residuos como son los combustibles derivados de residuos.
- ✓ Si hay climas extremos, el proceso se afecta favoreciendo en ciertos climas más que en otros.

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Así como se tiene ventajas también hay desventajas como: (Trejo, 1994).

- ✓ Altos costos en lo referente a la instalación y funcionamiento del proceso.
- ✓ El compostaje puede ser inestable.
- ✓ Es necesario personal calificado para operar el proceso.
- ✓ Es necesario eliminar trozos grandes para poder efectuar de manera correcta el compostaje.
- ✓ Se debe pre tratar el material a compostar separándolo en residuos pequeños para que se efectúe el proceso.
- ✓ El lugar donde se debe situar el proceso debe ser aislado debido a que perjudica sus alrededores.

Por otra parte al agregar compost al suelo se obtienen las siguientes mejorías: (Trejo, 1994).

- ✓ Mejora las propiedades físicas del suelo.
- ✓ Mejora la porosidad facilitando la aireación y la entrada de agua al suelo (humedad).
- ✓ Mejora el enraizamiento, además de la actividad biológica del suelo.
- ✓ Ayuda a la descomposición de los compuestos tóxicos en el suelo.
- ✓ Reduce la lixiviación del nitrógeno y del fosforo convirtiéndolos en nitrógeno y fosforo orgánicos en mayor proporción.
- ✓ Evita el uso de fertilizantes químicos ya que el compost aporta la mayoría de nutrientes que el suelo utiliza para su desarrollo.

### **1.2.1.10. Degradaciones con Ácidos Orgánicos (Ácido Cítrico).**

Dentro de las tecnologías de conversión de biomasa se encuentra varios tipos de métodos o técnicas como las que están propuestas por Rodríguez *et al*, (1990). Se refiere a cuatro grandes grupos a aplicar y estos son: Las tecnologías Químicas, Hidrolíticas, las Termoquímicas y las Bioquímicas. El presente proyecto se centrará más en las técnicas tanto químicas en cuanto al ácido cítrico que es considerado como ácido orgánico, como bioquímicas que se da en cuanto al proceso del compostaje y al Microcompostic que se utilizará en el experimento, ya que es un proceso aerobio y es por parte de los microorganismos.

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Conjuntamente con el compostaje hay técnicas químicas que se han utilizado en la conversión de los residuos lignocelulosicos, entre estas se encuentra la hidrólisis ácida que es la utilización de ácidos en la destrucción de los diferentes enlaces de las moléculas de lignocelulosa para transformarla en componentes (azúcares) con una mayor biodisponibilidad, como anteriormente se mencionó esta técnica utiliza ácidos fuertes como el ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico concentrados para poder efectuar la respectiva degradación de la biomasa (García, 2004). En el proyecto una de las opciones químicas que se utilizara es el ácido cítrico un ácido débil pero con la capacidad de que se puedan generar microorganismos benéficos que ayuden a degradar materia orgánica sin perjudicar el resultado del compost.

En España, un grupo de investigadores de la universidad Pablo de Olavide desarrollaron una técnica con la capacidad de que el resultado del compost sea más favorable, mejorando su calidad como producto a través del tratamiento de los residuos sólidos urbanos mediante la aplicación de ácidos orgánicos en el compost, para minimizar el contenido de metales pesados y así reducir la concentración metálica del compost (Rosal et al, 2012). Las fracciones de los compuestos inorgánicos (metales pesados) incluidos en los residuos sólidos urbanos representan dos problemas principales, un compost final de mala calidad ambiental ya que las altas concentraciones de metales pesados perjudican el ambiente superando límites permisibles y generando lixiviados tóxicos; así como también el bajo precio del producto final por ser un producto de mala calidad, la solución es trabajar utilizando el ácido cítrico en determinadas concentración de manera que no afecte la acción microbiana propia del compost (Rosal et al, 2012). El investigador afirma que: *“Con este proceso se ha conseguido que los protones que aportan los ácidos ocupen las posiciones donde los metales forman enlaces con la materia orgánica, de manera que el compost final sale con un nivel de contaminación significativamente menor”*; dentro del contexto de pre-tratamiento de RSUO hay más evidencia de estudios como el propuesto por Nasir (2012), que indican pre-tratamientos de residuos sólidos para transformarlos en biomasa útil para la generación de energías limpias como es la producción de biogás.



*Figura 10: Ácido Cítrico. Fuente: (Arteaga, 2014).*

#### **1.2.1.11. Tipos de microorganismos y enzimas en el compost (Microcompostic).**

Bacterias y hongos pueden transformar mediante enzimas específicas el material lignocelulósicos; estos microorganismos pueden ser específicos en su función. Dependiendo de las rutas metabólicas de cada microorganismo éstos pueden ser aeróbicos o anaeróbicos, mesófilos o termófilos (Wang et al, 2002). En el experimento propuesto en este estudio se utilizarán microorganismos aeróbicos, ya que las técnicas son netamente en presencia de oxígeno. Varios géneros y especies de microorganismos son los protagonistas para que se efectúe una degradación correcta.

Los microorganismos implicados en las diferentes fases del compostaje son las bacterias mesofílicas que se desarrollan en las primeras fases siendo las predominantes para el comienzo de la degradación; con el incremento de la temperatura se desarrollan las bacterias termofílicas de los generos *Bacillus*, *Clostridium*, *Thermoactinomyces*, *Aspergillus Chetomium*, etc. y además los hongos termofílicos. Y dentro de las etapas finales y estabilización del compost se desarrollan hongos *actinomyces* obteniendo una degradación óptima. (Franco, 2003). Además de este hongo se pueden reproducir especies tales como *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Neurospora crassa*, incluyendo además hongos comestibles como: *Lentinula edodes*, *Volvariella volvacea*, *Pleurotus sp.*, produciendo celulasas (Vílchez, 2000).

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Entre tanto el compostaje efectuado por microorganismos específicos puede ir más allá, con el estudio de enzimas producidas por microorganismos siendo involucradas para la destrucción de compuestos lignocelulosicos transformándolos en compuestos menos complejos (Franco, 2003); las enzimas son las proteínas encargadas de efectuar una función en romper enlaces determinados de moléculas grandes como las ligninas, hemicelulosas y celulosas y transformar nuevamente en compuestos más simples para su asimilación en el ambiente desarrollándose rápidamente y eficazmente. (Gaceza, 1996).



*Figura 11: Microcompostic. Fuente: (Arteaga, 2014).*

### **Celulasas**

Las celulasas son enzimas específicas de transformación de celulosa en azúcares en forma de glucosa esencial para el suelo o plantas. El proceso empieza por la descomposición de la celulosa cristalina, transformando en una molécula más debilitada a la cual se la denomina fragmento C1 de la celulosa, después son cortados por los componentes enzimáticos de la celulasas resultando la celobiosa, liberándose la glucosa por otras enzimas llamadas glucosidasas que rompe los enlaces en beta 1,4 y desligando las fuerzas intermoleculares como son los puentes de hidrógeno (Grant, 1989).

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

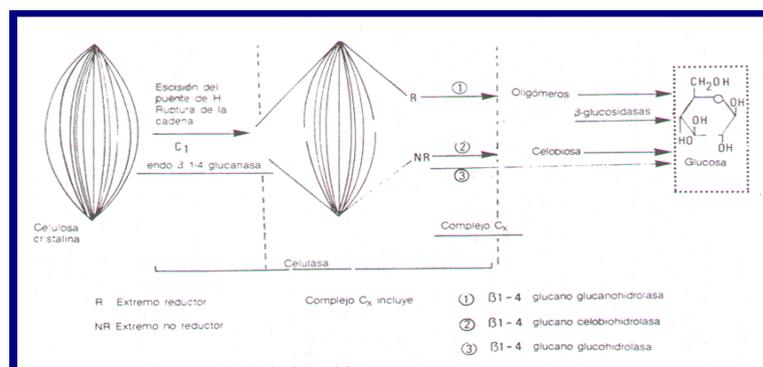


Figura 12: Proceso de degradación de la celulosa mediante enzimas. Fuente: (Grant, 1989).

Los grupos de microorganismos aeróbicos que son los principales protagonistas del metabolismo e hidrólisis de la celulosa tienen estrategias específicas, donde degradan la celulosa a través de la excreción de celulasas extracelulares es decir fuera de la célula (Rodríguez *et al*, 2005). Dentro de las enzimas implicadas (celulasas) en la hidrólisis de la celulosa está presente un sistema tres tipos de enzimas, las cuales son:

- **Endoglucanasas o 1,4 beta-D-glucan-4-glucohidrolasas:** ellas tienen su modo de acción en las porciones amorfas de las fibras de celulosa rompiendo los enlaces beta 1,4 glucosídicos generando oligosacáridos de tamaños distintos.
- **Exoglucanasas o 1,4 beta-D-glucan-glucohidrolasas o 1,4 beta-D-glucan-celobiohidrolasas:** Actúan en cada uno de los extremos reductores y no reductores de la celulosa, generando glucosa (glucohidrolasas) o celobiosas (celobiohidrolasas).
- **Beta-glicosidasas o beta-glicosido glucohidrolasas:** Estas atacan hidrolizando los componentes de celobiosas en monómeros de glucosa.

Los microorganismos implicados en toda esta compleja degradación de la celulosa está comandada por ciertas especies de hongos y bacterias importantes las cuales se detallará a continuación en la siguiente tabla:

PROCARIOTAS		EUCARIOTAS	
Bacterias Aerobias	Actinomicetos	Hongos mitospóricos	Basidiomicetos
<i>Cellunomonas</i>	<i>Micromonospora</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Coprinus</i>
<i>Pseudomonas</i>	<i>Streptomyces</i>	<i>Botrytis</i>	<i>Fomes</i>
<b>Mixobacterias</b>	<i>Streptosporangium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Pleurotas</i>

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

<i>Archangium</i>	<b>Bacterias Anaerobias</b>	<b>Quitridiomicetos</b>	<b>Ascomicetos</b>
<i>Polyangium</i>	<i>Bacteroides</i>	<i>Neocallimastix</i>	<i>Chaetomium</i>
<i>Sorangium</i>	<i>Butyrivibrio</i>	<i>Orpinomyces</i>	
<b>Bacterias Deslizantes</b>	<i>Clostridium</i>	<i>Piromonas</i>	
<i>Cytophaga</i>	<i>Eubacterium</i>		
<i>Sporocytophaga</i>	<i>Ruminococcus</i>		

Tabla 2: Tipos de microorganismos implicados en la producción de celulasas con capacidad de degradar celulosas. Fuentes (Carrillo, 2003 adaptado por Hidalgo, 2006).

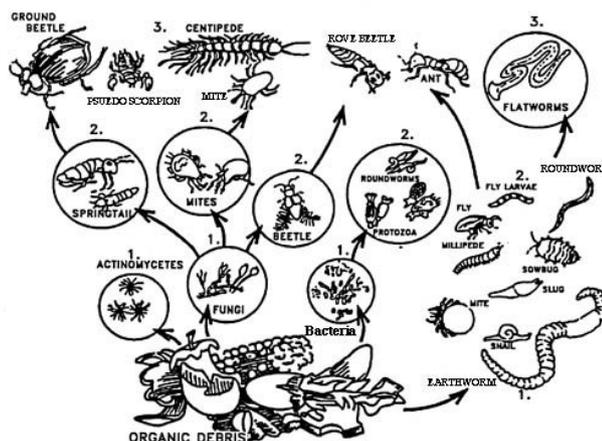


Figura 13: Descomponedores de materia orgánica. Fuente: (Howard, 2009).

#### 1.2.1.12. Factores que condicionan el proceso del compostaje

En el proceso de compostaje, son los microorganismos los responsables de la transformación de la biomasa en humus y eliminación de los patógenos (Jaramillo & Zapata, 2008); por lo tanto, existen variables de control que al mismo tiempo son las necesidades básicas para que los microorganismos se puedan desarrollar y puedan degradar los residuos de forma correcta.

#### **Franco en 2003 expuso cada una de las variables entre las cuales están:**

##### 1.2.1.12.1. El pH o cantidad de acidez o alcalinidad del sustrato:

Las bacterias pueden tolerar rangos que van de 6,5 a 7,5 pero hay cierto grupo de bacterias que pueden tolerar mayores o menores rangos.

##### 1.2.1.12.2. Temperatura:

Una variable muy importante ya que en el compost hay fases donde la temperatura puede variar. Las bacterias generalmente pueden tolerar temperatura ambiente y a medida que cambia la temperatura predominan las que mejor toleren. La temperatura óptima para el correcto desarrollo de todo el

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

proceso debería oscilar entre los 40 a 65 grados Celsius, si la temperatura sufriría cambios abruptos se complicaría la actividad de los microorganismos. Para un funcionamiento adecuado en la práctica se debería obtener en los primeros días, un aumento de temperatura a 45 grados Celsius. A los 3 ó 4 días debería lograr unos 50 a 65 grados Celsius. Al bajar nuevamente la temperatura, debe hacerse el volteo para provocar un nuevo aumento de ésta, hasta obtener un buen compost pero si la temperatura no se eleva significa que el material ya ha sido compostado correctamente.

### **1.2.1.12.3. Humedad:**

Como se sabe el compost es un proceso aerobio, es por eso que la humedad no tiene que ser muy alta aproximadamente entre 50% a 60% ya que una humedad muy baja tardaría el proceso de degradación, mientras que una humedad muy alta tornaría el proceso en anaerobio desencadenando malos olores pudriéndose el material y alterando la temperatura. Las bacterias aeróbicas son más benéficas para el suelo que las anaeróbicas, gracias a los microorganismos y a cada función y ruta metabólica que cumplen, los diferentes ciclos biogeoquímicos se pueden realizar positivamente manteniendo de esa manera un equilibrio dinámico entre los microorganismos y el ambiente.

### **1.2.1.12.4. Aireación:**

Para que la humedad y la temperatura se encuentren dentro de los rangos establecidos para un correcto compost, es necesaria una aireación uniforme del sustrato para que no se susciten varios inconvenientes:

- El aumento o descenso de temperatura.
- El aumento de humedad en la parte inferior de la pila.
- La disminución de humedad en la parte superior de la pila.

Es por eso que hay varias maneras de que el aire ingrese a la pila de compost entre las más utilizadas están el volteo manual que es darle vuelta al material cada cierto tiempo con el objetivo que todo el material reciba aire de forma uniforme, además también está la implementación de tuberías en la pila para que el aire recorra por todo el material es decir que exista un flujo constante de aire, y si se trata de hacer el proceso más industrial también se utiliza la

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

colocación de ventiladores especiales que introduzcan el aire de forma mecánica a la pila.

**1.2.1.12.5. Energía (Carbono):**

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 30/1 de (C/N).

**1.2.1.12.6. Proteína (Nitrógeno):**

Como se señaló anteriormente la disponibilidad de energía para un microorganismo es muy importante para que cumpla su función de degradar o transformar la materia orgánica. Asimismo es fundamental la cantidad de proteína que se traduce a nitrógeno que necesita un microorganismo para tener un crecimiento normal, es por eso que estas dos variables y la relación entre ellas es fundamental para que el proceso sea de éxito, la medición tanto de energía como de proteína debe ser minuciosa para determinar el avance correcto de la compostización.

<i>MATERIAL</i>	<i>RELACION C/N</i>
<i>Residuos de frutas</i>	<i>35:1 45:1</i>
<i>Estiércol de vaca</i>	<i>18:1</i>
<i>Estiércol de cerdo</i>	<i>20:1</i>
<i>Hojas de césped</i>	<i>40-80:1</i>
<i>Aserrín</i>	<i>200-500:1</i>
<i>Madera de pino</i>	<i>700:1</i>
<i>Cáscaras de papa</i>	<i>25:1</i>

*Tabla 3: Relación C/N de varios tipos de residuos orgánicos. Fuente (Franco, 2003).*

*(La relación C/N depende mucho para que el proceso se lo esté realizando adecuadamente. Si la relación C/N es alta, los microorganismos desprenden mucha*

*energía y tienen ciclos de vida cortos para oxidar el exceso de carbón, mientras que si la relación C/N es baja ocurre una pérdida de Nitrógeno en forma de amoníaco (Trejo, 1994).*

#### **1.2.1.12.7. Tiempo:**

Esta variable se da a medida de que las demás variables estén dentro de los parámetros correctos de medición para tener una buena evaluación del proceso, además de lo dicho anteriormente es necesario tener un adecuado tamaño y peso del residuo para tener más que todo un proceso más acelerado, es decir en un menor tiempo posible.

#### **1.2.1.12.8. Tamaño o masa crítica:**

Para un proceso correcto y acelerado es fundamental evitar tamaños grandes de la materia orgánica, ya que a medida de que los microorganismos específicos sigan destruyendo las cadenas de lignocelulosa y degradando el residuo en fragmentos muy grandes; se tardaría el proceso, afectaría todas las variables y evitaría que se realice un compostaje correcto. Es recomendable que los tamaños del material varíen de 4 a 12 centímetros aproximadamente.

#### **1.2.1.12.9. Peso:**

Es necesario tener un peso adecuado en cada pila ya sea para referenciar al principio del proceso y conocer a medida de que se siga degradando tanto el peso inicial como el final y además también para tener un buen control de cada variable, ya que con un peso muy elevado habría mucha cantidad de materia orgánica, se perdería el control de las variables y también tardaría el proceso.

#### **1.2.1.12.10. Conductividad Eléctrica (CE):**

Es la capacidad de movimiento de iones en un medio acuoso, es un indicador de la materia ionizable total presente en el sustrato, la conductividad eléctrica casi en su totalidad es el resultado del movimiento de los iones o intercambio catiónico de impurezas disueltas en dicho sustrato (Coral, 2012). Para un buen proceso de compostaje es necesario que la materia orgánica tenga baja CE < a 3000us/cm (Gordillo & Chávez), así se sabrá por lo tanto la poca presencia de metales pesados, existiendo un buen movimiento de dichos MP que podrán eliminarse con los lixiviados, también habrá aumento de nutrientes para que los microorganismos los puedan asimilar, por otro lado a mayor CE mayor será la capacidad del sustrato para fijar metales pesados y menor será la presencia de sales que ayudarán a eliminar metales pesados.

### 1.2.2. ADOPCION DE UNA PERSPECTIVA TEORICA

Posterior al análisis minucioso de algunas de las propuestas investigativas en donde aplican el compost como alternativa a la degradación de compuestos lignocelulósicos se ha determinado por elegir la investigación “Aplicación del composteo como método de tratamiento de los residuos de frutas producidos en zonas de alta generación” propuesta por Sauri *et al* en 2002 la cual tiene como fundamento el estudio del compostaje en residuos cítricos donde los investigadores enfocan el proceso en el tipo de aireación que deberían tener los residuos para una mejor degradación de la biomasa, también para un mejor desarrollo de los microorganismos propios del compost involucrados en dicho proceso como son en su mayor parte hongos degradadores de materia orgánica como (*Actynomyces*) y bacterias Celulolíticas, Lignolíticas en su mayoría de la familia (*Bacillus*, *Pseudomonas* y *Cellulomonas*) de los diferentes especies antes mencionadas que son capaces de degradar RSU mediante su metabolismo apropiado y obteniendo mejores resultados por el tipo de residuos que se utilizó para obtener como resultado un producto final (biomasa) bien tratado y evitando la cantidad de residuos que no hayan sido degradados correctamente. Analizando el problema y los objetivos de la presente investigación se podría decir que el estudio de Sauri *et al* es el que más se equipara por lo antes mencionado y por los métodos que se utilizarán en el presente estudio como son el ácido cítrico y el producto microbiológico (Microcompostic).

### 1.2.3. MARCO CONCEPTUAL

#### 1.2.3.1. Residuos sólidos urbanos:

Conocidos comúnmente por “basuras”, que se producen en los núcleos de población constituyen un problema para el hombre desde el momento en que su generación alcanza importantes volúmenes y como consecuencia, empiezan a invadir su espacio vital o de esparcimiento y como consecuencia se propaga la contaminación (Sasikumar & Sanoop, 2008).

#### 1.2.3.2. Compost:

Es un proceso de reciclaje completo de la materia orgánica mediante el cual ésta es sometida a fermentación en estado sólido, controlada (aerobia) con el fin de obtener un producto estable, de características definidas y útiles (Trejo, 1994).

### 1.2.3.3. Microcompostic:

Complejo de bacterias degradadoras de materia orgánica, se caracterizan por ser aerobias y termófilas, producen enzimas celulolíticas, lignilolíticas, proteolíticas, lipolíticas, eficaces para acelerar el proceso de compostaje o para degradar materia orgánica en campo. Es necesario colocar el producto donde exista una menor temperatura del sol es decir en las tardes y mañanas ya que si se aplica en altas temperaturas se puede disminuir el modo de acción del producto y decreciendo la población de microorganismos, el producto se lo puede aplicar con una dosis de 100 centímetros cúbicos por 1 metro cubico del material a ser compostado (Garcés, 2014).

Las bacterias aerobias presentes en el compostaje se derivan de una gran familia de las *Pseudomonas* y el producto cuando está en contacto en la materia orgánica, hace que las *Pseudomonas* además de las *Cellulomonas* y otras bacilos en menor proporción hace que trabajen y produzcan enzimas extracelulares que tengan la capacidad de bio-trasformar la lignocelulosa en compost degradando eficientemente los residuos iniciales y tornándolo en un abono rico en nutrientes y microorganismos benéficos (Garces, 2014).

- ***Pseudomomas*:** Son bacilos rectos gram negativos, aeróbicas estrictas que pueden sobrevivir y reproducirse en diferentes medios como suelos contaminados o limpios además son parte de la microbiota en la rizósfera (Howard, 2009). Las *Pseudomonas*, tienen la capacidad enzimática para degradar diversos componentes de la pared celular de la materia vegetal (Vargas *et al*, 2007). Estas bacterias tienen la capacidad de movilizarse en cualquier medio mediante flagelos, además no poseen esporas y son útiles en la degradación de celulosa. Las especies más conocidas de *Pseudomonas* son la *P. Putida*, *P. Fluorecens*, *P. Aeruginosa* (Koneman, 2008).

- ***Cellulomonas*:** Estos son microorganismos principalmente ambientales presentes teniendo una forma particular de bacilos corineformes irregulares y delgados que pueden parecer más cocoides en cultivos que tengan más tiempo, son gram positivos, pueden ser tanto móviles o inmóviles dependiendo de los flagelos que posean o no, pueden tener flagelos polares únicos o laterales escasos. Estos microorganismos poseen un metabolismo oxidativo o fermentativo, algunas de las cepas pueden producir ácido a partir de la glucosa en presencia o ausencia de oxígeno. Pueden hidrolizar celulosa, almidón, entre otras moléculas (Koneman, 2008). El sistema enzimático de estos microorganismos produce celulasas y xilanasas simultáneamente y es de gran interés biotecnológico para diferentes industrias como la

del papel y la textil. En el compost son bacterias degradadoras de materia orgánica (Pérez & Ponce, 2011).

#### 1.2.3.4. Ácido Cítrico:

Es un ácido débil, su fórmula condensada es  $C_6H_8$  y tiene una descripción física de un polvo blanco muy soluble en agua y etanol con un punto de fusión aproximado de  $100^\circ C$ , funciona como regulador de pH por su acción acidificante, además es el principal componentes de ciertas frutas y plantas. (Martindale, 2003).

#### 1.2.3.5. Sustrato biodisponible:

Se refiere al producto que va a ser útil en la producción de energías limpias, mediante la digestión de bacterias, es decir, una mejor materia prima con una mejor eficiencia como fuente de energía (Nasir, 2012).

### 1.2.4. HIPÓTESIS

- ✓ **H<sub>1</sub>:** Es posible que el compostaje como tratamiento patrón o testigo (Tratamiento sin colocar ningún producto únicamente el compost de RSUO) tenga ciertas ventajas comparativas respecto a las variantes del tratamiento (Ácido cítrico y Microcompostic).
- ✓ **Ha<sub>1</sub>:** Es posible que el tratamiento por Ácido Cítrico tenga ciertas ventajas comparativas respecto al tratamiento basado en el compost y al tratamiento basado en la aplicación del bioinoculante (Microcompostic) en el compost.
- ✓ **Ha<sub>2</sub>:** Es posible que el tratamiento utilizando Microcompostic tenga ciertas ventajas comparativas respecto al tratamiento basado en el compostaje y a la variante del tratamiento basado en la aplicación del ácido cítrico en el compost.
- ✓ **Ho:** Es posible que no existan diferencias entre los diferentes tratamientos.

### 1.2.5. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES

- ✓ **Variable dependiente:** La presencia de Carbono/Nitrógeno en porcentaje.
- ✓ **Variable independiente:** Los tratamientos y las variables como: pH, temperatura, humedad, aireación (Frecuencia de volteo), tiempo, tamaño (masa crítica), peso, conductividad eléctrica.

## CAPITULO II

### 2. MÉTODO

#### 2.1. NIVEL DE ESTUDIO

##### 2.1.1. DESCRIPTIVO

Se describió de forma sistemática el experimento que se realizó mediante información confiable y además mediciones y análisis en laboratorio de todas las variables de estudio. Se determinó cual tratamiento sería el de mejor resultado en pro de obtener una mejor conversión de materia orgánica en biomasa (compost). En la fase experimental se obtuvo la mejor opción el momento de aplicar el ensayo utilizando RSUO del DMQ. Así como también con aportes bibliográficos e investigación en campo se pretendió esclarecer el problema de estudio y establecer la hipótesis verdadera.

##### 2.1.2. EXPLICATIVO

El proyecto fue elaborado con el fin de conocer acerca de los pre-tratamientos conocidos y por conocer que se les puede proveer a los Residuos Orgánicos y poder entender mejor creando protocolos factibles para realizarlos de forma práctica y generando información útil para futuros estudios en los cuales se aplique técnicas similares y asimismo generen más investigación.

##### 2.1.3. CORRELACIÓN

El presente estudio tuvo como finalidad la relación entre algunas variables y generar bases de datos para poder determinar una comparación de tratamientos que mediante análisis estadísticos se confirmó el tratamiento con mejor resultado.

#### 2.2. MODALIDAD DE INVESTIGACION

El proyecto de estudio tiene diferentes modalidades, conociendo ya la problemática del estudio y los pasos a seguir en la determinación del producto dado:

##### 2.2.1. DE CAMPO

Es de vital importancia recalcar que la mayor parte de actividades serán trabajos en campo ya que se tomó una muestra representativa en las estaciones de transferencia ET1 y ET2 de residuos sólidos urbanos, ubicado en el sur y en el norte de la ciudad, para posteriormente realizar su respectivo procedimiento en las instalaciones de la

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Universidad Internacional SEK, trabajando en el proceso en campo y en los laboratorios midiendo las diferentes variables del proceso.

### **2.2.2. DOCUMENTAL**

La modalidad documental se da con los antecedentes investigativos que han demostrado eficaces resultados, éstos pautaron para realizar la investigación así como también con ayuda de metodologías y respaldo de documentos mediante libros, documentos científicos publicados en revistas indexadas, tesis, etc. con la finalidad de tener un vasto conocimiento en el tema específico de este proyecto.

### **2.2.3. PROYECTO DE DESARROLLO**

La investigación elaboró propuestas viables por el tratamiento de los residuos fundamentada por investigaciones forjadas y comprobadas, con resultados certeros y mediante análisis estadísticos para corroborar una respuesta verdadera dentro del enfoque biotecnológico del estudio.

### **2.3.MÉTODO**

Según el método realizado este proyecto se identifica mejor con un método Hipotético-Deductivo, ya que con lo realizado en primera instancia se han planteado algunas hipótesis, las cuales están elaboradas para encontrar una solución al problema planteado en la investigación que se debe a la conversión de residuos sólidos urbanos en biomasa útil para la mejoría de un problema en el DMQ que es la gestión adecuada de este tipo de residuos, es por esto que la primera parte es hipotética. En segunda instancia como se mencionó anteriormente se procedió a la deducción del proyecto, esto se da con la investigación de todos los antecedentes que han ocurrido a lo largo del tiempo sobre el tema de discusión, es decir la deducción fue fundamentada y sustentada por toda la teoría y metodologías aplicadas en el proyecto. Posterior a la realización del proyecto se corroboró cualquiera de las hipótesis planteada mediante los resultados experimentales obtenidos.

### **2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **2.4.1. POBLACIÓN**

La población son los RSUO Residuos Sólidos Urbanos Orgánicos que funciona como la materia prima que va a ser compostada y aplicada cada uno de los tratamientos y análisis para obtener los resultados esperados o inesperados del proyecto.

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

## 2.4.2. MUESTRA

Muestra: 20 kg RSUO Residuos Sólidos Urbanos Orgánicos en cada una de las camas o parcelas donde se realizará el compostaje en total son nueve camas como se mencionó anteriormente dando un total de 180Kg de muestra.

Las muestras se recolectaron entre los meses de abril y mayo para su posterior tratamiento, el modo de recolección fue trasportando las muestras desde las estaciones de transferencia hacia el destino que es la facultad de medio ambiente de la Universidad Internacional SEK, aproximadamente se tomaron 180 kg en peso de muestra donde se contenían ya separados los RSU orgánicos de los residuos inorgánicos.

### 2.4.2.1. Metodologías de muestreos

Para el respectivo muestro se tomó como medida el estudio realizado por Sakurai en 1981, en donde el investigador expone la disposición de los RSUO tomando un sin número de parámetros necesario para el respectivo muestro y la adopción de técnicas especializadas para conocer acerca de cómo plantear una estrategia de muestreo. En la siguiente tabla el investigador determina la verdadera disposición de los residuos y las pérdidas que se dan debido a la recuperación de materiales tales como: papel, cartón, trapos, botellas y materiales.

PERDIDAS EN EL FLUJO DE BASURA		
ETAPA	FASE DE MANEJO DE BASURA	PERDIDAS
1	Generación (basura generada)	
2		Recuperación por dueños de casa
3		Recuperación por sirvientes
4		Recuperación por basureros en las calles
5		Basura dispuesta por métodos no autorizados, e.g. en terrenos no usados o en drenes
6	Recolección (basura recolectada)	
7		Recuperación por recolectores
8		Basura llevada a destino final no autorizado, e.g. chancherfas
9	Transportación (basura llevada al sitio de disposición final)	
10		Recuperación por personal de disposición final
11		Recuperación por basureros en los botaderos
12	Disposición final (basura dispuesta)	

*Tabla 4: Pérdidas de flujo de los Residuos Sólidos. Fuente (Sakurai, 1981).*

En este contexto se debería tomar el momento más apropiado para determinar el muestreo del residuo teniendo en cuenta el motivo del análisis (Sakurai, 1981), por lo tanto el momento del muestreo se lo realizó en la etapa 6 de la tabla anterior ya que se hace el muestreo ya en las estaciones de transferencia antes que la basura se recupere por minadores o exista otro tipo de disposición.

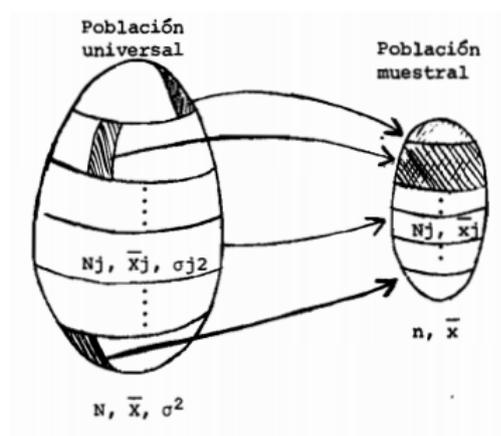
Para la realización de un buen muestreo se tomara como referencia al método propuesto por APWA (*American Public Works Association*) mediante el Instituto de Desechos Sólidos (ISW) por sus siglas en inglés, los cuales explican de una manera clara el

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

muestreo que se realizará (Sakurai, 1981); a continuación se numeraran algunos parámetros aptos que se aplicaron en la tesis para la recolección de la materia orgánica de manera exitosa:

- ✓ Se recolectó la basura de un único sitio donde exista un promedio de todo tipo de residuo como una Estación de Transferencia.
- ✓ Las muestras en un comienzo fueron lo suficientemente grandes para posteriormente pre-tratarlas.
- ✓ La muestra fue molida, troceada o triturada después de llegada a las instalaciones de la UISEK.
- ✓ Inmediatamente después de triturada, la muestra se homogenizó rápidamente.
- ✓ Después de homogenizada se retiraría los 20 kg necesarios de cada parcela de basura para sus primeras mediciones en laboratorio, verificando si no existen restos de materia inorgánica.
- ✓ Se midió varias veces para evitar errores en las primeras mediciones.

El método que se aplicó para el muestreo proveniente de las estaciones de transferencia fue el muestreo aleatorio con estratificación en donde de una población universal se tomó en varios puntos las muestras de tal manera que se pueda deducir que se ha tomado muestras al azar y así determinar que el estudio tiene muestras representativas y al azar (Sakurai, 1981).



*Figura 14: De una población universal se toma en diferentes puntos el muestreo para así determinar un muestreo al azar. (Sakurai, 1981).*

También fue necesario mezclar las muestras de basura dividiendo en cuartos aproximadamente 3 veces para tener un azar en la elección de muestra.

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

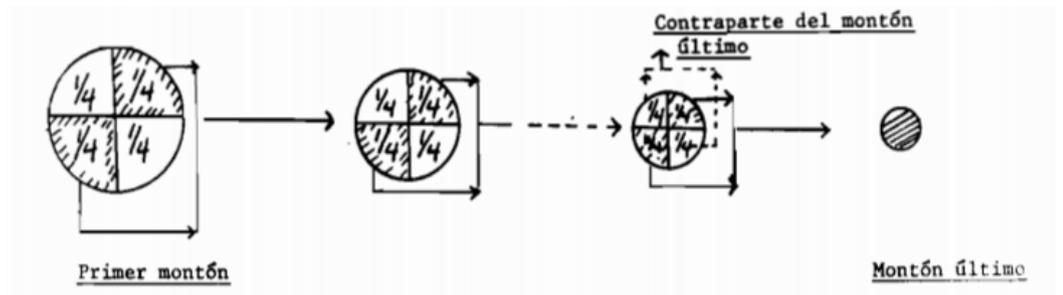


Figura 15: Toma de muestra dividiendo en cuartos para obtener las diferentes muestras. Fuente (Sakurai, 1981)

En primera instancia se recolectó de la estación de transferencia 2 “ET2” en Zambiza pero no se pudo obtener toda la cantidad necesaria para el proyecto apenas 4 costales o 60 kg aproximadamente de basura orgánica.



Figura 16: Vista aérea de la estación de transferencia 2 “Porotohuayco” ubicada en Zambiza. Fuente (<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=635648&page=17>).



Figura 17: Entrada a la ET2 y recolección de los Residuos Orgánicos. Fuente: (Arteaga, 2014).

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Posteriormente se realizó el siguiente muestreo en la estación de transferencia 1 “ET1” en Santa Rosa ubicada en las cercanías de tambillo sur de Quito para completar toda la cantidad de muestra que se requería (8 costales más o 120 kg de muestra) para cumplir con los 180 kg establecidos del proyecto de investigación.

Cabe recalcar que para poder ingresar en cada una de las estaciones de transferencia fue estrictamente necesario el uso de implementos de bioseguridad los cuales se los detallara en materiales utilizados.



*Figura 18: Entrada a la Estación de Transferencia 1. Fuente (Arteaga, 2014).*



*Figura 19: Recolección de muestras de Residuos Orgánicos provenientes de la ET1 sur de Quito. Fuente (Arteaga, 2014).*

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Cabe destacar que para el muestreo de los Residuos Orgánicos además de utilizar el equipo necesario, se escogió muestras al azar las cuales a grosso modo tenían en su mayoría residuos orgánicos pero también con un menor porcentaje de basura inorgánica es por eso antes de ubicar el residuo es necesario realizar una pre-clasificación, separando los trozos de basura inorgánica la cual se la realizó en las estaciones de transferencia pero también en las instalaciones de la Universidad Internacional SEK.

Posterior a la recolección de las muestras se transportaron con cuidado en una camioneta, evitando que se derramen lixiviados y que exista una contaminación; una vez llegadas las muestras a la universidad se procedió a la pre-separación Orgánico-Inorgánico evitando así que en el proceso hayan componentes que no puedan degradarse; posterior a la pre-clasificación también se cumplió con una de las variables que es la reducción del tamaño de partícula para evitar el aumento del tiempo de compostaje haciendo que las bacterias tengan la posibilidad de degradar mejor en un menor tiempo. Para la pre-clasificación se utilizaron implementos como machetes, palas, picos, etc. para trocear la basura de tal manera que pueda reducirse su tamaño hasta máximo unos 12 centímetros de longitud (ASCP,2001).



*Figura 20: Pre-Clasificación y Pre-Tratamiento de los RSUO. Fuente (Arteaga, 2014).*

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.



Figura 21: Residuos Pre-tratados y Pre-clasificados. Fuente (Arteaga, 2014).



Figura 22: Tratamientos colocados al azar en las diferentes camas o parcelas de compost, los números en paréntesis son las columnas en las que están, el número sin paréntesis es el número de parcela y el tratamiento 1 es el Testigo, 2 el Ácido Cítrico y 3 el Microcompostic. Fuente: (Arteaga, 2014).

## 2.5. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

Medición de las variables del tratamiento por compostaje de los RSUO provenientes del DMQ

### 2.5.1. pH:

Para efectuar la respectiva medición de las variables como el pH se procedió a obtener aproximadamente 2 Kg de material a compostar, se colocó 50 gramos de la mezcla en un vaso de precipitados, se agregó 100 ml de agua destilada y se midió utilizando el multiparámetros para determinar y controlar cómo va el pH en el proceso, Coral 2012 señala que el pH es de vital importancia para que la microbiota se mantenga estable y que el multiparámetros es el instrumento más preciso para dicha medición, el instrumento y las muestras se midieron antes de colocar los tratamientos del experimento, durante y después para ir monitoreando día a día la buena actividad microbiana, también se realizó mediciones en campo, es decir utilizando tiras de pH midiendo en cada cama del compost con el fin de monitorear *in situ*, se lo mide volteando el material para tener uniformidad.



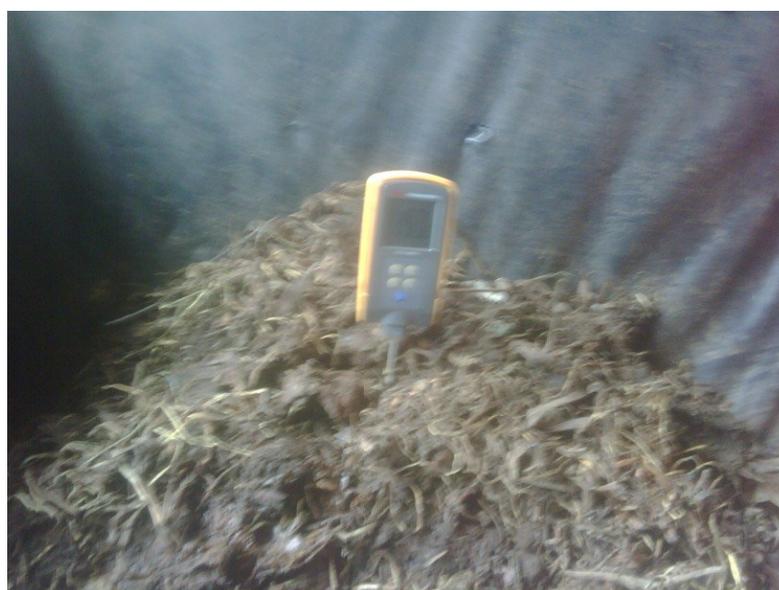
*Figura 23: Determinación de pH. Fuente: (Arteaga, 2014).*

### 2.5.2. Temperatura:

De igual manera para medir la temperatura de cómo va avanzando cada fase del compostaje se procede a medir diariamente para estabilizar la curva de fases del

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

compost cuando es mesófila, termófila, de enfriamiento y madurez. Para realizar las mediciones de temperatura se utilizó termómetros y se midió en cada capa del material, es decir se tomó registros de temperatura en el montón de cada pila o cama uno en la parte superior, otro en la parte media y otro en la parte inferior para tener control total de la temperatura.



*Figura 24: Medición de temperatura in situ. Fuente: (Arteaga, 2014).*

### 2.5.3. Humedad:

Para efectuar la medición de humedad se realizó tomando como referencia el procedimiento de Sakurai, 1981 donde señala el proceso de una manera sencilla. En primer lugar se pesó la masa del recipiente vacía a usar donde se coloca la muestra húmeda y se seca en la estufa, entonces se tiene un peso del recipiente vacío, después se pesa junto con la muestra obteniéndose un peso húmedo, se tomaron muestras frescas de 50 a 100 gr para obtener resultados más certeros, luego se calienta la muestra a 105 grados Celsius para secar la muestra y por último se pesa nuevamente para obtener el peso seco. La siguiente ecuación muestra como calcular el % de humedad.

$$\% \text{ Humedad (base húmeda)} = \frac{100 \times (\text{pérdida de peso})}{(\text{peso neto húmedo})}$$

*Figura 25: Calculo de humedad donde la pérdida de peso se toma de la diferencia de pesos. Fuente (Sakurai, 1981).*

Trabajos anteriores como el de Orellana 2011 y Dueñas 2012 señalan que la humedad promedio de la basura en el DMQ es de aproximadamente 60% al 70%, tomando como

referencia dichos trabajos y midiendo con la metodología se tendrán datos precisos del contenido de humedad de los RSUO de las estaciones de transferencias ubicadas dentro del DMQ.

#### 2.5.4. Aeración:

Para la aeración únicamente se tuvo que dar frecuencias de volteo durante el tiempo de todo el experimento, es necesario dar varias veces en el día para que el proceso mantenga la cantidad necesaria de O<sub>2</sub> y las bacterias aerobias puedan trabajar normalmente.

#### 2.5.5. Carbono:

Para la determinación de carbono orgánico fue preciso conocer acerca de metodologías apropiadas que realicen el proceso de forma precisa y sencilla, Lessard *et al* (2005) realiza la determinación de carbono por diferencia de pesos incinerando muestras a 550 grados Celsius, donde se pesa cierta cantidad de la muestra seca para ser incinerarla aproximadamente por 6 horas, de manera que se elimine una fracción (sólidos volátiles) lo cual representa la parte orgánica de la muestra, quedando como remanente los sólidos totales que es la parte inorgánica. Posteriormente se resolvió la fórmula restando el peso inicial del peso incinerado para el cálculo del carbono. Como se conoce el carbono es un componente principal para el control en el compost, ya que es la energía necesaria para que los microorganismos puedan reproducirse eficientemente.

$$\%C = \frac{\text{Muestra seca (g)} - \text{Muestra calcinada (g)}}{\text{Muestra seca (g)}} \times 100$$

*Figura 26: Cálculo del Carbono Orgánico donde la muestra seca representa al peso inicial de la muestra sin incinerar y la muestra calcinada es el peso después de incinerado a 550 Celsius Fuente (Lessard et al, 2005 adaptado por Orellana, 2011).*



*Figura 27: Mufla donde se determina el porcentaje de carbono después de la incineración de materia orgánica. Fuente: (Arteaga, 2014).*

#### **2.5.6. Nitrógeno:**

En cuanto a la determinación del Nitrógeno total de las muestras de compost se utilizó el método de Kjeldahl, el nombre se lo retribuye a su creador Johan Kjeldahl, en el cual el fundamento del método es la determinación y cuantificación del nitrógeno orgánico y amoniacal de muestras orgánicas (Pearson, 2008). Desde el desarrollo en el proceso han ocurrido una serie de variaciones como por ejemplo en un comienzo el reactivo que se utilizaba para colectar el nitrógeno era el ácido clorhídrico (EPA, 2001), después fue con ácido bórico (Hach, 1999). También con el avance de la tecnología, estudios de (Hach, 1999; Persson, 2008; Forster & Carneiro, 2005) crearon el proceso de determinación de nitrógeno de una forma más automatizada protocolizando eficientemente de una manera sencilla todo el proceso resumiendo en tres simples pasos (digestión, destilación y titulación). Así también la creación de equipos especializados para cumplir con estos tres pasos manipulando y controlando automáticamente para que en un tiempo corto se logre la completa extracción del nitrógeno total de la muestra. Es así como se crean los equipos BEHR, que calientan vía infrarrojo para que se realice la digestión en el menor tiempo posible (Berh Technik, s.f). Dentro del compostaje se ha considerado estudios en los que se ha caracterizado materia orgánica por lo tanto se ha determinado nitrógeno, Pérez (2009) determinó el nitrógeno kjeldahl de muestras de compost de diversos orígenes de materia orgánica, inclusive de los RSUO. En Austria,

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Zethner, *et al* (2002) midieron el contenido de nitrógeno kjeldahl de estiércoles porcinos y vacunos de insumos de plantas de biogás, así como el contenido del mismo en los efluentes. Maldonado (2003) también determinó el nitrógeno total en muestras de suelo, en México, etc. Cabe destacar antes del proceso es necesario que el momento de preparar la muestra no debería transcurrir mucho tiempo para evitar la descomposición de la materia orgánica, además para una buena recolección de nitrógeno es necesario reducir el tamaño de partícula hasta que sea más homogenizable y por lo tanto se pueda digerir mejor.

Entrando en proceso como se mencionó anteriormente éste se divide en tres pasos fundamentales:

✓ **Digestión:**

Para lograr una buena digestión principalmente es con una buena temperatura en principio pre-calentando el digestor y después en una aproximado tiempo de unas 2 horas se retira la muestra ocurriendo la digestión respectiva (Clavijo & Díaz, 2002). Calentando la muestra en ácido sulfúrico se produce una eliminación de los lípidos, hidratos de carbono, fibras y demás componentes carbonados (Harris, 1992), como se mencionó es necesario determinada temperatura desde unos 350 grados Celsius hasta unos 400 grados Celsius para que se efectúe de manera correcta, si el momento de realizar la digestión hay espuma, la forma de reducir la espuma es descendiendo la temperatura hasta que cese la espuma y nuevamente ascender la temperatura para que continúe la digestión. (Pearson, 2008).

PROCESO DIGESTIÓN:

*Se colocó 1 gramo de muestra de compost en un tubo de ensayo behr seco.*

*Se vertió 20mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 98% en el tubo de berh.*

*Se añadió una pastilla Kjeldahl que funciona como catalizador.*

*Se precalientó el digestor ubicado dentro de la campana de extracción al 100% de potencia por 10 minutos.*

*Se colocó todos los tubos de ensayo en la gradilla del digestor (llenando todos los puestos de la gradilla aunque sea con tubos vacíos) y se montó todo el conjunto dentro del digestor, conectando el colector de gases a las cabezas de los tubos de ensayo.*

*Se digirió los preparados a una potencia ascendente que fue desde los 30 grados hasta los 80 grados Celcius hasta que estén de color verde claro o amarillo claro o incoloro, lo que toma más o menos entre 90 y 180 minutos.*

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

*Se apagó el digestor y se levanta la gradilla con los tubos de ensayo del lugar de calentamiento y se la cuelga de los ganchos en la parte superior del aparato.*

*Se dejó enfriar los tubos unos minutos.*



*Figura 28: Equipo Berh de digestión kjeldahl (Arteaga, 2014).*

✓ **Destilación:**

La destilación se da por arrastre de vapor en donde el digestato se somete a la separación del nitrógeno amoniacal, es necesario tener bien sellados todas las tuberías y válvulas para evitar pérdidas de nitrógeno en forma de gas amoniaco (Harris, 1992), después también se necesita un ácido recolector que funciona bien el Ácido Bórico o Clorhídrico generalmente en los primeros 150 ml está contenido los 2/3 de cantidad del nitrógeno total en toda la reacción (Sakurai, 1981). Además también se utiliza perlas de ebullición para evitar mucha ebullición durante la destilación.

**PROCESO DESTILACIÓN**

*Se trasladaron los tubos berh al destilador behr.*

*Se preparó un matraz de Erlenmeyer con 20ml de  $H_3BO_3$  y verde de (bromocresol + rojo de metilo) para recoger cada destilado.*

*Se verifica que el equipo de destilación esté preparado y conectado a los recipientes que son las fuentes de NaOH 40% y agua destilada.*

*Se ingresan uno por uno cada tubo y los matraces al destilador y se ejecutó la rutina automática de añadir 20ml de NaOH 40% y destilar por 5min.*

*Se retira uno a uno cada destilado recogido en ácido.*



*Figura 29: Equipo Behr de Destilación. Fuente (Arteaga, 2014).*

✓ **Titulación:**

Para la titulación y para coleccionar todo el nitrógeno se requiere una cantidad de ácido receptor ya conocida y provista. El ácido en exceso que no reaccionó con el amoníaco recibido para producir amonio, queda libre. El volumen de base que hay que gastar hasta que se neutralice ese exceso de ácido indica, por una diferencia de volúmenes. La cantidad de nitrógeno se determina tomando en cuenta principalmente las reacciones ocurridas mediante estequiometria entre las reacciones entre al ácido y el amoniaco y además por la diferencia de volúmenes (Harris, 1992), Consecuentemente para el cálculo del nitrógeno orgánico y amoniacal se lo llevó a titular utilizando Ácido Sulfúrico 2N y para conocer el final de la titulación se utiliza colorantes como el verde de bromocresol + rojo de metilo para diferenciar la cantidad en mililitros de ácido que se utilizó para determinar el nitrógeno a medida del cambio brusco de color (Harris, 1992), para representarlo en peso se le incluye el valor inicial de peso de la alícuota determinándose el nitrógeno en peso total.

<b>Digestión:</b>	<b>N (en proteína) <math>\rightarrow</math> <math>\text{NH}_4^+</math></b>
<b>Destilación de <math>\text{NH}_3</math>:</b>	<b><math>\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3(g) + \text{H}_2\text{O}</math></b>
<b>Colección de <math>\text{NH}_3</math> en HCl:</b>	<b><math>\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+</math></b>
<b>Titulación de HCl que no reaccionó:</b>	<b><math>\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}</math></b>

*Tabla 5: Reacciones que ocurren en el proceso de kjeldahl (Harris, 1992).*

## PROCESO TITULACIÓN

*Uno a uno se traslada los matraces de los destilados sobre el agitador magnético.*

*Se prepara una bureta con 30ml de  $H_2SO_4$  2N, de modo que pueda gotear dentro del matraz.*

*Se titula cuidadosamente hasta el punto final, es decir que cambie de color azulado a anaranjado.*

*Se calcula el porcentaje en peso de nitrógeno.*

$$\%N_{kjeldahl} = \frac{(ml H_2SO_4 \text{ recolección} \times PM \text{ nitrógeno } 2N)}{\text{peso. sec o. alicuota}}$$

*Figura 30: Formula para cálculo del Nitrógeno kjeldahl (Berh Technik, s.f).*



*Figura 31: Proceso de titulación del color azul pasa al color anaranjado o rosa. Fuente: (Arteaga, 2014).*

### 2.5.7. Tiempo:

En el compostaje se da un tratamiento mediante reacciones microbianas de mineralización y de humectación de sustancias orgánicas, que en condiciones favorables de cuidado el proceso podría ocurrir en un lapso aproximado de un mes, pero es muy difícil reducir el tiempo de compostaje por el ciclo biológico de los microorganismos involucrados (Trejo, 1994). Como se dice el tiempo podría tardar pero eso dependerá de todas las variables en conjunto, como por ejemplo variables como el pH difiere en el tiempo si el medio se encontrase muy ácido o muy básico porque se impediría que las bacterias trabajen adecuadamente. En el experimento el tiempo que se utilizó en medir cada variable y analizar datos fue un tiempo aproximado de 2 meses.

### 2.5.8. Tamaño de Partícula:

ASCP en 2001 exponen acerca de los reglamentos y los criterios adecuados para un buen tratamiento del compost y determina que el tamaño de partícula sería recomendable ser de 16 mm o menos para que se efectúe en un buen tiempo el compostaje, por lo tanto se trató en la medida de lo posible reducir el tamaño de partícula triturando la muestra inicial en bruto, para eso fueron necesarios herramientas específicas.

### 2.5.9. Peso:

Para el peso se tomó 20 Kg en cada cama para tener una buena degradación y así se obtuvo uniformidad en todos los resultados y comparaciones de cada tratamiento que se evaluó, de igual manera se utilizó una balanza para pesar el material, como se pesó en un recipiente (balde) primero se pesó el recipiente vacío y después con los Residuos, con la diferencia de pesos se obtuvieron 20 Kg de materia orgánica.



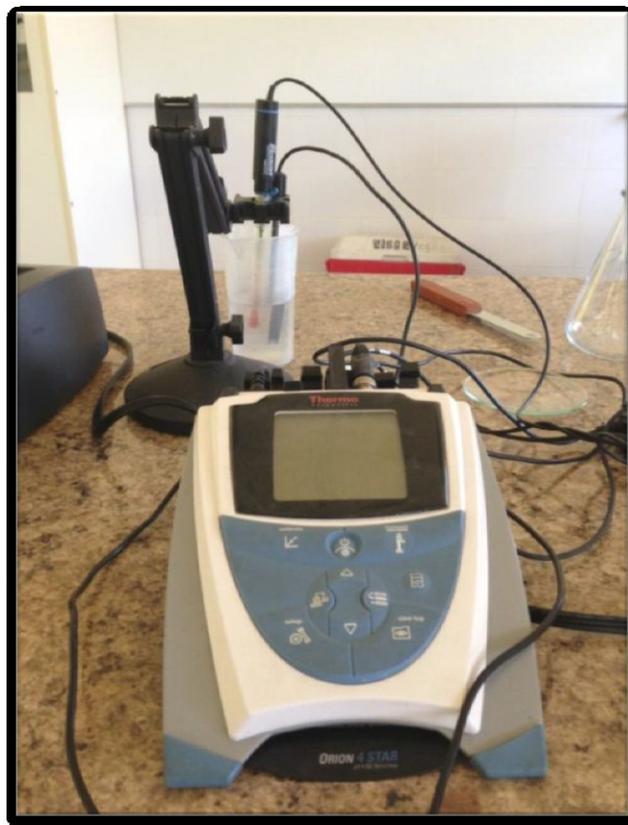
*Figura 32: Pesado de 20 Kg las muestras de Materia Orgánica. Fuente (Arteaga, 2014).*

### 2.5.10. Conductividad:

Para que las muestras tengan una controlada degradación y se pueda obtener un compost rico en nutrientes y baja en sales, la materia orgánica en el proceso de degradación debería tener una conductividad de rangos menores a 4000 uS/cm (micro-

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Siemens por centímetro), ya que así se podrá determinar el contenido de sales y por lo tanto una rápida y buena degradación del sustrato (ASCP, 2001). Véase anexo 1.



*Figura 33: Multiparámetros para medición de conductividad eléctrica, Ph, Temperatura, etc. Fuente (Arteaga, 2014).*

### **2.6. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS**

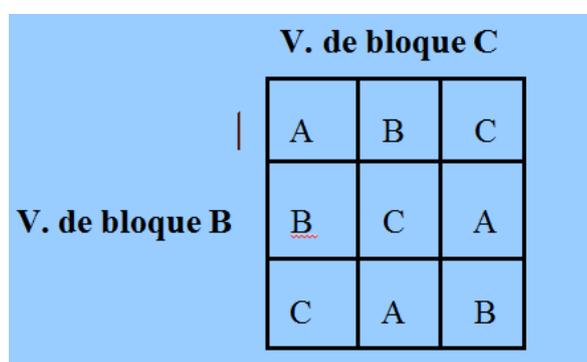
Como se mencionó antes la comparación de los tratamientos se los realizara de tal manera que no exista ningún dato con defectos de medida ya que los instrumentos que se utilizarán están calibrados así como también la metodología tomada (Franco, 2003; Trejo, 1994; Harris, 1996; Behr, s.f, Sakurai, 1981) está bien estandarizada para el respectivo análisis de variables y la toma, transporte y disposición de muestras colectadas.

### **2.7. PROCESAMIENTO DE DATOS**

En el desarrollo de este estudio se tomó como referencia el análisis de varianza comúnmente llamado ANOVA, mediante el cual se comparó los tratamientos que se utilizaron en cada repetición. Para la asignación de los tres tratamientos (el testigo, el ácido cítrico y el microcompostic) en las nueve repeticiones o muestras, lo que se hizo

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

fue una elección al azar para tener igual resultados de cada tratamiento en cada repetición incluyendo las diferentes condiciones ambientales que tuvieron las muestras. Los datos de medición de las variables se los tomó personalmente para no tener inconvenientes de fallo de datos, entre los datos tomados están: Peso de las muestras, contenido de carbono, contenido de nitrógeno, conductividad eléctrica, pH, temperatura, humedad, aireación, tiempo y tamaño de partícula. Además se obtuvo la mejor metodología para aplicar cada tratamiento, después se las registró en una matriz de datos en Excel con un respectivo cronograma donde indica los días en los cuales se realizaron los análisis. La recolección de datos día a día se lo registro en un cuaderno o libro de campo, luego se representaron los datos utilizando un software estadístico llamado SPSS que ubica cada variable y la compara mediante análisis estadísticos. Se utilizó como modelo estadístico el cuadrado latino (3x3) donde se realiza una comparación entre las parcelas sabiendo el número de tratamientos, número de columnas y número de filas y así se verificará los análisis de todas las variables una por una de cada muestra donde cada tratamiento será ubicado al azar en cada repetición respectiva como se mencionó anteriormente. Posteriormente se levantaron datos para realizar un ANOVA con datos tomados a lo largo del tiempo, y así tener como resultado la o las respuestas a cualquiera de las hipótesis planteadas en el experimento, con el cuadrado latino las repeticiones solamente aparecen una sola vez en cada fila y en cada columna (García & Lara, 1998), el cuadrado latino es el formato más económico, ya que no requieren de todas las combinaciones posibles únicamente se requieren respectivas combinaciones dependiendo el número de filas y columnas que se tengan en este caso es de 3x3 (Dowley & Wearden, 1991).



*Figura 34: Diseño del Cuadrado Latino. Fuente (Dowley & Wearden 1991).*

## CAPITULO III

### 3. RESULTADOS

A continuación se explicará de manera detallada los resultados obtenidos de la determinación de los datos de las variables en laboratorio hechas durante un periodo de 35 días entre los meses de Junio y Julio (anexo 3). Se reportaron 234 datos de cada variable tomados a lo largo del tiempo en el estudio (anexo 30), también se interpretaron los datos estadísticamente mediante el análisis de varianza (ANOVA) que se lo representó mediante gráficos y tablas que indicaran cuál de los tratamientos tendría un mejor comportamiento en obtener un compost rico en nutrientes, pero más que todo una mejor degradación de lignocelulosa.

#### 3.1.LEVANTAMIENTO DE DATOS

En el (Anexo 3) se representa mediante un cronograma las fechas en la cual se analizó cada variable y el tiempo en días que fue implicado en la medición a lo largo del tiempo. Cabe destacar que en cada día desde el día uno hasta el día 26 se realizó nueve mediciones, esto es por el hecho de que son nueve camas o parcelas en donde fueron colocados los diferentes tratamientos para su respectiva degradación. Por otro lado es necesario mencionar que los datos generados fueron tomados antes de aplicar los tratamientos (Testigo, Ácido Cítrico y Microcompostic) hasta el día 10 (anexo del 4 al 13). A partir del Día 11 se colocó los respectivos tratamientos al azar como se mencionó anteriormente (anexo del 14 al 29), ubicándolos en cada cama o parcela en la cual se efectuó el experimento, de esta manera se determinó el análisis estadístico a partir del día 11 se realizó ya que a partir de ese día se pueden comparar los diferentes tratamientos a lo largo del tiempo en una base de relación entre tratamientos empleados en el experimento.

### 3.2. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se presentarán los análisis estadísticos hechos mediante el software SPSS, en donde se analizaron cada una de las variables en cuanto a su cambio a lo largo del tiempo y en cada nivel del tratamiento. Se presentan en orden de la siguiente manera:

<b><u>Carbono</u></b>
<b><u>Nitrógeno</u></b>
<b><u>Relación Carbono-Nitrógeno</u></b>
<b><u>Conductividad</u></b>
<b><u>pH</u></b>
<b><u>Temperatura</u></b>
<b><u>Humedad</u></b>

*Tabla 6: Variables de las cuales se analizaran los datos estadísticos de cada una de ellas. Fuente: (Arteaga, 2014).*

Las demás variables no se las toma en cuenta porque son constantes en el experimento por lo tanto no influenciaron en la comparación entre tratamientos.

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

**CARBONO:****Pruebas de efectos intra-sujetos.**

Medida: MEASURE\_1

Origen		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
CARBONO	Esfericidad asumida	229.404	7	32.772	12.505	1*10e-6	.676	87.538	1.000
	Greenhouse-Geisser	229.404	2.738	83.783	12.505	.000	.676	34.241	.997
	Huynh-Feldt	229.404	6.942	33.048	12.505	.000	.676	86.807	1.000
	Límite-inferior	229.404	1.000	229.404	12.505	.012	.676	12.505	.836
CARBONO * TratamientoC	Esfericidad asumida	94.148	14	6.725	2.566	.009	.461	35.926	.954
	Greenhouse-Geisser	94.148	5.476	17.192	2.566	.064	.461	14.053	.661
	Huynh-Feldt	94.148	13.883	6.781	2.566	.010	.461	35.626	.953
	Límite-inferior	94.148	2.000	47.074	2.566	.157	.461	5.132	.333
Error(CARBONO)	Esfericidad asumida	110.066	42	2.621					
	Greenhouse-Geisser	110.066	16.429	6.700					
	Huynh-Feldt	110.066	41.649	2.643					
	Límite-inferior	110.066	6.000	18.344					

a. Calculado con alfa = .05

*Tabla 7: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento. Fuente: (Arteaga, 2014).*

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

## Prueba de los efectos inter-sujetos

Medida: MEASURE\_1

Variable transformada: Promedio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
Intersección	14210.451	1	14210.451	3470.677	1*10e-7	.998	3470.677	1.000
TratamientoC	140.578	2	70.289	17.167	.003	.851	34.334	.981
Error	24.567	6	4.094					

a. Calculado con alfa = .05

Tabla 8: Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos. Fuente (Arteaga, 2014).

## Comparaciones múltiples

Medida: MEASURE\_1

Bonferroni

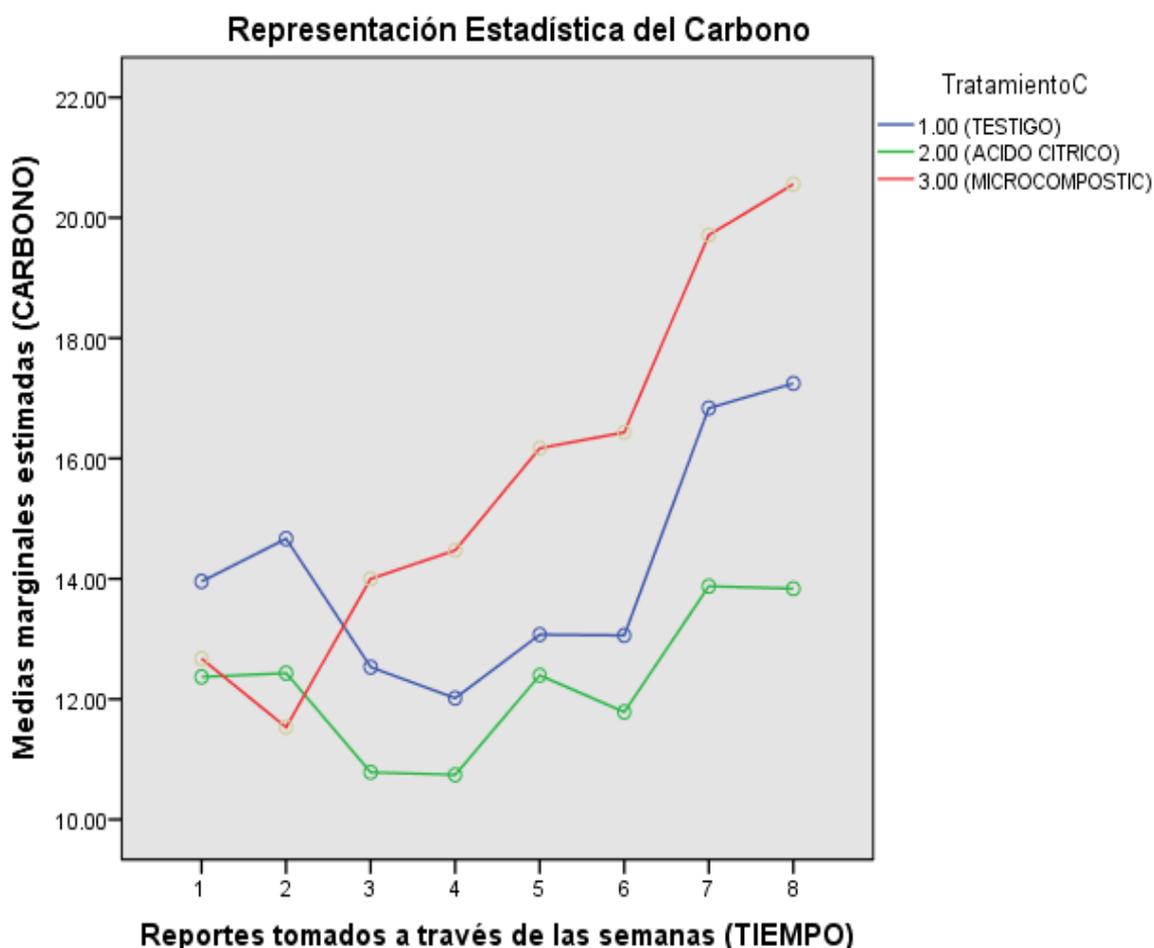
(I)TratamientoC	(J)TratamientoC	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1.00	2.00	1.8954	.58413	.053	-.0249	3.8157
	3.00	-1.5204	.58413	.122	-3.4407	.3999
2.00	1.00	-1.8954	.58413	.053	-3.8157	.0249
	3.00	-3.4158*	.58413	.003	-5.3361	-1.4955
3.00	1.00	1.5204	.58413	.122	-.3999	3.4407
	2.00	3.4158*	.58413	.003	1.4955	5.3361

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .512.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 9: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable Carbono. Fuente: (Arteaga, 2014).



*Figura 35: Representación gráfica del análisis estadístico de la variable Carbono. Fuente: (Arteaga, 2014).*

- En la tabla 7 se encuentra la prueba de efectos intra sujetos, es decir el análisis dentro de cada tratamiento, en el primer grupo donde analiza al carbono a lo largo de las semanas independientemente de cada nivel del tratamiento, se observa un resultado estadísticamente significativo ya que la significancia de la prueba es muy baja lo que quiere decir que si existen diferencias a través de las semanas dentro de cada tratamiento en la variable carbono.
- En el segundo grupo de datos donde se incluye los niveles de los tratamientos también se encontró una diferencia estadísticamente significativa como se aprecia en la tabla 7.
- En la prueba de inter sujetos es decir entre tratamientos se encuentra el nivel de significancia bajo lo que quiere decir que entre tratamientos hubo grandes diferencia significativa. Véase tabla 8.

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULOSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

- La prueba de Bonferroni confirmó el nivel de significancia mayor que hubo entre los tratamientos 2 y 3 y una diferencia menor entre los tratamientos 1y 3 y viceversa como se pueden ver en la tabla 9.
- En la figura 35 en primera instancia en el eje horizontal se observa las veces que fue reportado el Carbono a lo largo del tiempo de desarrollo del estudio en este caso fueron ocho veces reportado la variable en cuestión, mientras que en el eje vertical se puede observar los valores a los que la medición de carbono llegó. Del mismo modo se observa las tendencias que cada uno de los tratamientos tuvo a lo largo del tiempo, la línea roja es el tratamiento tres en el cual fue aplicado el mix bacteriano MICROCOMPOSTIC, la línea azul muestra el tratamiento uno que fue el que no se le aplicó ningún producto únicamente se degradó normalmente y la línea verde muestra el tratamiento dos el cual es el tratamiento con ÁCIDO CÍTRICO.
- Analizando los resultados se puede ver la marcada tendencia que tiene el tratamiento 3 versus los otros dos tratamientos es decir, se puede observar en la imagen que el tratamiento tres tuvo grandes diferencias y baja significancia en comparación con los demás tratamientos.
- Conjuntamente se obtuvieron datos que hicieron que el porcentaje de carbono de las muestras de compost tengan un comportamiento ligeramente ascendente cuando se colocó el tratamiento uno, mientras que el tratamiento 2 tuvo casi una estabilidad respecto al punto de partida del porcentaje de carbono inicial, esto fue por la acidez que de alguna manera afectó al desempeño microbiano, por lo tanto esto quiere decir que el tratamiento con mejores resultados de obtención de energía por parte de los microorganismos fueron las camas en las cuales se les aplicó el tratamiento de 3 por lo demás también se puede observar que el tratamiento 1 tiende a elevar su porcentaje de carbono como se mencionó anteriormente, esto se da por la actividad microbiana degradadora a lo largo del experimento.

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

**NITRÓGENO:****Pruebas de efectos intra-sujetos.**

Medida: MEASURE\_1

Origen		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
NITRÓGENO	Esfericidad asumida	4.326	7	.618	2.336	.042	.280	16.351	.785
	Greenhouse-Geisser	4.326	2.771	1.561	2.336	.114	.280	6.474	.468
	Huynh-Feldt	4.326	7.000	.618	2.336	.042	.280	16.351	.785
	Límite-inferior	4.326	1.000	4.326	2.336	.177	.280	2.336	.252
NITRÓGENO *TratamientoN	Esfericidad asumida	7.874	14	.562	2.126	.030	.415	29.763	.899
	Greenhouse-Geisser	7.874	5.543	1.421	2.126	.108	.415	11.784	.571
	Huynh-Feldt	7.874	14.000	.562	2.126	.030	.415	29.763	.899
	Límite-inferior	7.874	2.000	3.937	2.126	.200	.415	4.252	.283
Error(NITRÓGENO)	Esfericidad asumida	11.112	42	.265					
	Greenhouse-Geisser	11.112	16.629	.668					
	Huynh-Feldt	11.112	42.000	.265					
	Límite-inferior	11.112	6.000	1.852					

a. Calculado con alfa = .05

*Tabla 10: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento. Fuente: (Arteaga, 2014).*

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

## Pruebas de efectos inter-sujetos

Medida: MEASURE\_1

Variable transformada: Promedio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
Intersección	382.031	1	382.031	1161.551	.000	.995	1161.551	1.000
TratamientoN	14.999	2	7.499	22.801	.002	.884	45.603	.996
Error	1.973	6	.329					

a. Calculado con alfa = .05

*Tabla 11 : Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos. Fuente (Arteaga, 2014).  
Comparaciones Múltiples*

Medida: MEASURE\_1

## Bonferroni

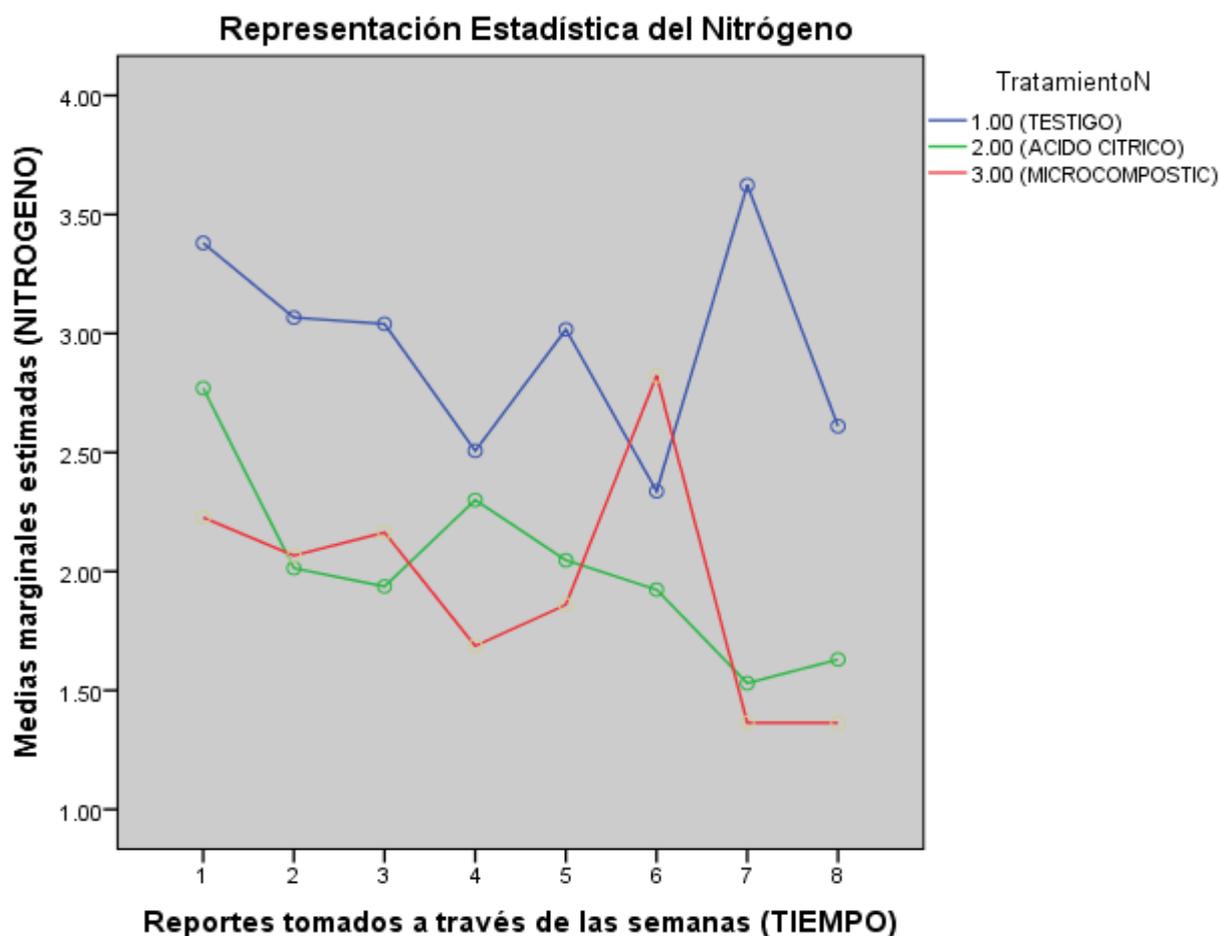
(I)TratamientoN	(J)TratamientoN	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1.00	2.00	.9288*	.16555	.004	.3845	1.4730
	3.00	1.0033*	.16555	.003	.4591	1.5476
2.00	1.00	-.9288*	.16555	.004	-1.4730	-.3845
	3.00	.0746	.16555	1.000	-.4697	.6188
3.00	1.00	-1.0033*	.16555	.003	-1.5476	-.4591
	2.00	-.0746	.16555	1.000	-.6188	.4697

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .041.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

*Tabla 12: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable Nitrógeno. Fuente: (Arteaga, 2014).*



*Figura 36: Representación gráfica del análisis estadístico de la variable Nitrógeno. Fuente: (Arteaga, 2014).*

- La representación de estadística en la tabla 10 presenta un nivel de significancia no tan bajo, sin embargo más bajo que la media  $P < 0.05$  lo que indica la poca variación del nitrógeno a lo largo del tiempo dentro de cada tratamiento. Considerando los niveles de tratamiento hay diferencias estadísticamente significativas a lo largo de las semanas.
- En la tabla 11 y 12 es el resultado de la prueba inter sujetos, o sea entre tratamientos y se encuentran grandes diferencias estadísticas por el valor bajo de significancia y confirmando con la prueba de Bonferroni la cual indica las diferencias entre tratamientos a lo largo del tiempo, las diferencias menos marcadas son las del tratamiento 2 versus 3 y viceversa.
- La prueba de la tabla 10 tienen baja potencia, debido tal vez a un fallo de medición.
- De la misma manera en la figura 36 se puede observar en el eje horizontal las veces a lo largo de las semanas en las cuales se tomaron ocho datos de nitrógeno de cada tratamiento, versus las mediciones de nitrógeno hechas mediante la metodología de

determinación de nitrógeno (Pearson, 2008), en la cual van desde valores del 1 al 5 los mismos que se muestran en el eje vertical.

- También en la figura 36 se puede identificar las diferencias de la proporción de Nitrógeno de las muestras de compost indicando que el tratamiento testigo tiene picos pero no tiene grandes variaciones a lo largo de las semanas y en la última parte tiene un ligero descenso del nitrógeno debido a que cuando el experimento sigue el proceso degradativo se pierde el nitrógeno en forma de amonio y hay una absorción de proteína por las bacterias haciendo que se degrade más el sustrato (Franco, 2003), así también se da para los tratamientos con ácido cítrico y con microcompostic pero un mejor trabajo se está dando en el tratamiento 3 seguramente por las bacterias aerobias que fueron añadidas el momento de aplicar el producto y por lo tanto se potencializó el trabajo degradador por parte de los microorganismos (Garcés, 2014).

**RELACION CARBONO-NITROGENO****Pruebas de efectos intra-sujetos.**

Medida: MEASURE\_1

Origen		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
RELACION	Esfericidad asumida	185.724	7	26.532	6.070	6.3*10e-5	.503	42.492	.998
	Greenhouse-Geisser	185.724	2.742	67.738	6.070	.006	.503	16.643	.886
	Huynh-Feldt	185.724	6.960	26.685	6.070	.000	.503	42.248	.998
	Límite-inferior	185.724	1.000	185.724	6.070	.049	.503	6.070	.542
RELACION *	Esfericidad asumida	227.554	14	16.254	3.719	4.8*10e-4	.553	52.062	.996
TratamientoRelacion	Greenhouse-Geisser	227.554	5.484	41.497	3.719	.018	.553	20.392	.839
	Huynh-Feldt	227.554	13.920	16.348	3.719	.000	.553	51.763	.996
	Límite-inferior	227.554	2.000	113.777	3.719	.089	.553	7.437	.457
	Esfericidad asumida	183.576	42	4.371					
Error(RELACION)	Greenhouse-Geisser	183.576	16.451	11.159					
	Huynh-Feldt	183.576	41.759	4.396					
	Límite-inferior	183.576	6.000	30.596					
	Esfericidad asumida	183.576	42	4.371					

a. Calculado con alfa = .05

*Tabla 13: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento. Fuente: (Arteaga, 2014).*

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

## Pruebas de los efectos inter-sujetos

Medida: MEASURE\_1

Variable transformada: Promedio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
Intersección	3244.571	1	3244.571	1127.761	.000	.995	1127.761	1.000
TratamientoRelacion	235.030	2	117.515	40.846	.000	.932	81.693	1.000
Error	17.262	6	2.877					

a. Calculado con alfa = .05

Tabla 14: Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos. Fuente (Arteaga, 2014).

## Comparaciones múltiples

Medida: MEASURE\_1

Bonferroni

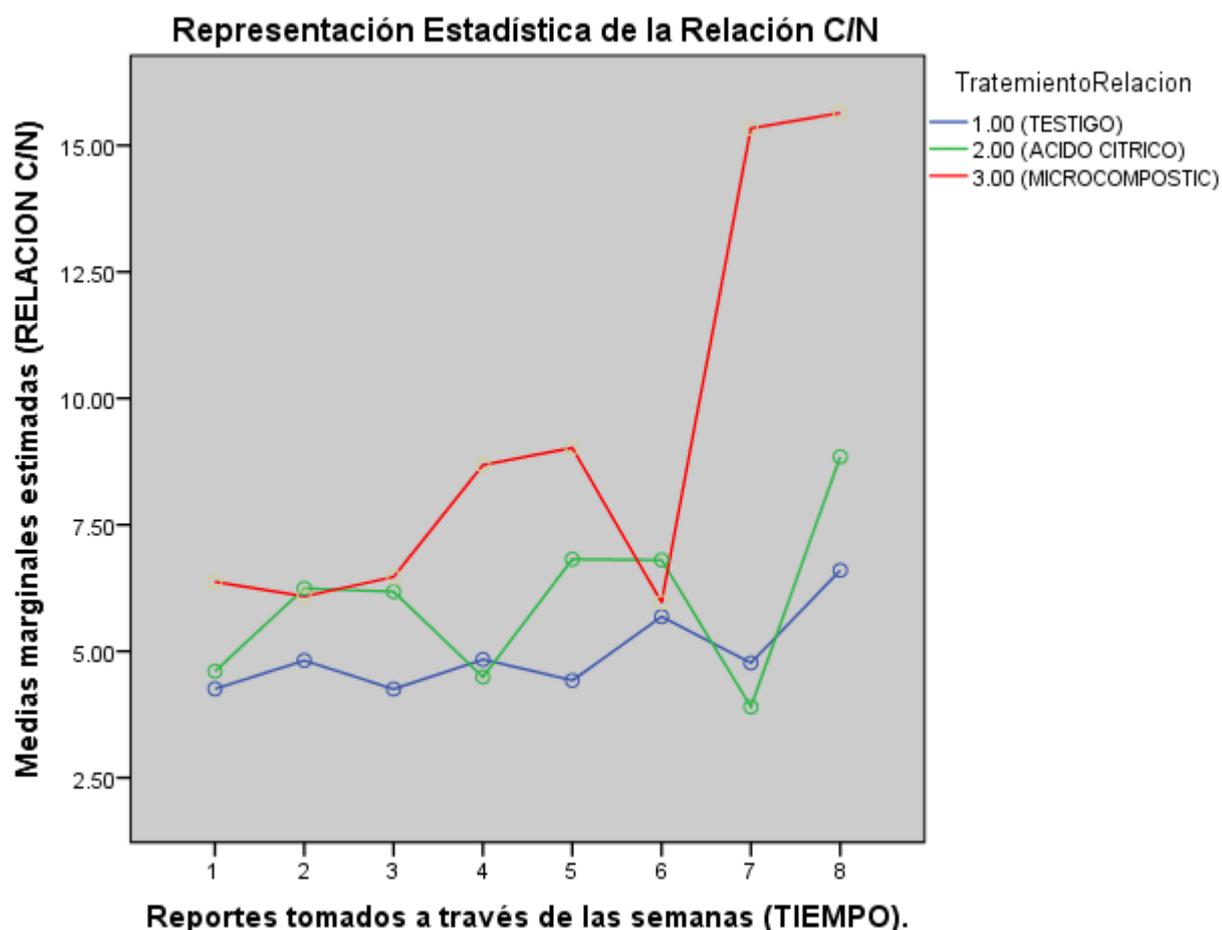
(I)TratamientoRelacion	(J)TratamientoRelacion	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1.00	2.00	-1.0303	.48964	.240	-2.6400	.5794
	3.00	-4.2425*	.48964	.000	-5.8522	-2.6328
2.00	1.00	1.0303	.48964	.240	-.5794	2.6400
	3.00	-3.2122*	.48964	.002	-4.8219	-1.6025
3.00	1.00	4.2425*	.48964	.000	2.6328	5.8522
	2.00	3.2122*	.48964	.002	1.6025	4.8219

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .360.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 15: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable Relación Carbono-Nitrógeno. Fuente: (Arteaga, 2014).



*Figura 37: Representación gráfica del análisis estadístico de la variable Relación C/N. Fuente: (Arteaga, 2014).*

- En la tabla 13 se describe una alta diferencia estadísticamente significativa lo que indica un comportamiento muy variable considerando cada tratamiento a lo largo de las semanas.
- En los niveles de tratamiento se muestran de igual manera grandes diferencias significativas lo que demuestra cómo el comportamiento de los tratamientos tiene grandes diferencias a medida que avanza en el tiempo.
- En la prueba inter sujetos hay mucha diferencia significativa específicamente en el tratamiento 3 en comparación con los otros tratamientos. Véase tablas 14 y 15.
- En el grafico 37 se puede observar en el eje horizontal las mismas ocho mediciones en las semanas transcurridas versus la relación C/N que es la división de los valores de carbono sobre los valores de nitrógeno. En este análisis se puede corroborar el resultado de los análisis anteriores, en lo que respecta al porcentaje de Carbono el tratamiento 3 tuvo una mayor disposición de energía

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

por parte de los microorganismos, y en el análisis de Nitrógeno se pudo determinar una mejor asimilación de proteína por parte de los microorganismos en donde se utilizó el MICROCOMPOSTIC también del tratamiento 3 determinando una disminución del contenido del Nitrógeno en la materia orgánica.

- Todo esto hace que se interprete una relación C/N más alta en el tratamiento 3 siendo el pico aproximadamente 15 a lo largo del tiempo que se midieron las variables, esto quiere decir que fue un hecho que la población de microorganismos fue potencializada aplicando el complejo de bacterias degradadoras de materia orgánica llegando al rango ideal casi de 25/1 de relación C/N (Garcés, 2014).

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

**CONDUCTIVIDAD****Pruebas de efectos intra-sujetos.**

Medida: MEASURE 1

Origen		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
CONDUCTIVIDAD	Esfericidad asumida	2797893.222	15	186526.215	2.008	.023	.251	30.117	.936
	Greenhouse-Geisser	2797893.222	3.005	930956.454	2.008	.149	.251	6.034	.430
	Huynh-Feldt	2797893.222	8.365	334493.411	2.008	.062	.251	16.794	.772
	Límite-inferior	2797893.222	1.000	2797893.222	2.008	.206	.251	2.008	.224
CONDUCTIVIDAD * TratamientoConduc	Esfericidad asumida	6166646.986	30	205554.900	2.213	.002	.424	66.378	.997
	Greenhouse-Geisser	6166646.986	6.011	1025929.039	2.213	.089	.424	13.299	.622
	Huynh-Feldt	6166646.986	16.729	368617.138	2.213	.016	.424	37.015	.950
	Límite-inferior	6166646.986	2.000	3083323.493	2.213	.191	.424	4.425	.293
Error(CONDUCTIVIDAD)	Esfericidad asumida	8361173.542	90	92901.928					
	Greenhouse-Geisser	8361173.542	18.032	463675.574					
	Huynh-Feldt	8361173.542	50.187	166599.011					
	Límite-inferior	8361173.542	6.000	1393528.924					

a. Calculado con alfa = .05

*Tabla 16: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento. Fuente: (Arteaga, 2014).*

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

## Pruebas de los efectos inter-sujetos

Medida: MEASURE\_1

Variable transformada: Promedio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
Intersección	711662329.000	1	711662329.000	7278.442	.000	.999	7278.442	1.000
TratamientoConduc	32431544.792	2	16215772.396	165.845	.000	.982	331.690	1.000
Error	586660.458	6	97776.743					

a. Calculado con alfa = .05

*Tabla 17: Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos. Fuente (Arteaga, 2014).*

## Comparaciones múltiples

Medida: MEASURE\_1

Bonferroni

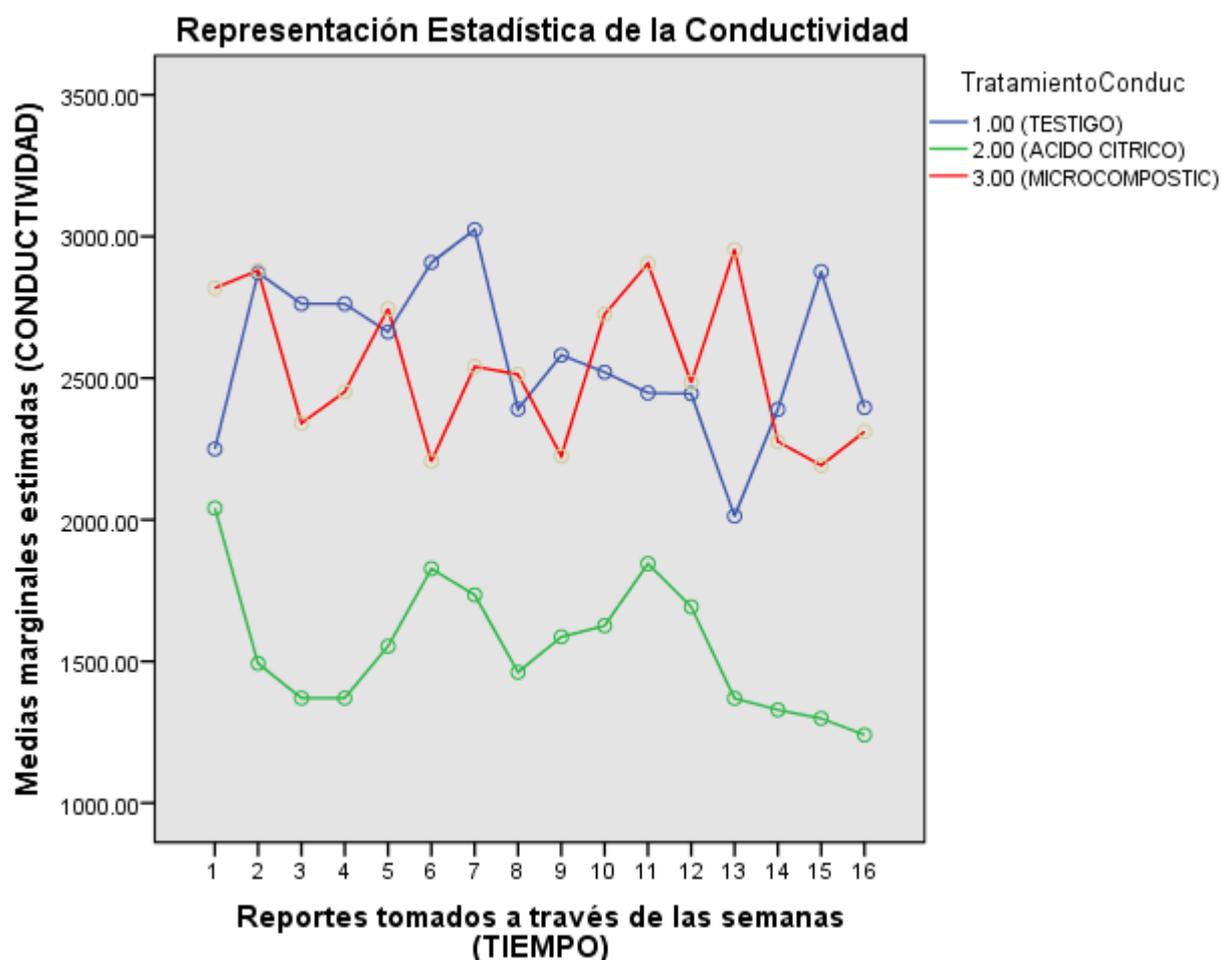
(I)TratamientoConduc	(J)TratamientoConduc	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1.00	2.00	1028.8542*	63.82814	.000	819.0220	1238.6863
	3.00	45.8333	63.82814	1.000	-163.9988	255.6655
2.00	1.00	-1028.8542*	63.82814	.000	-1238.6863	-819.0220
	3.00	-983.0208*	63.82814	.000	-1192.8530	-773.1887
3.00	1.00	-45.8333	63.82814	1.000	-255.6655	163.9988
	2.00	983.0208*	63.82814	.000	773.1887	1192.8530

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 6111.046.

La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

*Tabla 18: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable Conductividad Eléctrica. Fuente: (Arteaga, 2014).*



*Figura 38: Representación gráfica del análisis estadístico de la variable Conductividad. Fuente: (Arteaga, 2014).*

- Los resultados de la tabla 16 demuestran un comportamiento especial en este caso, como se muestra si hay diferencias dentro de cada tratamiento pero no son grandes diferencias lo que determina que uno o más tratamientos no tuvieron mucha varianza a través de las semanas.
- En las tablas 17 y 18 se observa claramente una diferencia significativa lo que indica que uno o más tratamientos es muy diferente a los demás y al parecer es el tratamiento 2 el que tuvo mucha diferencia estadística.
- En la figura 38 se puede determinar el comportamiento de cada tratamiento a través de las semanas, en el eje horizontal se tiene las veces que se tomaron los datos en las semanas, como se puede ver que hay 16 veces tomados los datos, versus las diferentes conductividades que se determinaron entre los rangos desde 1000 uS/cm hasta los 3500 uS/cm.

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

- Se observa que los tratamientos 1 y 3 tienen pocas diferencias de varianza en la medición a lo largo del tiempo de la variable de conductividad eléctrica, se puede también observar que los máximos picos de conductividad llegan hasta 3000 uS/cm lo que quiere decir que si hay un compost rico en nutrientes en todos los casos, ya que la conductividad recomendable en el compostaje es de datos menores a 4000 uS/cm (ASCP, 2001).
- Lo que en realidad es interesante es que las mediciones del tratamiento 2 con ácido cítrico obtuvo datos de conductividad muy diferentes en comparación con los demás tratamientos, esto quiere decir que de alguna manera el ácido benefició a las muestras de compost en tener una menor conductividad y por lo tanto más riqueza de nutrientes, menos sales perjudiciales al compost y también una menor presencia de metales pesados ya que se eliminaron junto con los lixiviados.
- El estudio propuesto por (Rosal et al, 2012) indica que las moléculas de ácido cítrico en las muestras de compost aportan protones que hace que se rompa y reemplacen los enlaces de la materia orgánica con los metales pesados y así no formar moléculas tóxicas que afecten al compostaje.

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

**MEDICIÓN DEL pH****Pruebas de efectos intra-sujetos.**

Medida: MEASURE\_1

Origen		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
pH	Esfericidad asumida	30.404	15	2.027	18.266	1*10e-6	.753	273.984	1.000
	Greenhouse-Geisser	30.404	4.155	7.318	18.266	.000	.753	75.891	1.000
	Huynh-Feldt	30.404	15.000	2.027	18.266	.000	.753	273.984	1.000
	Límite-inferior	30.404	1.000	30.404	18.266	.005	.753	18.266	.942
pH * TratamientopH	Esfericidad asumida	16.935	30	.564	5.087	1*10e-6	.629	152.607	1.000
	Greenhouse-Geisser	16.935	8.310	2.038	5.087	.001	.629	42.271	.991
	Huynh-Feldt	16.935	30.000	.564	5.087	.000	.629	152.607	1.000
	Límite-inferior	16.935	2.000	8.467	5.087	.051	.629	10.174	.587
Error(pH)	Esfericidad asumida	9.987	90	.111					
	Greenhouse-Geisser	9.987	24.929	.401					
	Huynh-Feldt	9.987	90.000	.111					
	Límite-inferior	9.987	6.000	1.665					

a. Calculado con alfa = .05

*Tabla 19: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento. Fuente: (Arteaga, 2014).*

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

## Pruebas de los efectos inter-sujetos

Medida: MEASURE\_1

Variable transformada: Promedio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
Intersección	7010.294	1	7010.294	23522.066	.000	1.000	23522.066	1.000
TratamientopH	155.274	2	77.637	260.501	.000	.989	521.001	1.000
Error	1.788	6	.298					

a. Calculado con alfa = .05

Tabla 20: Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos. Fuente (Arteaga, 2014).

## Comparaciones múltiples

Medida: MEASURE\_1

Bonferroni

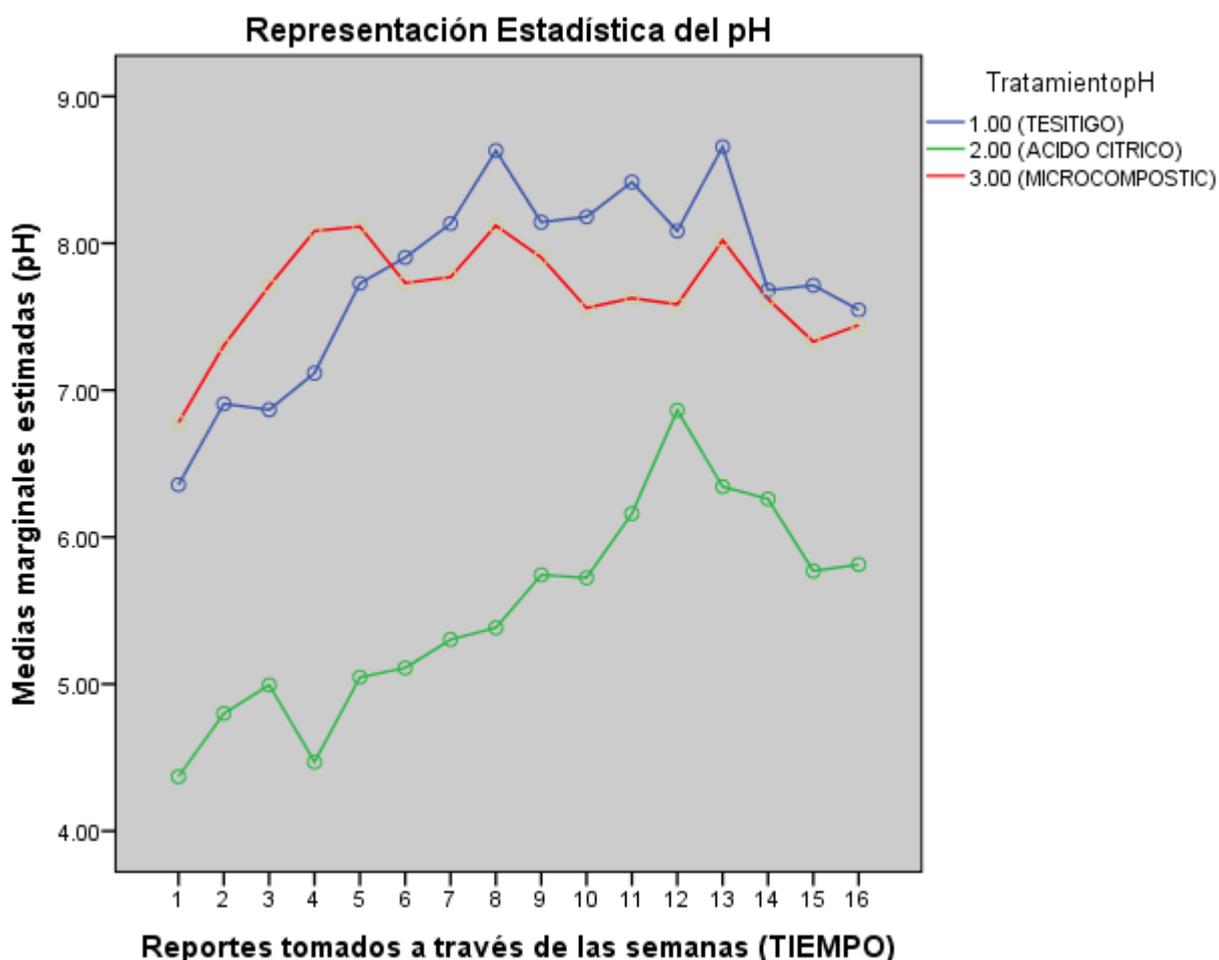
(I)TratamientopH	(J)TratamientopH	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1.00	2.00	2.2442*	.11144	.000	1.8778	2.6105
	3.00	.0852	.11144	1.000	-.2811	.4515
2.00	1.00	-2.2442*	.11144	.000	-2.6105	-1.8778
	3.00	-2.1590*	.11144	.000	-2.5253	-1.7926
3.00	1.00	-.0852	.11144	1.000	-.4515	.2811
	2.00	2.1590*	.11144	.000	1.7926	2.5253

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .019.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 21: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable pH. Fuente: (Arteaga, 2014).



*Figura 39: Representación gráfica del análisis estadístico del pH. Fuente: (Arteaga, 2014).*

- En las tablas 19, 20 y 21 podemos determinar diferencias significativas pero no muy marcadas tanto intra sujetos como inter sujetos, lo que determina un comportamiento casi constante de cada tratamiento en la variación de pH a lo largo de las semanas, lo que muestra la tabla 21 es la diferencia del tratamiento 2 versus el tratamiento 1 y 3 que no son muy diferentes entre ellos.
- En la figura 39 como en el caso de la conductividad en el eje horizontal se ve los datos tomados a través de las semanas y en el eje vertical la escala de pH tomada desde los rangos ácidos hasta rangos básicos. Se puede observar también el comportamiento de cada tratamiento a lo largo del tiempo, el tratamiento 2 tuvo indudablemente un pH menor en comparación a los análisis de pH de los otros tratamientos, esto se da por el comportamiento ácido del tratamiento 2 (ácido cítrico) en el cual varía un valor de pH aproximado desde 4,3 hasta 6,62 lo que indica que hubo condiciones de pH ácidas para el trabajo de los microorganismos en el tratamiento 2 pero es posible que ciertos microorganismos acidófilos pudieron

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

adaptarse al ácido e hicieron posible una degradación en menor grado, mientras en los otros 2 tratamientos hubo un pH apto para los microorganismos, es decir que los microorganismos degradadores pudieron sobrevivir en rangos de pH desde 6,5 hasta de 8 como rangos ideales para el desempeño óptimo de la mineralización y degradación de compuestos lignocelulósicos, la figura indica notoriamente el aumento de pH al finalizar el proceso del compostaje.

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

**TEMPERATURA****Pruebas de efectos intra-sujetos.**

Medida: MEASURE\_1

Origen		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
Temperatura	Esfericidad asumida	486.966	14	34.783	17.153	1*10e-6	.741	240.135	1.000
	Greenhouse-Geisser	486.966	3.006	161.977	17.153	.000	.741	51.567	1.000
	Huynh-Feldt	486.966	8.370	58.178	17.153	.000	.741	143.572	1.000
	Límite-inferior	486.966	1.000	486.966	17.153	.006	.741	17.153	.929
Temperatura * TratamientoTemp	Esfericidad asumida	110.527	28	3.947	1.947	.011	.394	54.504	.988
	Greenhouse-Geisser	110.527	6.013	18.382	1.947	.128	.394	11.704	.557
	Huynh-Feldt	110.527	16.741	6.602	1.947	.036	.394	32.587	.913
	Límite-inferior	110.527	2.000	55.264	1.947	.223	.394	3.893	.262
Error(Temperatura)	Esfericidad asumida	170.342	84	2.028					
	Greenhouse-Geisser	170.342	18.038	9.443					
	Huynh-Feldt	170.342	50.222	3.392					
	Límite-inferior	170.342	6.000	28.390					

a. Calculado con alfa = .05

*Tabla 22: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento. Fuente: (Arteaga, 2014).*

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

## Pruebas de los efectos inter-sujetos

Medida: MEASURE\_1

Variable transformada: Promedio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
Intersección	80926.476	1	80926.476	27602.317	.000	1.000	27602.317	1.000
TratamientoTemp	190.553	2	95.276	32.497	.001	.915	64.993	1.000
Error	17.591	6	2.932					

a. Calculado con alfa = .05

Tabla 23: Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos. Fuente (Arteaga, 2014).

## Comparaciones múltiples

Medida: MEASURE\_1

Bonferroni

(I)TratamientoTemp	(J)TratamientoTemp	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1.00	2.00	2.4278*	.36098	.002	1.2411	3.6145
	3.00	-.1758	.36098	1.000	-1.3625	1.0109
2.00	1.00	-2.4278*	.36098	.002	-3.6145	-1.2411
	3.00	-2.6036*	.36098	.001	-3.7903	-1.4169
3.00	1.00	.1758	.36098	1.000	-1.0109	1.3625
	2.00	2.6036*	.36098	.001	1.4169	3.7903

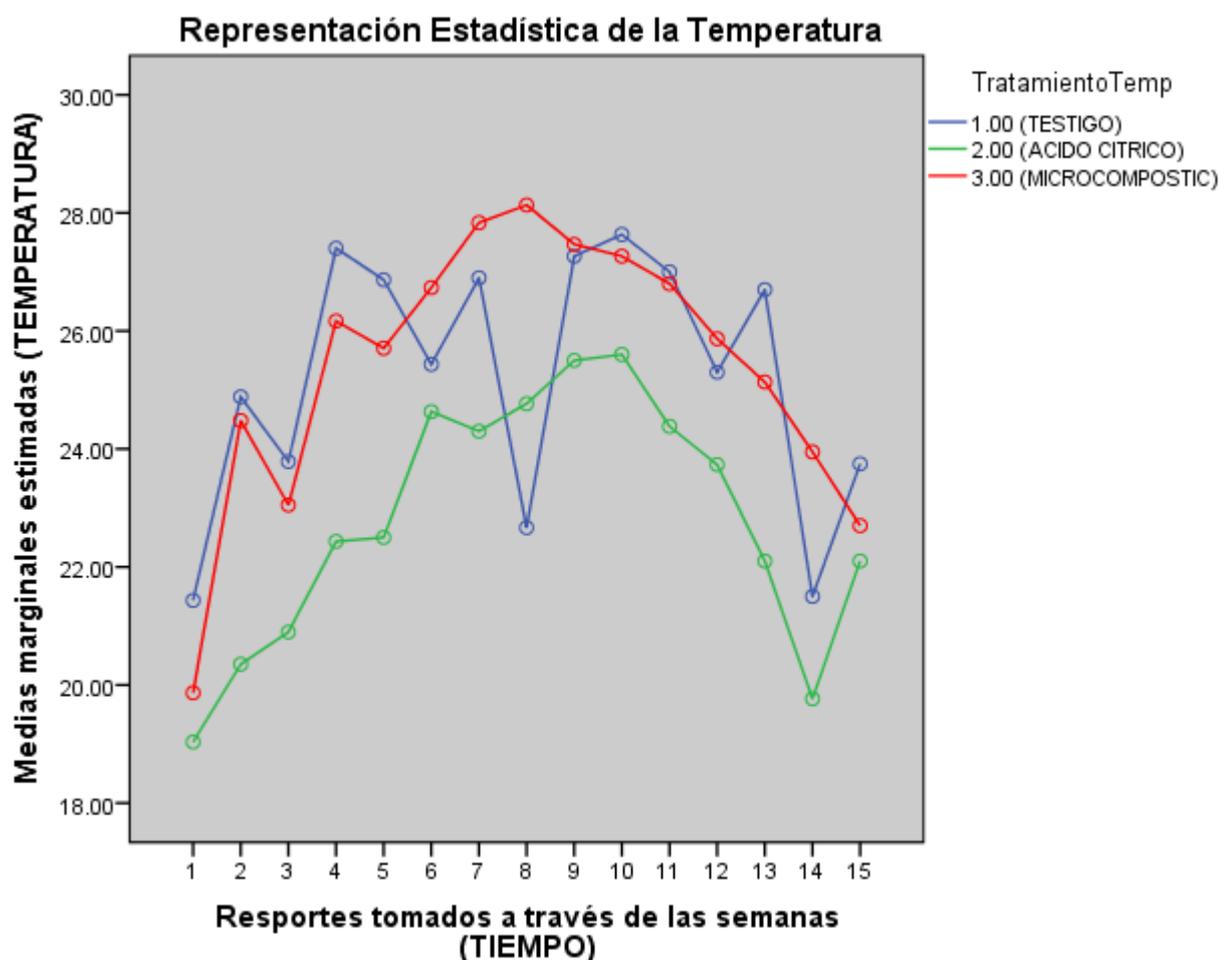
Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .195.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 24: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable Temperatura.

Fuente: (Arteaga, 2014).



*Figura 40: Representación gráfica del análisis estadístico de la temperatura. Fuente: (Arteaga, 2014).*

- En la tabla 22 se muestra claramente grandes diferencias a lo largo del tiempo dentro de cada tratamiento, ahora considerando los niveles de tratamiento se muestra que hay diferencias significativas en el avance del tiempo pero no muy marcadas.
- En la tabla 23 se muestra poca diferencia entre tratamientos y corroborando con la tabla 24 si hay poca diferencia en el tratamiento 2 q posee una temperatura menor a los otros tratamientos.
- En la figura 40 se muestra las variaciones de temperatura con respecto al tiempo, en el eje de las x se recolectaron quince datos en de cada tratamiento y en el eje de las y se muestra los rangos de temperatura que fueron desde los 18 grados C hasta los 30 grados.
- Se utilizó una curva patrón para así ver las variaciones de temperatura de cada tratamiento. Existe un comportamiento casi similar entre los tres tratamientos, formando así prácticamente una curva en la cual indica claramente las diferentes fases de los procesos de compostaje (Jaramillo, 2005). Lo q se pudo observar es

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

que la curva mejor dibujada fue la del tratamiento 3 utilizando microcompostic, esto se dio por el aumento de comunidades microbianas degradadoras de materia orgánica en donde en el punto más alto se puede ver que llega casi a 30 grados y por lo tanto una degradación principalmente de compuestos que tienen hemicelulosa y celulosa en su estructura química, lo que también muestra la figura es que no llegaron a temperaturas de maduración del compost posiblemente por las condiciones ambientales adversas.

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

**HUMEDAD****Pruebas de efectos intra-sujetos.**

Medida: MEASURE\_1

Origen		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
HUMEDAD	Esfericidad asumida	5853.238	8	731.655	92.013	1*10e-6	.939	736.105	1.000
	Greenhouse-Geisser	5853.238	3.758	1557.548	92.013	.000	.939	345.784	1.000
	Huynh-Feldt	5853.238	8.000	731.655	92.013	.000	.939	736.105	1.000
	Límite-inferior	5853.238	1.000	5853.238	92.013	.000	.939	92.013	1.000
HUMEDAD * TratamientoHumedad	Esfericidad asumida	709.018	16	44.314	5.573	2*10e-6	.650	89.166	1.000
	Greenhouse-Geisser	709.018	7.516	94.335	5.573	.001	.650	41.886	.991
	Huynh-Feldt	709.018	16.000	44.314	5.573	.000	.650	89.166	1.000
	Límite-inferior	709.018	2.000	354.509	5.573	.043	.650	11.146	.627
Error(HUMEDAD)	Esfericidad asumida	381.679	48	7.952					
	Greenhouse-Geisser	381.679	22.548	16.927					
	Huynh-Feldt	381.679	48.000	7.952					
	Límite-inferior	381.679	6.000	63.613					

a. Calculado con alfa = .05

*Tabla 25: Pruebas estadística intra-sujetos, es decir dentro de cada tratamiento. Fuente: (Arteaga, 2014).*

## EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

## Pruebas de los efectos inter-sujetos

Medida: MEASURE\_1

Variable transformada: Promedio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad Parámetro	Potencia observada <sup>a</sup>
Intersección	302473.112	1	302473.112	10830.162	.000	.999	10830.162	1.000
TratamientoHumedad	404.664	2	202.332	7.245	.025	.707	14.489	.744
Error	167.573	6	27.929					

a. Calculado con alfa = .05

Tabla 26: Prueba de efectos Inter-sujetos, es decir entre tratamientos. Fuente (Arteaga, 2014).

## Comparaciones múltiples

Medida: MEASURE\_1

Bonferroni

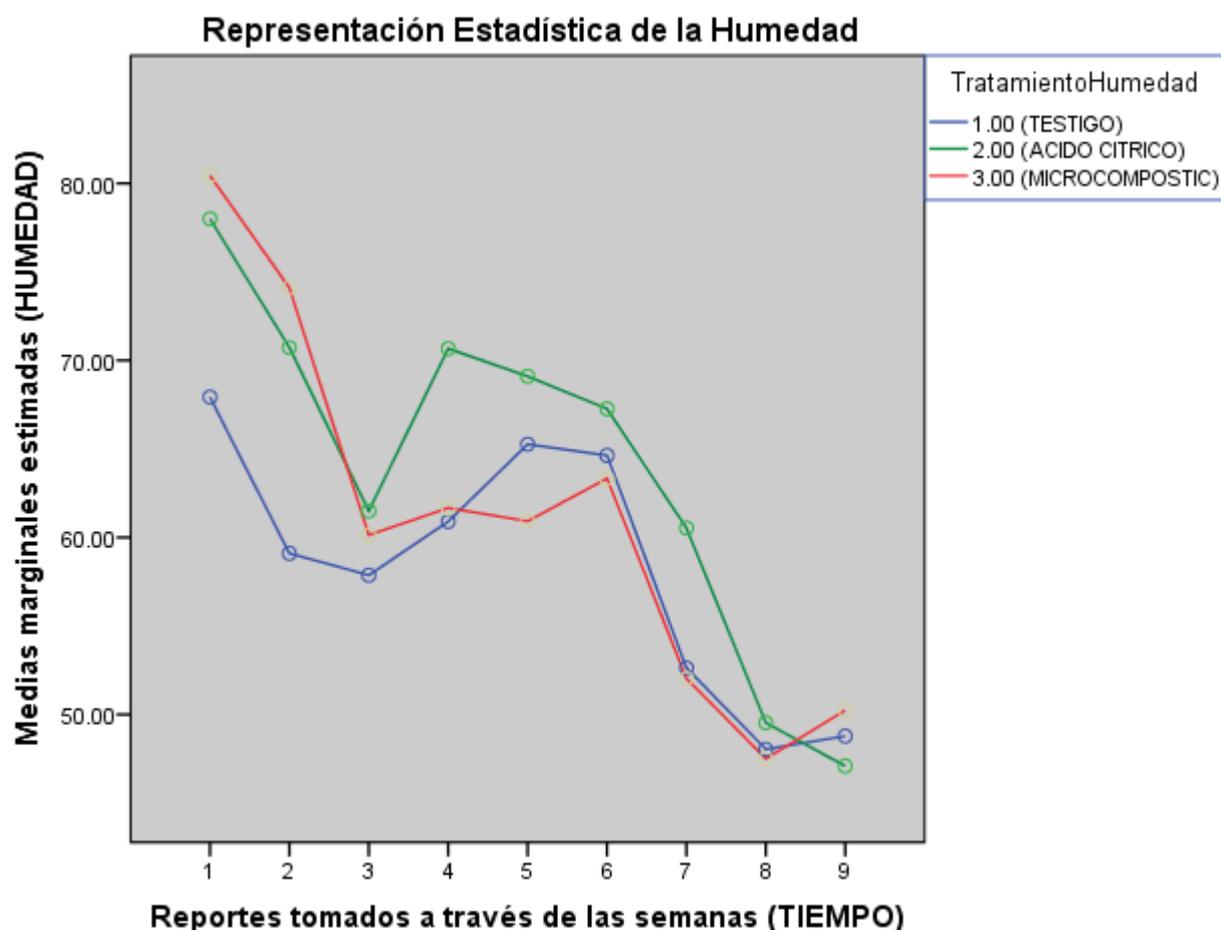
(I) TratamientoHumedad	(J) TratamientoHumedad	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1.00	2.00	-5.4744*	1.43833	.027	-10.2029	-.7460
	3.00	-2.8019	1.43833	.298	-7.5303	1.9266
2.00	1.00	5.4744*	1.43833	.027	.7460	10.2029
	3.00	2.6726	1.43833	.338	-2.0559	7.4010
3.00	1.00	2.8019	1.43833	.298	-1.9266	7.5303
	2.00	-2.6726	1.43833	.338	-7.4010	2.0559

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 3.103.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 27: Prueba de Bonferroni, es la prueba que analiza cuál de los tratamientos es el responsable de las diferencias en el comportamiento de la variable Humedad. Fuente: (Arteaga, 2014).



*Figura 41: Representación gráfica del análisis estadístico de la Humedad. Fuente: (Arteaga, 2014).*

- El comportamiento de la humedad a lo largo de las semanas fue muy marcado en la prueba de intra sujetos como explica la tabla 25, existen grandes diferencias dentro de cada tratamiento a lo largo de las semanas.
- Considerando los niveles del tratamiento no se observa grandes diferencias pero la tendencia es muy marcada con se observa en la figura 41.
- La prueba inter sujetos por el contrario no tiene diferencias estadísticamente significativas, es decir tiene pero muy bajas diferencias, las mayores diferencias son las del tratamiento 1 versus el tratamiento 2 pero aun así no son muy marcadas. Véase tablas 26 y 27.
- En la figura 41 se muestra la disminución de la humedad a lo largo del tiempo en el eje horizontal las nueve muestras analizadas en las semanas mientras que en el eje vertical los rangos de 50% hasta 80% de humedad. Evidentemente se observa un decrecimiento de la humedad en todas las parcelas de manera similar a lo largo del tiempo, este comportamiento se fue dando a medida que

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

pasaron los días pero se observó también que de la cuarta medición a sexta medición hay un ligero aumento de humedad, probablemente producido por las condiciones ambientales a las que el experimento fue expuesto.

- De los resultados obtenidos en esta variable se pudo determinar que los tres tratamientos de alguna u otra manera tuvieron una menor humedad y por lo tanto una mayor bio-transformación de la materia orgánica y menor putrefacción del sustrato. Además este proceso confirmó la presencia de bacterias aerobias para la degradación por el hecho de disminuir la humedad y estabilizarse aproximadamente en el 45% obteniéndose así un compost no muy húmedo y rico en nutrientes. En esta variable no hubo mucha variabilidad entre tratamientos.

## CAPITULO IV

### 4. DISCUSIÓN.

Es importante señalar que con los datos obtenidos a lo largo del tiempo en este estudio se deduce que el estado de degradación que cada una de las variables aportaron en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos provenientes del DMQ, además todos los datos de las variables obtenidas se trataron de controlar de manera óptima con el objeto de que se realice una degradación óptima tanto en el tratamiento testigo como en las dos variantes del tratamiento que son el tratamiento con el ácido cítrico y el tratamiento con el complejo microbiano llamado microcompostic, producido por los laboratorios de Agrodiagnostic.

Analizando generalmente los resultados estadísticos casi en todas las variables el tratamiento con mayor aproximación a ser el mejor tratamiento utilizado en el compost fue del de tratamiento 3 (microcompostic) debido a los datos robustos que determinaron una mejor degradación y un mejor control de cada variable a través de las semanas.

Al realizar la comparación de cada tratamiento en cada variable se deduce que resulta estadísticamente significativa las diferencias del tratamiento 3 versus los tratamientos 1 y 2, especialmente en la variable dependiente que es la relación de C/N llegando a valores adecuados para una óptima degradación del sustrato utilizado en este estudio.

Notoriamente es un hecho que los efectos del producto en el tratamiento 3 aportaron en gran medida resultados positivos para la bio-transformación del sustrato, mediante el ANOVA se pudo determinar de manera confiable todo el comportamiento a través del tiempo del tratamiento 3 versus los demás tratamientos.

Si bien es cierto se obtuvo un compost de mayor calidad utilizando el tratamiento con microcompostic que con los otros dos tratamientos respondiendo una de las hipótesis planteadas en el experimento, pero en una de las variables (conductividad) fue influenciada por los efectos del tratamiento 2, según resultados estadísticos hubo un mejor comportamiento de dicha variable a lo largo del tiempo en el tratamiento que se colocó el Ácido Cítrico.

Corroborando con el estudio de Rosal et al (2012) el tratamiento 2 presentó bajos niveles de Conductividad eléctrica (CE), fue debido a que las moléculas del ácido reemplazaron a

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

las moléculas de ciertos metales pesados consecuentemente lo que muestra una conductividad baja en comparación con los otros tratamientos, entonces se podría decir que el tratamiento con Ácido Cítrico tubo mayor éxito en esta variable, pero en las otras variables no hubo significancia según análisis estadísticos lo que indica que al aplicar ácido se pudo haber eliminado poblaciones de microorganismos necesarios para la correcta degradación.

La variable de peso fue constante hasta etapas posteriores de la aplicación de los tratamientos e indico que los menores pesos se ubicaron en los tratamientos donde no se aplicó nada (Testigo) y en el que se aplicó el Microcompostic, dejando en claro que en realidad hubo una mayor efecto de los tratamientos en degradar materia orgánica lignocelulosica y obtener una mayor cantidad de compost que se encuentra en forma de tierra.

En la temperatura hubo una tendencia parecida en todos los tratamientos, sin embargo en el tratamiento utilizando Microcompostic según los análisis estadísticos se observó que la curva dibujada a lo largo del tiempo se pareció mucho a la curva de fases del compost descrita por (Jaramillo, 2005), pero lo que se discute es los rangos más altos de temperatura obtenidos en todos los tratamientos teniendo en el pico más alto temperaturas hasta casi los 30 grados, esto quiere decir temperaturas no muy altas tal vez por la aplicación de los tratamientos que son sustancias liquidas y con temperaturas bajas, también por la presencia de lixiviados que influenciaba a que la temperatura no aumente o también por los factores ambientales q afectaron a la degradación.

La Relación C/N hubo una buena relación al final del proceso especialmente por parte del Microcompostic que llegó hasta 22,13/1,22 pero casi llegó al óptimo propuesto por (Franco, 2003), el cual es de relación C/N de 25/1, lo que pone en discusión es que la relación 25/1 es la adecuada para degradar materia orgánica por parte de los microorganismos y eso fue por el alto contenido inicial de nitrógeno de las muestras de residuos obtenidas, al pasar el tiempo el nitrógeno fue desprendido en forma de amonio.

El volteo que se realizó dos o tres veces al día fue el óptimo para que la humedad vaya descendiendo a través de las semanas, evitando que se pudra la materia orgánica y por lo tanto malos olores producidos por microorganismos anaerobios.

El tiempo de degradación fue de aproximadamente un mes y medio en donde analizando cada variable se pudo obtener resultados favorables y así comprobar una de las hipótesis

planteadas lo que entra en discusión es que con más tiempo se podía haber degradado más materia orgánica especialmente del tratamiento en el que se aplicó el Ácido Cítrico, porque particularmente en estas camas es en donde hubo mayor cantidad de materia orgánica sin degradar y por lo tanto menor cantidad de compost.

En el parámetro tamaño de partícula se observaron resultados positivos ya que si hubo una disminución de tamaño de la materia orgánica, debido a la bio-transformación de los residuos en un compost (humus) rico en nutrientes y con poco contenido de lignina.

Es importante señalar que desde el comienzo del experimento hasta el final, el tipo de residuo que se muestreo varió mucho, es decir se obtuvieron muestras que contenían alto contenido de materia orgánica y eso fue fundamental para el trabajo de los microorganismos, por otro lado fue estrictamente necesario realizar algunos agujeros en cada recipiente para evitar que se pudra la materia orgánica por la alta acumulación de lixiviados, además de forrarlos con plástico negro los recipientes para evitar el contacto directo de los residuos con la base de las camas porque éstas eran metálicas e impedían el trabajo óptimo de los microorganismos aerobios.

#### **4.1.CONCLUSIONES.**

En el experimento se puede concluir varias situaciones presentadas y comportamientos que fueron observados dentro de cada tratamiento y además en comparación entre tratamientos.

- Las pruebas estadísticas presentadas en este estudio fueron modelo para revisar las diferencias significativas de los tratamientos y así probar cuál fue el de mayor éxito.
- Según resultados estadísticos a las repeticiones donde se colocó el tratamiento 2 con ácido cítrico no tuvo efectos positivos de una adecuada descomposición de la materia orgánica, pero lo importante fue que elimino el contenido de Metales Pesados detectado mediante la conductividad eléctrica.
- El tratamiento que tuvo mejores efectos tanto estadísticos como analíticos de descomposición adecuada de materia orgánica fue el tratamiento 3 en el que se aplicó el microcompostic cumpliendo los objetivos planteados en este estudio así como también una de las hipótesis formulada.

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

- Al finalizar el proceso todos los tratamientos tuvieron una humedad baja indicando una buena maduración del compost y por lo tanto un buen trabajo del volteo (aireación).
- La variable dependiente la cual es la relación C/N resultó estadísticamente significativa a través de las semanas llegando a 22,13/1,22 de relación C/N muy cercano al adecuado 25/1, este valor se logró utilizando el tratamiento con bacterias que a su vez potencializó la degradación de materia orgánica, haciendo más disponible el carbono como energía y perdiendo las altas cantidades de nitrógeno en forma de amoníaco.
- Los pH a lo largo del tiempo se incrementaron en todos los casos llegando a valores de 8,5, deduciendo un trabajo de mineralización por parte de los microorganismos.
- Los tratamientos testigo y microcompostic tuvieron un pH prácticamente constante mientras que el de ácido varió siendo más ácido que los otros en lo que demuestra una alta actividad microbiana en el compost Testigo y microcompostic, mientras que en el ácido existió una alta actividad bioquímica.
- La temperatura no tuvo incidencia entre los tratamientos pese a las bajas temperaturas del proceso (38 °C) por las condiciones ambientales adversas.
- Se determina una buena mineralización de los microorganismos hacia los compuestos lignocelulósicos, bio-transformando de manera eficiente los residuos en un sustrato con una mejor biodisponibilidad.
- Finalmente se puede determinar que el compost obtenido de los tres tratamientos fue un compost rico en nutrientes y se lo podría aplicar a suelos pobres y bajos en nutrientes potencializándolo y haciendo que hay un buen crecimiento de cultivos.

### 4.2.RECOMENDACIONES.

- Utilizar el tratamiento basado en microcompostic para tener una buena degradación de materia orgánica y transformarla en una compost rico en nutrientes.
- Bajar concentraciones de ácido cítrico para evitar alterar la microbiota degradadora y potencializar la degradación obteniendo un compost rico en nutrientes.
- Realizar propuestas para una preclasificación de residuos en las estaciones de transferencia.

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

- Para una buena degradación es necesario mantener el compost en un lugar fresco y seco sería mejor en una infraestructura que permita la formación de pilas, recolección de lixiviados y controladas condiciones ambientales.
- Dejar por más tiempo los tratamientos para mejores resultados de degradación.
- Evitar posibles focos de contaminación al medir cada variable, es decir evitar utilizar material de laboratorio sucio por posibles contaminaciones.
- Tener en cuenta el análisis microbiológico de las muestras con el fin de determinar cuál es la comunidad fúngica y bacteriana responsable de la degradación de material lignocelulósico.
- Continuar con más investigaciones de cómo tratar residuos lignocelulósicos, de manera que se estandaricen más tecnologías y metodologías aptas para el manejo correcto de los residuos desde su disposición hasta su aprovechamiento en el DMQ.
- Realizar un análisis previo de las muestras para determinar el grado de bio-transformación de los RSUO.
- Sería de gran importancia incrementar el interés en saber aprovechar los residuos sólidos ya que traerían beneficios tanto ambientales como económicos y aportando al desarrollo del DMQ.
- Investigar más en el campo de la Biotecnología para determinar más avances de bio-conversión de sustratos no solo para el campo de la agricultura, sino también para otros campos como son la biorremediación de HAP's (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos), en la industria petrolera, así como también en la degradación de lignina para la elaboración de pasta de papel en la industria papelera y en la generación de biocombustibles en la industria energética.
- Se recomienda potencializar estudios de microbiología y biotecnología y metabolismo para entender de mejor manera las rutas metabólicas de degradación de residuos por parte de microorganismos, eliminando el uso de químicos perjudiciales con el ambiente.
- Se recomienda seguir con este trabajo y aplicar el compost en suelos pobres de nutrientes para determinar cuál de los tratamientos realmente funcionó en el suelo tornándolo fértil para los cultivos.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ✓ Abad, M. & Puchades, R. (2002). *Compostaje de residuos orgánicos generados en la hoya de buñol con fines agrícolas*. Ed. Asociación, Valencia-España. Pp.: 348-401.
- ✓ Alcocer, G; Cuascoto, A (2011). *Diseño Económico de una Compostera para Desechos de Flores*. UEB (Universidad Estatal de Bolívar).
- ✓ Arrollave, S, vahos, M (1999) *Evaluación del proceso de compostaje producido en un tanque birreactor piloto por medio de bioaumentación*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- ✓ Association of Swiss Compost Plants ACSP (2001). *Quality Criteria for Compost and Digestates from Biodegradable Waste Management*.
- ✓ Avendaño D. (1999). EL Proceso del Compostaje. Universidad Católica de Chile, Tesis de Grado Ingeniería Agrónoma. Disponible en: <[http://www.puc.cl/agronomia/d\\_investigación/Proyectos/ProyectosTitulos/pdf/DaniellaAvendaño.pdf](http://www.puc.cl/agronomia/d_investigación/Proyectos/ProyectosTitulos/pdf/DaniellaAvendaño.pdf)>
- ✓ Behr Labor Technik GmbH. *Nitrogen determination by the Kjeldahl method*. Düsseldorf.
- ✓ Cabrera, J (2006). *Empresa Metropolitana de Aseo (EMASEO)*. Quito-Ecuador, tomado de: Hidalgo, D (2006). *Aislamiento, Identificación y Caracterización de microorganismos con capacidad enzimática en procesos de compostaje en fase termófila*. Tesis de Grado.
- ✓ Carballo, I, Arteaga, Y (2010). Degradación de hemicelulosas maderas. Extraído de: Cortines. *V Comparación de pre-tratamientos en residuos forestales para la producción de bioetanol de segunda generación: hidrólisis ácida y líquidos iónicos*. Universidad de Chile. Tesis de Grado.
- ✓ Carrillo, L (2003). *Microbiología Agrícola. Actividad Microbiana*. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Salta. Disponible en: <<http://www.unsa.edu.ar/matbib/micragri/micragricap3.pdf>>
- ✓ Clavijo A (2002). *Fundamentos de química analítica. Equilibrio iónico y análisis químico*. Universidad Nacional de Colombia, Disponible en: <http://books.google.com.ec>.
- ✓ Climent, M.D et al (1996). *El Compost de Residuos Sólidos Urbanos. Explotación y características* Ediciones LAV S.L., Valencia-España. Pp.: 564-569.
- ✓ Coral, K (2012). *Control de la Contaminación de Aguas Residuales*. Universidad Internacional SEK. Facultad de Ciencias Ambientales.
- ✓ Dalzell et al. (1981). *Factores que Influyen en el Proceso de Compostaje de Residuos*. Disponible en: [http://www.infoagro.com/hortalizas/factores\\_influyen\\_compostaje\\_residuos.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/factores_influyen_compostaje_residuos.htm)
- ✓ De la Torre, F (2009) *Gestión Integral de los RSU del DMQ*. Revista de Casos Exitosos de Programas de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe.
- ✓ Del Río, J (2005). *Valorización de productos agroforestales para la fabricación de pasta de papel: Caracterización química y modificación estructural de sus constituyentes en los procesos de cocción y blanqueo* Sevilla-España Proyecto AGL2005-01748. Disponible en: <http://www.irnase.csic.es/users/delrio/web-Proy-AGL2005-01748/Proyecto.htm>

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

- ✓ Dowley y Wearden (1991), *Diseño experimental del cuadrado latino y análisis de Varianza*. Disponible en: [www.ub.edu/deia/Temari\\_archivos/6\\_diseny\\_experimental.ppt](http://www.ub.edu/deia/Temari_archivos/6_diseny_experimental.ppt)
- ✓ Dueñas, D (2012). *Valoración físico-química de los residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito con fines de aprovechamiento energético y reducción de gases de efecto invernadero*. Universidad Internacional SEK. Tesis de grado.
- ✓ Empresa Metropolitana de Aseo. (EMASEO). (2014) *Contenerización Soterrada de la basura y Clasificación de residuos en el DMQ*. Disponible en: [http://www.noticiasquito.gob.ec/Noticias/news\\_user\\_source/empresa\\_publica\\_metr\\_opolitana\\_de\\_aseo--10032](http://www.noticiasquito.gob.ec/Noticias/news_user_source/empresa_publica_metr_opolitana_de_aseo--10032)
- ✓ Forster, T. (2005). *Digestión anaerobia termofílica seca de residuos sólidos urbanos: estudio de las variables del proceso en el arranque y estabilización del bio-reactor*. Ed. Cádiz Disponible en: [http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/biogas/file/docs/artigos\\_dissertacoes/foster\\_carneiro.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/biogas/file/docs/artigos_dissertacoes/foster_carneiro.pdf). Acceso: 12 mayo 2012.
- ✓ Franco, M (2003). *Bioquímica de la Degradación de Compuestos Celulósicos*. Microbiología Ambiental. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- ✓ Gaceza, P (1996). *Tecnología de las Enzimas*. Acribia S.A. Extraído de: Cerón, M et al (2009). *Enzimas en la Industria Alimentaria*. Ed. Reciteia. Universidad del Valle. Cali-Colombia.
- ✓ Gaggero, E, Ordoñez. M (2005). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. Buenos Aires.
- ✓ Galindo. A, Morales. A (1987). *Pre-tratamiento de residuos Lignocelulosicos para una mejor Digestibilidad*. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. Pp.: 231-234.
- ✓ Garcés, K (2014). *Información del Complejo Bacteriano Microcompostic*. Laboratorios AGRODIAGNOSTIC.
- ✓ García, L et al. (2012). *Degradación de Celulosa en Desechos Orgánicos Domésticos en los Estratos Sociales 1 Y 2 Utilizando Aspergillus Niger*. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad del Valle Cali- Colombia. Pp. 27-32
- ✓ Gordillo, F; Chávez, G (2012). *Evaluación Comparativa de la Calidad del Compost*, ESPOL (Escuela Politécnica del Litoral).
- ✓ Grant, F (1981). *Enzimas Celulasas, Rutas Metabólicas*. Extraído de: Franco, M (2003). *Bioquímica de la Degradación de Compuestos Celulósicos*. Microbiología Ambiental. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- ✓ Hach, J (1999). *Digesdahl Digestion Apparatus. Models 23130-20, -21. Instrument Manual*. Loveland: Hach Company. Disponible en: <http://www.hach.com/asset-get.download-en.jsa?id=7639982427>.
- ✓ Harris, Daniel C. *Análisis Químico Cuantitativo*. México, D.F.: Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., 1992.
- ✓ Hidalgo, D (2006). *Aislamiento, Identificación y Caracterización de microorganismos con capacidad enzimática en procesos de compostaje en fase termófila*. Escuela Politécnica del Ejército (ESPE). Tesis de Grado.
- ✓ Houghton, J., Weatherwax, S. & Ferrell, J. (2006). *Breaking the Biological Barriers to Cellulosic Ethanol: A joint Research Agenda*. EUA: US Dep. Energy.
- ✓ Howard, A. (2009). *Microorganisms in the Compost*. Rev. Agriculture of waste London, Vol.: 231. Pp.: 2245-2249.

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

- ✓ Jaramillo, M (2005). *Primer simposio sobre biofábricas: Biología y aplicaciones de la célula cultivada*. Medellín. Pp. 3-7.
- ✓ Jaramillo, G, Zapata, L (2008). *Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia*. Facultad de ingeniería universidad de Antioquia Colombia
- ✓ Kirt, T (1983). *Degradation and Conversion of lignocelluloses: The filamentous fungi*. London. Vol.: 4. Pp.: 266-295.
- ✓ Koneman, E. (2008). *Microbiological Diagnosis* Ed. Medical and Panamerican pp. 408-409.
- ✓ Landín, C *et al* (1993). *Manejo de los Desechos Sólidos en el Ecuador*. Ed. Nina Comunicaciones. Quito- Ecuador. Pp.265
- ✓ Lessard *et al* (2005). *Elevated Atmospheric Carbon Dioxide Increases Organic Carbon Fixation By *Emiliana Huxleyi* (Haptophyta), Under Nutrient-Limited High-Light Conditions*. Tomado de: Orellana, D (2012). *Análisis de residuos sólidos urbanos del DMQ para cuantificación de carbono y metano como gas de efecto invernadero*. Universidad Internacional SEK, Tesis de Grado.
- ✓ Levin, L (1998) *Biodegradación por materiales lignocelulosicos por *Trametes trogii**. Tesis Doctoral Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- ✓ Maldonado, R. (2003). *Establecimiento de una composta comunitaria en San Andrés Cholula y determinación del efecto de sus lixiviados en un cultivo de girasol (*Helianthus annuus*)*. Universidad de las Américas Puebla. Tesis de Grado. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/laec/maldonado\\_z\\_r/apendiceJ.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/laec/maldonado_z_r/apendiceJ.pdf).
- ✓ Martindale, J (2003). *Guía completa de consulta farmacoterapéutica*. Primera Edición.
- ✓ Metzger, P (1996). *El Medio Ambiente Urbano en Quito*, Ed. Polar, Quito-Ecuador. Pp.: 179.
- ✓ Nasir, I, Mohd, T, Rozita, O (2012) *Production of biogas from solid organic wastes through anaerobic digestion: a review*. *Appl Microbiology Biotechnology* Vol. 95. Pp.321–329
- ✓ Orellana, D (2012). *Análisis de residuos sólidos urbanos del DMQ para cuantificación de carbono y metano como gas de efecto invernadero*. Universidad Internacional SEK, Tesis de Grado.
- ✓ 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*. Escuela Politécnica del Ejército (ESPE). Tesis de Grado.
- ✓ Pérez, M (2009). *Estudio y desarrollo de técnicas respirométricas para el control de la estabilidad del compost*. Universidad de Córdoba, Disponible en: <http://hdl.handle.net/10396/366>. Acceso 31 marzo 2012.
- ✓ Pérez, O. & Ponce, T (2011). *Purificación de una Enzima de *Cellulomonas Flavigena* y su Caracterización*. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería, México, D.F pp. 230-233.
- ✓ Pearsson, G (2008). *Handbook for Kjeldahl Digestion. A recent review of the classical method with improvements developed by FOSS*. Fourth Edition, Disponible en: <http://www.foss.dk/~media/Files/Documents/Industry%20solution%20documents/Papers/CA/HandbookforKjeldahlDigestion.ashx>.

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

- ✓ Ponce, T. y Pérez, O. (2002) “*Celulasas y xilanasas en la industria*”, Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav.
- ✓ Raviv, M. (1998). *Composted Material for Different Agricultural Uses*. Acta Horticulturae Pp.: 225-234. Disponible en: <<http://www.hindawi.com/journals/tswj>>
- ✓ Rodríguez, J et al (1990). *Posibilidades tecnológicas de aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos*, Ingeniería Química, mayo, pp. 191-103
- ✓ Rosal, et al. (2012). *Técnicas desarrolladas para la implementación de ácidos en compost*, Disponible en: <http://www.upo.es/fder/contenido?pag=/portal/upo/noticias/2012/1019>
- ✓ Rubín, E. M. (2008). “*Genomics of cellulosic biofuel*”. Nature Reviews, 454, 841-845, extraído de Castro. C, Valverde. L, López. O (2009) *Biocombustibles: biomasa lignocelulósica y procesos de producción*. Ideas Concyteg. Pp. 1249-1256.
- ✓ Sakurai, K (1981) *Manual de Instrucción. Programa Regional OPS/EHP/CEPIS de mejoramiento de la recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos*. Ciclo Aspectos básicos del servicio de aseo, Módulo Análisis de residuos sólidos.
- ✓ Sandoval, L (2012). *Estudio de las Cualidades Nutritivas de Cuatro Tipos de Sustratos para el Cultivo de Champiñones*. PUCE (Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede IBARRA).
- ✓ Sasikumar. L, Sanoop, F (2008). Treatment of Waste review extraído de: Jaramillo. G, Zapata. L *Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia*. Facultad de ingeniería universidad de Antioquia Colombia.
- ✓ Sauri M. et al. (2002). *Aplicación del composteo como método de tratamiento de los residuos de frutas producidos en zonas de alta generación*. Universidad Autónoma de Yucatán. Artículo de Investigación. Pp.: 13-20.
- ✓ Sztern et al. (2012). *Manual Para La Elaboración De Compost Bases Conceptuales Y Procedimientos*. OMS. (Organización Mundial de Salud) Panamericana. Tomado de: <http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/630/1/LISTH%20CARMEL%20REVELO%20VELASCO.pdf>
- ✓ Trejo, R (1994). *Procesamiento de la Basura Urbana*. Ed. Trillas S. A de C. V México D.F.
- ✓ US Environmental Protection Agency. (EPA). (2001) *Method 1687. Total Kjeldahl Nitrogen in Water and Biosolids by Automated Colorimetry with Preliminary Distillation/Digestion*. Washington, D.C. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Science and Technology, Engineering and Analysis Division. Disponible en: [http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/bioindicators/upload/2008\\_11\\_25\\_methods\\_method\\_biological\\_1687-bio.pdf](http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/bioindicators/upload/2008_11_25_methods_method_biological_1687-bio.pdf). Acceso: 31 marzo 2012.
- ✓ Vargas, M. Suárez, F. López, M. Moreno, J. (2007). *In vitro Studies on lignocellulose degradation by microbial strains isolated from composting processes*. International Biodeterioration & Biodegradation, Vol.: 59, 4, Pp.: 322-328.
- ✓ Viera. W, et al (2005). *Determinación de la Calidad Microbiológica del Compost para la Producción Ecológica de Cultivos en la Región Interandina*. Operación Temática INIAP. Disponible en: [http://www.google.com.ec/search?hl=es&q=celulolitic+compost&meta=1r%3Dlang\\_es](http://www.google.com.ec/search?hl=es&q=celulolitic+compost&meta=1r%3Dlang_es).

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

- ✓ Wang, J *et al* (2002) *Efficient Cellulase Production from Corn Straw by Trichoderma Reesei LW1 through Solid State Fermentation Process*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). pp.19: 23-33. Extraído de: Paredes, D *et al* (2010). *Obtención de Enzimas Celulasas por Fermentación Sólida de Hongos para ser Utilizadas en el Proceso de Obtención de Bioalcohol de Residuos del Cultivo de Banano* Universidad Tecnica de Ambato (UTA). Revista Científica ESPOL. Vol. 23 Pp.: 81-83.
- ✓ Ysambertt. K, *et al.* (2009). *Reacciones de esterificación-sulfonación asistidas por microondas de ligninas kraft: Influencia de los cambios estructurales sobre la tensión superficial*. Laboratorio de Electrónica Molecular. Departamento de Química, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela. Pp.: 1315-2773.
- ✓ Zethner, G *et al.* (2002). *Qualität von Abfällen aus Biogasanlagen*. Viena: Umweltbundesamt GmbH, 2002. Disponible en: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M160.pdf>.

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

## 6. ANEXOS.

Quality criteria for composts and digestates from organic waste management

05.04.2001

### Summary table for the different qualities of composts and digestates from biodegradable waste

Criteria	Agricultural use		Compost for horticultural use	Compost for covered cultures and private gardening
	Digestate	Compost		
Minimal quality	Complies with minimal quality requirements according to (FAC 1995)			
Heavy metals	< Osubst limits			
Impurities	Complies with minimal quality requirements according to (FAC 1995)			
Hygienization	Fulfilled	Complies with minimal quality requirements according to (FAC 1995), with temperature protocol		
Nutrients: N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg, Ca	X	X	X	X
Decomposition	Feedstock unrecognisable, except for wood			
DW (Dry matter)	X	X	> 50 %	> 55 %
OM (Organic matter)	X	X	< 50%	< 40 %
pH	X	X	< 8,2	< 7,5
particle size	X	X	< 25 mm	< 15 mm
Bulk density	X	X	X	X
Colour of extract (humus number)	recommended			
Salinity	X	X	< 4 mS/cm	<2.5 mS/cm
Total N	X	X	> 10 g/kg DW	> 12 g/kg DW
C/N ratio	X			
NH <sub>4</sub> -N	X	< 300 mg/kg FW		
NO <sub>3</sub> -N	X	X	> 40 mg/kg FW	> 50 mg/kg FW
NO <sub>3</sub> -N / NH <sub>4</sub> -N ratio	>2			
NO <sub>3</sub> -N	< 5 mg/kg FW			
Germinating weed seeds	< 1 per litre			
Plant compatibility:				
Cress (open)	> 70 % of ref.			
Cress (closed)	> 25 % of ref.			
Salad	> 50 % of ref.			
Bean	> 70 % of ref.			
Ray grass	> 70 % of ref.			
Disease suppressivity test	recommended			

Shaded cells: minimal requirements

X: must be specified

*Anexo 1: Referencias de diferentes calidades de compost mediante los valores adecuados para degradación de residuos. Fuente: (ASCP, 2001).*

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

**Certificate of Analysis** Page 1 of 1

 **Fisher Scientific**

1 Reagent Lane  
Fair Lawn, NJ 07410  
201.796.7100 tel  
201.796.1329 fax

**Certificate of Analysis**

Fisher Scientific's Quality System has been found to conform to Quality Management System Standard ISO9001:2008 standard by DNV Certificate number CERT-08052-2006-AQ-HOU-ANAB

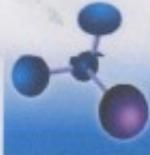
This is to certify that units of the above mentioned lot number were tested and found to comply with the specifications of the grade listed. Certain data have been supplied by third parties. Fisher Scientific expressly disclaims all warranties, expressed or implied, including the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. Certain products (USP/FC/NF/EP/BP/JP grades) are sold for use in food, drug, or medical device manufacturing. Fisher does not claim regulatory coverage under 21 CFR nor maintain DMF's with the FDA. The following are the actual analytical results obtained:

Catalog Number	K312	Mfg. Date	3/6/2013
Lot Number	128147		
Description	FISHERTAB, SST-35 KJELDAHL TABLETS		
Country of Origin	United States	Recommended Retest Date	Mar-2018

Result name	Units	Specifications	Test Value
APPEARANCE		REPORT	Bluish-green tablets
IDENTIFICATION	PASS/FAIL	= PASS TEST	PASS TEST
NITROGEN COMPOUNDS	%	<= 0.005	<0.005



**CERTIFIED BY**

*Edgar E. Hase*

**Lab Manager Fair Lawn**

Note: The data listed is valid for all package sizes of this lot of this product, expressed as a extension of this catalog number listed above. If there are any questions with this certificate, please call Chemical Services at (800) 227-6701.

*Anexo 2: Certificado de análisis por parte de los laboratorios Fisher-Scientific de las pastillas Kjeldahl.*

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Medición de Variables del Experimento	JUNIO														JULIO																								
	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
		1	2	3	4	5			6	7	8	9	10			11	12	13	14	15			16	17	18	19	20			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu		
TEMPERATURA		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X			
pH		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X			
CONDUCTIVIDAD		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X			
HUMEDAD		X			X				X			X			X		X	X				X		X		X			X		X		X			X			
CARBONO				X		X			X			X			X			X				X		X		X			X		X		X			X			
NITROGENO				X		X			X			X			X			X				X		X		X			X		X		X			X			
AEREACION	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
TIEMPO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
TAMAÑO DE PARTICULA																																							
PESO	X	X	X																																	X	X	X	

Anexo 3: Cronograma de Actividades comprendido entre los meses Junio y Julio donde muestra los días de medición de cada variable, cabe recalcar que en ciertos días no se midieron algunas variables ya que la medición del N, C y Humedad tardaron más de un día. Fuente (Arteaga, 2014).

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

*Las siguientes tablas son las mediciones diarias que se realizaron desde el primer día de análisis de cada variable.*

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ.									
MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (fecha)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
1	4,4	17,6	92,6	1894		16/06/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio	20	3 veces por día
2	4,8	15,4	90	1342				20	
3	4,3	16,8	97	1497				20	
4	4,15	18	89	1211				20	
5	4,89	17,2	90,1	1573				20	
6	5,31	18,2	95,2	1356				20	
7	4,65	16,7	88	1632				20	
8	4,9	16,5	83,5	1985				20	
9	4,17	16,85	91,1	2114				20	

*Anexo 4: Día 1 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).*

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ.									
MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (fecha)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
1	4,65	18,4	90,13	1826		17/06/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio	20	3 veces por día
2	5	19	82,78	2098				20	
3	4,4	20,1	87,23	2227				20	
4	4,2	19,4	82,47	1980				20	
5	4,8	19,6	78,88	1845				20	
6	5,21	19,5	83,54	1467				20	
7	5,3	20,2	81,05	1687				20	
8	5,2	19,4	81,32	2504				20	
9	4,1	19,6	84,31	1992				20	

*Anexo 5: Día 2 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).*

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ									
MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (fecha)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
1	5,43	20,3	88,6	1696	9/3,28	18/06/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio		3 veces por dia
2	5,22	21	85,3	2229	15,12/2,85				
3	4,68	20,8	89,7	1116	11,2/3,45				
4	5,3	20,1	93	3328	14,4/2,3				
5	4,82	19,8	80	2813	13/2,4				
6	5,54	19,8	88,9	1576	10/1,6				
7	4,72	20	89	1453	12,6/1,75				
8	4,43	21,1	87	2841	14,2/2,13				
9	5,05	19,7	82,3	2320	13,4/2				

Anexo 6: Día 3 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ									
MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (fecha)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
1	5,5	20	78,7	1749		19/06/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio		3 veces por dia
2	5,13	20,2	79,43	1567					
3	4,87	20,4	83,43	1284					
4	5,55	20,3	88,8	2654					
5	6,12	21	79,34	2435					
6	4,87	21,3	85,6	1869					
7	5,34	20,1	82,54	1842					
8	5,38	19,8	80,08	1677					
9	5,55	19,13	75,76	1900					

Anexo 7: Día 4 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ									
MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (fecha)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
1	6.4	19,3	75,41	1696	10/3,65	20/06/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio		3 veces por dia
2	5,12	20,5	76,07	2229	13,5/3,57				
3	5,08	20,4	79,56	1116	12,3/3,37				
4	5,3	20,2	82,21	3328	13,7/2,85				
5	6,5	20,1	74,27	2813	13,43/3,12				
6	5,64	20,8	73,64	1576	11,4/3,32				
7	6,23	21,1	79,45	1453	12,87/2,7				
8	5.86	20,9	77,5	2841	13.67/2,88				
9	5.7	19,7	73,93	2320	13,6/2,53				

Anexo 8: Día 5 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ.									
MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
1	5,34	20,4		2143		23/06/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio		3 veces por dia
2	5	20		3453					
3	6,1	21,5		1251					
4	6	21		1673					
5	6,7	20,6		1535					
6	5,77	19,3		2538					
7	5,9	21,1		3118					
8	6,2	20,0		2532					
9	5,63	21,1		2167					

Anexo 9: Día 6 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ.									
MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
1	5,56	20.8	72	2245	17/2,3	24/06/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio		3 veces por dia
2	5,2	19,4	76	3212	15/2,1				
3	6.2	20	67	1243	16/3,4				
4	6.65	20	85	1665	12/3,1				
5	6,3	24,5	75.5	2387	13,5/3,9				
6	5,38	18,9	77	2684	11/4,2				
7	5,32	21,5	80	2097	13,3/2,43				
8	5,65	19,8	71	1537	14,1/3,2				
9	5,21	20,3	74.2	2652	11,1/2				

Anexo 10: Día 7 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ.									
MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
1	6,3	21,2		2454		25/06/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio		3 veces por dia
2	5,76	21,5		3127					
3	5,21	21,1		1355					
4	5.7	21,0		1976					
5	6,47	22,7		2142					
6	5.91	22,5		2747					
7	6,62	21,9		1954					
8	6,43	20,9		1848					
9	6,08	22,2		1725					

Anexo 11: Día 8 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ.									
MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
1	6,42	20,5		2422		26/06/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio		3 veces por día
2	5.43	19,4		3123					
3	5,12	21		1211					
4	5.1	20,4		1858					
5	6,4	22,2		2290					
6	5.8	19,6		2976					
7	5,72	21,5		1848					
8	4,8	20,1		1739					
9	5.9	20,1		2895					

*Anexo 12: Día 9 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).*

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ.									
MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
1	6,66	21,4	75,8	2642	15/2.3	27/06/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio		3 veces por día
2	5,87	21,1	70,7	3525	14/3,45				
3	5,64	20,1	71,13	1424	15/3,4				
4	5.32	20,5	77,7	1567	13/2,8				
5	6,7	22,6	76,89	2352	13/3,23				
6	6	19,9	77,42	2753	12/3,67				
7	6,34	21,8	80.67	2464	12/2,56				
8	5,63	20,6	73,52	1443	13,6/3,12				
9	6,6	20,6	75,8	2452	12,1/2,45				

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Anexo 13: Día 10 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	6,82	22,3	67	2423	15/3,24	30/06/2014	de 5 a 12 centímetro de promedio		3 veces por día
	2	6	20,4	72	2112	14/2,75				
	3	6,25	21,6	64,8	2214	12,87/2,32				
ACIDO CITRICO	4	4,23	19,1	82,5	1795	11/4,03	30/06/2014	de 5 a 12 centímetro de promedio		3 veces por día
	5	4,46	18,6	74,5	1845	12,42/3,63				
	6	4,42	19,4	77	2483	13,69/2,48				
MICROCOMPOSTIC	7	6,77	19,1	81,3	2631	12,8/2,21	30/06/2014	de 5 a 12 centímetro de promedio		3 veces por día
	8	6,62	20,1	78,9	2860	11,78/3,05				
	9	6,95	20,4	81,13	2964	13,44/1,42				

Anexo 14: Día 11 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	7,32	25,3		2985		01/07/2014	de 5 a 12 centímetro de		3 veces por día
	2	6,76	27,4		2759					
	3	6,64	21,95		2872					
ACIDO CITRICO	4	4,56	20,1		1449		01/07/2014	de 5 a 12 centímetro de		3 veces por día
	5	4,72	21,14		1845					
	6	5,12	19,82		1184					
MICROCOMPOSTIC	7	7,21	25,1		2859		01/07/2014	de 5 a 12 centímetro de		3 veces por día
	8	7,56	23,88		2940					
	9	7,14	24,46		2841					

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

*Anexo 15: Día 12 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).*

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERNECIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	7,3	25,5	56	3475		02/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	2	6,88	23,2	67	2447					
	3	6,42	22,66	54,3	2365					
ACIDO CITRICO	4	4,97	19,78	72	1228		02/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	5	5,23	21,7	70	1343					
	6	4,78	21,21	70,18	1540					
MICROCOMPOSTIC	7	7,23	23,12	77	2931		02/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	8	8,12	21,93	75,5	2048					
	9	7,78	24,1	69,8	2043					

*Anexo 16: Día 13 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).*

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERNECIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	7,8	28	56	3475	18/1,9	03/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	2	7,35	26,5	67	2447	14/1,84				
	3	6,2	27,7	54,3	2365	12/2,3				
ACIDO CITRICO	4	4,4	22	72	1228	14/2,9	03/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	5	4,23	21,3	70	1343	11.3/3,2				
	6	4,78	24	70,18	1540	12/3,1				
MICROCOMPOSTIC	7	7,45	25,2	77	2658	11/2,1	03/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	8	8,3	27	75,5	2451	10/1,2				
	9	8,5	26,3	69,8	2246	13.6/2,9				

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Anexo 17: Día 14 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERNECIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	8,14	27,3		2794		04/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	2	7,72	29,1		2240					
	3	7,32	24,2		2954					
ACIDO CITRICO	4	4,78	23,1		1323		04/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	5	5,23	21,9		1554					
	6	5,13	22,5		1784					
MICROCOMPOSTIC	7	8,43	23,42		2945		04/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	8	8,12	27,2		2595					
	9	7,79	26,5		2694					

Anexo 18: Día 15 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERNECIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	8,32	25	54,3	3452	11,2/2,32	07/07/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio		3 veces por dia
	2	7,73	26,3	58,3	3122	12/2,3				
	3	7,66	25	61	2150	14,4/1,19				
ACIDO CITRICO	4	5,24	25	64,4	1486	10/3,2	07/07/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio		3 veces por dia
	5	4,89	22,8	62,1	1984	11,24/3,41				
	6	5,2	26,1	58	2012	11,11/2,51				
MICROCOMPOSTIC	7	7,79	27	66	2478	15,3/2,34	07/07/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio		3 veces por dia
	8	7,9	26,4	55,3	2199	13,6/2,11				
	9	7,5	26,8	59,1	1942	13,1/2,04				

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Anexo 19: Día 16 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERNECIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	8,4	28		2975		08/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	2	7,9	26,7		2957					
	3	8,1	26		3141					
ACIDO CITRICO	4	5,05	24,1		1946		08/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	5	5,32	23,3		1795					
	6	5,54	25,5		1463					
MICROCOMPOSTIC	7	7,54	27,3		2659		08/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	8	7,67	27,4		2122					
	9	8,1	28,8		2842					

Anexo 20: Día 17 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERNECIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	8,56	23	60,1	2133	12,65/2	09/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	2	8,43	20	65,2	2548	11,4/2,5				
	3	8,9	25	57,4	2490	12/2,8				
ACIDO CITRICO	4	5,87	23,6	72,4	1589	10,4/2,4	09/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	5	4,98	26,1	71,1	1673	11,1/2,8				
	6	5,3	24,6	68,5	1123	10,73/2,32				
MICROCOMPOSTIC	7	8,16	27,3	60	2342	14,2/1,94	09/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	8	8,5	29	58,7	2876	13,78/1,47				
	9	7,7	28,1	66,3	2320	15,44/1,65				

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

Anexo 21: Día 18 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERNECIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	8,23	24,4		2356		10/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	2	8,2	27,2		2264					
	3	8	30,2		3124					
ACIDO CITRICO	4	6,21	26,3		1456		10/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	5	5,12	22,5		1342					
	6	5,9	27,7		1962					
MICROCOMPOSTIC	7	7,75	27,2		2135		10/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	8	8,12	25,8		1976					
	9	7,84	29,4		2564					

Anexo 22: Día 19 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERNECIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	8,24	26,5	65,3	2423	13,42/1,2	11/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	2	8,4	27,1	67,3	2512	12,4/2,5				
	3	7,9	29,3	63,2	2628	13,4/2,44				
ACIDO CITRICO	4	6,13	25,5	70,2	1642	12,6/2,5	11/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	5	5,32	24,3	70,4	1456	12,1/3,4				
	6	5,72	27	66,7	1780	12,49/3,15				
MICROCOMPOSTIC	7	7,64	27	56,4	2375	15,24/1,34	11/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	8	7,42	26,5	60,16	2678	13,77/2,12				
	9	7,62	28,3	66,2	3125	19,5/2,12				

Anexo 23: Día 20 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	8,05	27,8	63,4	2523	12,62/2,15	14/07/2014	de 5 a 12 centímetro de promedio		3 veces por día
	2	8,66	26,2	66,3	2364	11,69/2,68				
	3	8,54	27	64,2	2456	14,87/2,18				
ACIDO CITRICO	4	6,4	24,6	68,6	1789	11,24/4,32	14/07/2014	de 5 a 12 centímetro de promedio		3 veces por día
	5	5,78	23,1	69,2	1894	12,53/2,45				
	6	6,3	25,45	64	1852	11,59/3,70				
MICROCOMPOSTIC	7	7,82	26,7	62,6	3312	14,6/1,91	14/07/2014	de 5 a 12 centímetro de promedio		3 veces por día
	8	7,56	27,2	64,2	2834	16,2/1,24				
	9	7,5	26,5	63,2	2567	18,5/2,62				

Anexo 24: Día 21 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	7,89	26,3		2141		15/07/2014	de 5 a 12 centímetro de		3 veces por día
	2	8,21	25		2521					
	3	8,15	24,6		2673					
ACIDO CITRICO	4	6,53	23,8		1512		15/07/2014	de 5 a 12 centímetro de		3 veces por día
	5	7,56	24		1621					
	6	6,5	23,4		1945					
MICROCOMPOSTIC	7	8,12	25,6		2535		15/07/2014	de 5 a 12 centímetro de		3 veces por día
	8	7,4	26,1		2456					
	9	7,23	25,9		2462					

Anexo 25: Día 22 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERNECIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	8,61	25	55,3	1882	15,77/1,225	16/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por día
	2	8,44	27.2	52,56	1980	16,4/2,18				
	3	8,92	27.9	50,04	2177	18,34/1,18				
ACIDO CITRICO	4	6,46	20.9	62,4	1365	13,4/4,32	16/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por día
	5	6,23	22	60,2	1120	15,38/3,43				
	6	6,34	23.4	59	1623	12,85/3,12				
MICROCOMPOSTIC	7	8,3	25	55,1	2487	17,4/1,2	16/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por día
	8	7,68	26.6	52	3142	21,6/1,05				
	9	8,08	23.8	49	3232	20,14/1,84				

Anexo 26: Día 23 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERNECIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	8.24	22		2424		17/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por día
	2	7,58	21,4		2111					
	3	7.22	21,1		2633					
ACIDO CITRICO	4	6.66	21,2		1121		17/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por día
	5	6.12	19,3		1521					
	6	6	18.8		1345					
MICROCOMPOSTIC	7	7,92	24,1		2351		17/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por día
	8	7,54	23,9		2123					
	9	7,4	23,85		2354					

Anexo 27: Día 24 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

## EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERNECIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	7,93	21	48,6	2531	14,94/1,87	18/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	2	7,67	22,34	50,2	2976	19,4/1,84				
	3	7,54	27,9	45,3	3121	17,4/1,18				
ACIDO CITRICO	4	6,23	20,9	52,2	1252	14,23/2,32	18/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	5	5,88	22	48,9	1112	13,8/2,84				
	6	5,2	23,4	47,5	1532	13,48/2,47				
MICROCOMPOSTIC	7	7,47	22	48,1	2145	16,34/1,05	18/07/2014	de 5 a 12 centimetro de		3 veces por dia
	8	7,2	22,3	45,2	1908	23,2/1,2				
	9	7,32	23,8	49,2	2523	22,13/1,84				

Anexo 28: Día 25 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

RESULTADOS DE LA MEDICION INICIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ORGANICOS OBTENIDOS DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERNECIA DEL DMQ.										
TRATAMIENTOS	MUESTRAS	pH	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Conductividad (us/cm)	Relación C/N	Tiempo (días)	Tamaño de partícula	Peso (kg)	Aireación
TESTIGO	1	7,88	19	48,9	2532		21/07/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio	19,4	3 veces por dia
	2	7,46	18,3	50,12	2678				18,8	
	3	7,3	17,9	47,32	1978				18,4	
ACIDO CITRICO	4	5,96	20,9	46,7	1134		21/07/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio	17,2	3 veces por dia
	5	6	18,7	44,7	1342				18,5	
	6	5,48	20,1	49,87	1245				17,7	
MICROCOMPOSTIC	7	7,45	20,5	49,8	2523		21/07/2014	de 5 a 12 centimetro de promedio	18,6	3 veces por dia
	8	7,76	18,3	52,3	2443				18,2	
	9	7,12	19,8	48,6	1967				19,1	

Anexo 29: Día 26 de registro de datos de cada variable. Fuente: (Arteaga, 2014).

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

La siguiente tabla es la recopilación de los registros de los datos de los meses de Junio y Julio del año 2014, en donde señalan todas las mediciones en concreto listas para ser analizadas utilizando la plataforma SPSS que analizará mediante un ANOVA de datos tomados a lo largo del tiempo.

Días	Muestra	Tratamiento	pH	Temperatura	Humedad	Conductividad	Carbono	Nitrogeno	Relacion C/N	Peso
1	1	0	4.40	20.30	92.60	1894.00				20.00
1	2	0	4.80	21.00	90.00	1342.00				20.00
1	3	0	4.30	20.80	97.00	1497.00				20.00
1	4	0	4.15	20.10	89.00	1211.00				20.00
1	5	0	4.89	19.80	90.10	1573.00				20.00
1	6	0	5.31	19.80	95.20	1356.00				20.00
1	7	0	4.65	20.00	88.00	1632.00				20.00
1	8	0	4.90	21.10	83.50	1985.00				20.00
1	9	0	4.17	20.10	91.10	2114.00				20.00
2	1	0	4.65	18.40	90.13	1826.00				20.00
2	2	0	5.00	19.00	82.78	2098.00				20.00
2	3	0	4.40	20.10	87.23	2227.00				20.00
2	4	0	4.20	19.40	82.47	1980.00				20.00
2	5	0	4.80	19.60	78.88	1845.00				20.00
2	6	0	5.21	19.50	83.54	1467.00				20.00
2	7	0	5.30	20.20	81.05	1687.00				20.00
2	8	0	5.20	19.40	81.32	2504.00				20.00
2	9	0	4.10	19.60	84.31	1992.00				20.00
3	1	0	5.43	20.30	88.60	1696.00	9.00	3.28	2.74	20.00
3	2	0	5.22	21.00	85.30	2229.00	15.12	2.85	5.31	20.00
3	3	0	4.68	20.80	89.70	1116.00	11.20	3.45	3.25	20.00
3	4	0	5.30	20.10	93.00	3328.00	14.40	2.30	6.26	20.00
3	5	0	4.82	19.80	80.00	2813.00	13.00	2.40	5.42	20.00
3	6	0	5.54	19.80	88.90	1576.00	10.00	1.60	6.25	20.00
3	7	0	4.72	20.00	89.00	1453.00	12.60	1.75	7.20	20.00
3	8	0	4.43	21.10	87.00	2841.00	14.20	2.13	6.67	20.00
3	9	0	5.05	19.70	82.30	2320.00	13.40	2.00	6.70	20.00
4	1	0	5.50	20.00	78.70	1749.00				20.00
4	2	0	5.13	20.20	79.43	1567.00				20.00
4	3	0	4.87	20.40	83.43	1284.00				20.00
4	4	0	5.55	20.30	88.80	2654.00				20.00
4	5	0	6.12	21.00	79.34	2435.00				20.00
4	6	0	4.87	21.30	85.60	1869.00				20.00

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS  
LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

4	7	0	5.34	20.10	82.54	1842.00				20.00
4	8	0	5.38	19.80	80.08	1677.00				20.00
Días	Muestra	Tratamiento	pH	Temperatura	Humedad	Conductividad	Carbono	Nitrogeno	Relacion C/N	Peso
4	9	0	5.55	19.13	75.76	1900.00				20.00
5	1	0	6.40	19.30	75.41	1696.00	10.00	3.65	2.74	20.00
5	2	0	5.12	20.50	76.07	2229.00	13.50	3.57	3.78	20.00
5	3	0	5.08	20.40	79.56	1116.00	12.30	3.37	3.65	20.00
5	4	0	5.30	20.20	82.21	3328.00	13.70	2.85	4.81	20.00
5	5	0	6.50	20.10	74.27	2813.00	13.43	3.12	4.30	20.00
5	6	0	5.64	20.80	73.64	1576.00	11.40	3.32	3.43	20.00
5	7	0	6.23	21.10	79.45	1453.00	12.87	2.70	4.77	20.00
5	8	0	5.86	20.90	77.50	2841.00	13.67	2.88	4.75	20.00
5	9	0	5.70	19.70	73.93	2320.00	13.60	2.53	5.38	20.00
6	1	0	5.34	20.40		2143.00				20.00
6	2	0	5.00	20.00		3453.00				20.00
6	3	0	6.10	21.50		1251.00				20.00
6	4	0	6.00	21.00		1673.00				20.00
6	5	0	6.70	20.60		1535.00				20.00
6	6	0	5.77	19.30		2538.00				20.00
6	7	0	5.90	21.10		3118.00				20.00
6	8	0	6.20	20.00		2532.00				20.00
6	9	0	5.63	21.10		2167.00				20.00
7	1	0	5.56	20.80	72.00	2245.00	12.00	2.30	5.22	20.00
7	2	0	5.20	19.40	76.00	3212.00	15.00	2.10	7.14	20.00
7	3	0	6.20	20.00	67.00	1243.00	16.00	3.40	4.71	20.00
7	4	0	6.65	20.00	85.00	1665.00	12.00	3.10	3.87	20.00
7	5	0	6.30	24.50	75.50	2387.00	13.50	3.90	3.46	20.00
7	6	0	5.38	18.90	77.00	2684.00	11.00	4.20	2.62	20.00
7	7	0	5.32	21.50	80.00	2097.00	13.30	2.43	5.47	20.00
7	8	0	5.65	19.80	71.00	1537.00	14.10	3.20	4.41	20.00
7	9	0	5.21	20.30	74.20	2652.00	11.10	2.00	5.55	20.00
8	1	0	6.30	21.20		2454.00				20.00
8	2	0	5.76	21.50		3127.00				20.00
8	3	0	5.21	21.10		1355.00				20.00
8	4	0	5.70	21.00		1976.00				20.00
8	5	0	6.47	22.70		2142.00				20.00
8	6	0	5.91	22.50		2747.00				20.00
8	7	0	6.62	21.90		1954.00				20.00
8	8	0	6.43	20.90		1848.00				20.00

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

8	9	0	6.08	22.20		1725.00				20.00
9	1	0	6.42	20.50		2422.00				20.00
9	2	0	5.43	19.40		3123.00				20.00
9	3	0	5.12	21.00		1211.00				20.00
<b>Dias</b>	<b>Muestra</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Humedad</b>	<b>Conductividad</b>	<b>Carbono</b>	<b>Nitrogeno</b>	<b>Relacion C/N</b>	<b>Peso</b>
9	4	0	5.10	20.40		1858.00				20.00
9	5	0	6.40	22.20		2290.00				20.00
9	6	0	5.80	19.60		2976.00				20.00
9	7	0	5.72	21.50		1848.00				20.00
9	8	0	4.80	20.10		1739.00				20.00
9	9	0	5.90	20.10		2895.00				20.00
10	1	0	6.66	21.40	75.80	2642.00	15.00	2.30	6.52	20.00
10	2	0	5.87	21.10	70.70	3525.00	14.00	3.45	4.06	20.00
10	3	0	5.64	20.10	71.13	1424.00	15.00	3.40	4.41	20.00
10	4	0	5.32	20.50	77.70	1567.00	13.00	2.80	4.64	20.00
10	5	0	6.70	22.60	76.89	2352.00	13.00	3.23	4.02	20.00
10	6	0	6.00	19.90	77.42	2753.00	12.00	3.67	3.27	20.00
10	7	0	6.34	21.80	80.67	2464.00	12.00	2.56	4.69	20.00
10	8	0	5.63	20.60	73.52	1443.00	13.60	3.12	4.36	20.00
10	9	0	6.60	20.60	75.80	2452.00	12.10	2.45	4.94	20.00
11	1	1	6.82	22.30	67.00	2423.00	15.00	4.03	3.72	20.00
11	2	1	6.00	20.40	72.00	2112.00	14.00	3.63	3.86	20.00
11	3	1	6.25	21.60	64.80	2214.00	12.87	2.48	5.19	20.00
11	4	2	4.23	19.10	82.50	1795.00	11.00	3.24	3.40	20.00
11	5	2	4.46	18.60	74.50	1845.00	12.42	2.75	4.52	20.00
11	6	2	4.42	19.40	77.00	2483.00	13.69	2.32	5.90	20.00
11	7	3	6.77	19.10	81.30	2631.00	12.80	2.21	5.79	20.00
11	8	3	6.62	20.10	78.90	2860.00	11.78	3.05	3.86	20.00
11	9	3	6.95	20.40	81.13	2964.00	13.44	1.42	9.46	20.00
12	1	1	7.32	25.30		2985.00				20.00
12	2	1	6.76	27.40		2759.00				20.00
12	3	1	6.64	21.95		2872.00				20.00
12	4	2	4.56	20.10		1449.00				20.00
12	5	2	4.72	21.14		1845.00				20.00
12	6	2	5.12	19.82		1184.00				20.00
12	7	3	7.21	25.10		2859.00				20.00
12	8	3	7.56	23.88		2940.00				20.00
12	9	3	7.14	24.46		2841.00				20.00
13	1	1	7.30	25.50		3475.00				20.00

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS  
LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

13	2	1	6.88	23.20		2447.00				20.00
13	3	1	6.42	22.66		2365.00				20.00
13	4	2	4.97	19.78		1228.00				20.00
13	5	2	5.23	21.70		1343.00				20.00
13	6	2	4.78	21.21		1540.00				20.00
13	7	3	7.23	23.12		2931.00				20.00
Dias	Muestra	Tratamiento	pH	Temperatura	Humedad	Conductividad	Carbono	Nitrogeno	Relacion C/N	Peso
13	8	3	8.12	21.93		2048.00				20.00
13	9	3	7.78	24.10		2043.00				20.00
14	1	1	7.80	28.00	56.00	3475.00	18.00	2.90	6.21	20.00
14	2	1	7.35	26.50	67.00	2447.00	14.00	3.20	4.38	20.00
14	3	1	6.20	27.70	54.30	2365.00	12.00	3.10	3.87	20.00
14	4	2	4.40	22.00	72.00	1228.00	14.00	1.90	7.37	20.00
14	5	2	4.23	21.30	70.00	1343.00	11.30	1.84	6.14	20.00
14	6	2	4.78	24.00	70.18	1540.00	12.00	2.30	5.22	20.00
14	7	3	7.45	25.20	77.00	2658.00	11.00	2.10	5.24	20.00
14	8	3	8.30	27.00	75.50	2451.00	10.00	1.20	8.33	20.00
14	9	3	8.50	26.30	69.80	2246.00	13.60	2.90	4.69	20.00
15	1	1	8.14	27.30		2794.00				20.00
15	2	1	7.72	29.10		2240.00				20.00
15	3	1	7.32	24.20		2954.00				20.00
15	4	2	4.78	23.10		1323.00				20.00
15	5	2	5.23	21.90		1554.00				20.00
15	6	2	5.13	22.50		1784.00				20.00
15	7	3	8.43	23.42		2945.00				20.00
15	8	3	8.12	27.20		2595.00				20.00
15	9	3	7.79	26.50		2694.00				20.00
16	1	1	8.32	25.00	54.30	3452.00	11.20	3.20	3.50	20.00
16	2	1	7.73	26.30	58.30	3122.00	12.00	3.41	3.52	20.00
16	3	1	7.66	25.00	61.00	2150.00	14.40	2.51	5.74	20.00
16	4	2	5.24	25.00	64.40	1486.00	10.00	2.32	4.31	20.00
16	5	2	4.89	22.80	62.10	1984.00	11.24	2.30	4.89	20.00
16	6	2	5.20	26.10	58.00	2012.00	11.11	1.19	9.34	20.00
16	7	3	7.79	27.00	66.00	2478.00	15.30	2.34	6.54	20.00
16	8	3	7.90	26.40	55.30	2199.00	13.60	2.11	6.45	20.00
16	9	3	7.50	26.80	59.10	1942.00	13.10	2.04	6.42	20.00
17	1	1	8.40	28.00		2975.00				20.00
17	2	1	7.90	26.70		2957.00				20.00
17	3	1	8.10	26.00		3141.00				20.00

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS  
LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

17	4	2	5.05	24.10		1946.00				20.00
17	5	2	5.32	23.30		1795.00				20.00
17	6	2	5.54	25.50		1463.00				20.00
17	7	3	7.54	27.30		2659.00				20.00
17	8	3	7.67	27.40		2122.00				20.00
17	9	3	8.10	28.80		2842.00				20.00
18	1	1	8.56	23.00	60.10	2133.00	12.65	2.40	5.27	20.00
18	2	1	8.43	20.00	65.20	2548.00	11.40	2.80	4.07	20.00
<b>Dias</b>	<b>Muestra</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Humedad</b>	<b>Conductividad</b>	<b>Carbono</b>	<b>Nitrogeno</b>	<b>Relacion C/N</b>	<b>Peso</b>
18	3	1	8.90	25.00	57.40	2490.00	12.00	2.32	5.17	20.00
18	4	2	5.87	23.60	72.40	1589.00	10.40	2.00	5.20	20.00
18	5	2	4.98	26.10	71.10	1673.00	11.10	2.50	4.44	20.00
18	6	2	5.30	24.60	68.50	1123.00	10.73	2.40	4.47	20.00
18	7	3	8.16	27.30	60.00	2342.00	14.20	1.94	7.32	20.00
18	8	3	8.50	29.00	58.70	2876.00	13.78	1.47	9.37	20.00
18	9	3	7.70	28.10	66.30	2320.00	15.44	1.65	9.36	20.00
19	1	1	8.23	24.40		2356.00				20.00
19	2	1	8.20	27.20		2264.00				20.00
19	3	1	8.00	30.20		3124.00				20.00
19	4	2	6.21	26.30		1456.00				20.00
19	5	2	5.12	22.50		1342.00				20.00
19	6	2	5.90	27.70		1962.00				20.00
19	7	3	7.75	27.20		2135.00				20.00
19	8	3	8.12	25.80		1976.00				20.00
19	9	3	7.84	29.40		2564.00				20.00
20	1	1	8.24	26.50	65.30	2423.00	13.42	2.50	5.37	20.00
20	2	1	8.40	27.10	67.30	2512.00	12.40	3.40	3.65	20.00
20	3	1	7.90	29.30	63.20	2628.00	13.40	3.15	4.25	20.00
20	4	2	6.13	25.50	70.20	1642.00	12.60	1.20	10.50	20.00
20	5	2	5.32	24.30	70.40	1456.00	12.10	2.50	4.84	20.00
20	6	2	5.72	27.00	66.70	1780.00	12.49	2.44	5.12	20.00
20	7	3	7.64	27.00	56.40	2375.00	15.24	1.34	11.37	20.00
20	8	3	7.42	26.50	60.16	2678.00	13.77	2.12	6.50	20.00
20	9	3	7.62	28.30	66.20	3125.00	19.50	1.42	13.73	20.00
21	1	1	8.05	27.80	63.40	2523.00	12.62	2.15	5.87	20.00
21	2	1	8.66	26.20	66.30	2364.00	11.69	2.68	4.36	20.00
21	3	1	8.54	27.00	64.20	2456.00	14.87	2.18	6.82	20.00
21	4	2	6.40	24.60	68.60	1789.00	11.24	1.91	5.88	20.00
21	5	2	5.78	23.10	69.20	1894.00	12.53	1.24	10.10	20.00

EVALUACIÓN DE DOS TECNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS  
LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

21	6	2	6.30	25.45	64.00	1852.00	11.59	2.62	4.42	20.00
21	7	3	7.82	26.70	62.60	3312.00	14.60	2.32	6.29	20.00
21	8	3	7.56	27.20	64.20	2834.00	16.20	1.45	11.17	20.00
21	9	3	7.50	26.50	63.20	2567.00	18.50	2.17	8.53	20.00
22	1	1	7.89	26.30		2141.00				20.00
22	2	1	8.21	25.00		2521.00				20.00
22	3	1	8.15	24.60		2673.00				20.00
22	4	2	6.53	23.80		1512.00				20.00
22	5	2	7.56	24.00		1621.00				20.00
22	6	2	6.50	23.40		1945.00				20.00
<b>Dias</b>	<b>Muestra</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Humedad</b>	<b>Conductividad</b>	<b>Carbono</b>	<b>Nitrogeno</b>	<b>Relacion C/N</b>	<b>Peso</b>
22	7	3	8.12	25.60		2535.00				20.00
22	8	3	7.40	26.10		2456.00				20.00
22	9	3	7.23	25.90		2462.00				20.00
23	1	1	8.61	25.00	55.30	1882.00	15.77	4.32	3.65	20.00
23	2	1	8.44	27.20	52.56	1980.00	16.40	3.43	4.78	20.00
23	3	1	8.92	27.90	50.04	2177.00	18.34	3.12	5.88	20.00
23	4	2	6.46	20.90	62.40	1365.00	13.40	1.23	3.10	20.00
23	5	2	6.23	22.00	60.20	1120.00	15.38	2.18	4.48	20.00
23	6	2	6.34	23.40	59.00	1623.00	12.85	1.18	4.12	20.00
23	7	3	8.30	25.00	55.10	2487.00	17.40	1.20	14.50	20.00
23	8	3	7.68	26.60	52.00	3142.00	21.60	1.05	20.57	20.00
23	9	3	8.08	23.80	49.00	3232.00	20.14	1.84	10.95	20.00
24	1	1	8.24	22.00		2424.00				20.00
24	2	1	7.58	21.40		2111.00				20.00
24	3	1	7.22	21.10		2633.00				20.00
24	4	2	6.66	21.20		1121.00				20.00
24	5	2	6.12	19.30		1521.00				20.00
24	6	2	6.00	18.80		1345.00				20.00
24	7	3	7.92	24.10		2351.00				20.00
24	8	3	7.54	23.90		2123.00				20.00
24	9	3	7.40	23.85		2354.00				20.00
25	1	1	7.93	21.00	48.60	2531.00	14.94	2.52	5.93	20.00
25	2	1	7.67	22.34	50.20	2976.00	19.40	2.84	6.83	20.00
25	3	1	7.54	27.90	45.30	3121.00	17.40	2.47	7.04	20.00
25	4	2	6.23	20.90	52.20	1252.00	14.23	1.67	8.52	20.00
25	5	2	5.88	22.00	48.90	1112.00	13.80	1.84	7.50	20.00
25	6	2	5.20	23.40	47.50	1532.00	13.48	1.18	11.42	20.00
25	7	3	7.47	22.00	48.10	2145.00	16.34	2.12	7.71	20.00

EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO PARA LA DEGRADACIÓN DE DESECHOS  
LIGNOCELULÓSICOS PROVINIENTES DEL DMQ.

25	8	3	7.20	22.30	45.20	1908.00	23.20	1.54	15.06	20.00
25	9	3	7.32	23.80	49.20	2523.00	22.13	1.22	18.14	20.00
26	1	1	7.88		48.90	2532.00				19.00
26	2	1	7.46		50.12	2678.00				18.30
26	3	1	7.30		47.32	1978.00				17.90
26	4	2	5.96		46.70	1134.00				20.90
26	5	2	6.00		44.70	1342.00				18.70
26	6	2	5.48		49.87	1245.00				20.10
26	7	3	7.45		49.80	2523.00				20.50
26	8	3	7.76		52.30	2443.00				18.30
26	9	3	7.12		48.60	1967.00				19.80

*Anexo 30: Compendio de todos los datos generados a lo largo del tiempo entre los meses de Junio y Julio.  
Fuente: (Arteaga, 2014).*