

**ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN DE ABONO ORGANICO A PARTIR DE
RESIDUOS SOLIDOS (PROVENIENTES DE RESTAURANTES, CARTÓN,
PASTO Y ASERRÍN) MEZCLADOS CON MICROORGANISMOS EFICIENTES
(M.E)**

ESTUDIANTES

JENIFFER NATALIA CAMACHO CARRERO

ZULIETH YESNEIDY ROJAS MEDINA

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

INGENIERÍA AGRONÓMICA

VILLAVICENCIO – META

2016

**ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN DE ABONO ORGANICO A PARTIR DE
RESIDUOS SOLIDOS (PROVENIENTES DE RESTAURANTES, CARTÓN,
PASTO Y ASERRÍN) MEZCLADOS CON MICROORGANISMOS EFICIENTES
(M.E)**

ESTUDIANTES

JENIFFER NATALIA CAMACHO CARRERO

ZULIETH YESNEIDY ROJAS MEDINA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Agrónomo**

DIRECTOR

CARLOS ALBERTO HERRERA BAQUERO

Ingeniero Agrónomo M.Sc.

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

INGENIERÍA AGRONÓMICA

VILLAVICENCIO – META

2016

Nota de aceptación

I.A. Carlos Alberto Herrera Baquero
Director

I.A.
Codirector

I.A. Edgar Alejo
Jurado

I.A Jorge Castillo
Jurado

Villavicencio, Abril 18 de 2016

PERSONAL DIRECTIVO

JAIRO IVAN FRIAS CARREÑO
Rector

ALIGIA TORO
Vice-rector Académico

LUIS EDUARDO MARÍN
Secretario General

PABLO EMILIO CRUZ CASALLAS
Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

JAIRO RINCÓN ARIZA
Director de Escuela de Ciencias Agrícolas

CARLOS HERRERA
Director del programa de Ingeniería Agronómica

AGRADECIMIENTOS

Al término de esta importante etapa de nuestra vida, queremos iniciar dando gracias a Dios y a la Virgen por darnos la sabiduría y el entendimiento necesario y guiarnos en cada paso que dimos y así no desfallecer en el camino; a Yei Ospina y a Cris Rodríguez quienes nos aportaron su granito de arena en la fase de campo; a Jenniffer Páez por atender nuestro requerimiento en la parte de idiomas; al Ingeniero Jorge Rangel y al Ingeniero Diego Osorio por ser nuestro soporte y brindarnos su valiosa ayuda al momento de nuestras consultas durante la elaboración del proyecto; a la ingeniera Dalila Franco por su asesoría y orientación en la fase de laboratorio; al ingeniero Harold Bastidas por brindarnos sus conocimientos en la parte estadística; a nuestro director de tesis Ingeniero Carlos Herrera por motivarnos a ejecutar este bonito proyecto; de igual manera hacemos extenso nuestro agradecimiento a todo el grupo de docentes, catedráticos y directivos, quienes compartieron sus sabias experiencias y conocimientos pedagógicos que serán base en nuestro futuro como profesionales... Mil Gracias.

Finalmente y no menos importante, nuestra gratitud sincera a la Abogada Nancy Carrero Rodríguez por su apoyo y colaboración constante durante la elaboración de nuestro proyecto, realizado conscientemente, con mucha dedicación y sacrificio para compensar en cierta forma todo el esfuerzo de nuestras familias que siempre han estado apoyándonos para alcanzar esta gran meta... Ser Profesionales.

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen: Que por su infinita bondad y amor me han permitido alcanzar una más de mis metas propuestas.

A Mi Papito Natanael Camacho Amado (Q.E.P.D.): Por su sacrificio, por su ejemplo de superación incansable, su tenacidad, su comprensión, su confianza y su amor incondicional, por ser mí héroe, mi médico, mi amigo y sobre todo el mejor regalo que Dios me pudo dar MI PADRE...

A Mi Mamita Nancy Cecilia Carrero Rodríguez: A quien más que mi madre es mi mejor amiga, a ella que sin limitar esfuerzo alguno han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme, a ella que la ilusión de su vida ha sido convertirme en una persona de bien y nunca podré pagarle todos sus desvelos, ni aún con todo el oro del mundo...

A Mi Hermana Cindy Geraldine Camacho Carrero (My Flaca): Por ser el ejemplo de una hermana mayor, por ser esa mujer que está en mi vida apoyándome y corrigiéndome para que este mejor vestida (jaja), por esa hermana con la que peleo pero no puedo estar mal más de un día porque me pica la lengua para hablarle...

A Mis Hermanitos Laura Camacho y Natanael Santiago Camacho: Por ser esa parte que mi papá me dejó en la tierra y por él seré ejemplo de vida para ellos.

A Mis abuelas, abuelo y a todos y cada uno de los integrantes de mí querida familia: Porque con ellos puedo contar siempre, compartir mis alegrías y apoyarme en ellos cuando lo necesito.

Por último a MIS AGRONOMOS 26: Que sin ellos el transcurso de mi carrera no hubiera sido lo mismo, sin sus risas, sus locuras, sus maricaditas, sus formas tan peculiares de hacerme reír, por estar allí cuando lo necesité y cuando no (jajaja) a ellos que son el mejor código al que pude llegar... Uds (**Yei, Borjis, Cris, Cripi, Yayis, Nes, Burri, Pao, Zully, Ange, Aleja, Lau y Vivi**) se ganaron mi cariño y admiración... Los quiero mucho...

JENIFFER NATALIA CAMACHO CARRERO

DEDICATORIA

Con inmensa satisfacción he alcanzado otra de mis metas propuestas y de esto me siento muy orgullosa y feliz porque mi carrera profesional la alcancé con mucho amor y sacrificio y es por esto que mi título profesional lo dedico:

A Dios: En primer lugar a ÉL que es supremo y creador de mi fuerza y sabiduría con la cual alimenté mis conocimientos que pondré en práctica en mi vida profesional

A Mi Madre: Sr. Aracelly Medina Yara por creer en mí, por ser mi apoyo, mi fuerza, y mi motor cuando quise desfallecer, por ser la mujer más especial de mi mundo, a ella le debo lo que soy actualmente porque a su lado, con mucho amor y con sus sabios consejos aprendí a valorar las cosas y las personas, gracias mamita sin ti nada hubiera sido posible.

A Mi Hermanas: Karol Yined Rojas Medina y Lina Marcela Rojas Medina por brindarme, cariño, su ternura, su comprensión y sobre todo por su apoyo incondicional durante toda mi vida.

A Mi Sobrina: Sara Lucia Rojas Medina para quien quiero ser ejemplo de constancia y superación

A Mis Abuelitos Héctor Y Adela: Porque han sido y serán mi ejemplo, por su tenacidad, valor y dulzura, mil gracias abuelitos por todo su apoyo por acompañarme en este camino con infinita sabiduría.

A Todas Aquellas Personas: Que de una u otra manera me han apoyado para culminar con éxito mi carrera profesional.

ZULIETH YESNEIDY ROJAS MEDINA

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	17
1. INTRODUCCIÓN	19
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
3. JUSTIFICACIÓN.....	22
4. HIPÓTESIS	23
5. OBJETIVOS	24
5.1. OBJETIVO GENERAL	24
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
6. MARCO TEÓRICO	25
6.1. RESIDUO SÓLIDO	25
6.1.1. Residuo Aprovechable:	25
6.1.2. Residuo No Aprovechable:	25
6.1.3. Residuo Orgánico Biodegradable:	25
6.1.4. Residuos Peligrosos:	25
6.1.5. Residuos Especiales:	26
6.2. MANEJO DE LOS RESIDUOS	27
6.3. DISPOSICIÓN FINAL	28
6.4. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	29
6.5. COMPOST.....	30
6.5.1. Historia Del Compostaje.....	30
6.5.2. Técnicas De Compostaje.....	40
6.5.3. Métodos De Compostaje	44
6.5.4. Reconocer Un Buen Compost	47

6.5.5. Usos	49
6.6. <i>LIXIVIADO DEL COMPOST</i>	49
6.7. <i>LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)</i>	50
6.7.1. Historia	50
6.7.2. Importancia De Los Microorganismos Eficaces	51
6.7.3. Principales Microorganismos Presentes En Los E.M.	53
6.7.4. Preparación EM –Compost	55
6.7.5. Aplicaciones De Los Microorganismos Eficientes (EM)	56
7. <i>METODOLOGÍA</i>	61
7.1. <i>LOCALIZACIÓN</i>	61
7.2. <i>MATERIALES</i>	63
7.3. <i>VARIABLES</i>	65
7.3.1. Variables independientes	65
7.3.2. Variables dependientes	65
7.3.3. Variables intervinientes	65
7.4. <i>MÉTODOS</i>	66
7.4.1. Diseño Experimental	66
7.4.2. Toma De Datos	68
7.4.3. Manejo Agronómico	69
7.4.4. Manejo De Datos	69
8. <i>RESULTADOS</i>	70
8.1. <i>FASE CAMPO</i>	70
8.2. <i>FASE LABORATORIO</i>	75
9. <i>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</i>	83
10. <i>CONCLUSIONES</i>	86
11. <i>PROBLEMAS Y DIFICULTADES</i>	87
12. <i>RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS</i>	88
13. <i>BIBLIOGRAFÍA</i>	89
ANEXOS	92

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Clasificación de los residuos sólidos según la GTC 24 de 2009.....	26
Tabla 2. Control de la aireación.	34
Tabla 3. Parámetros de temperatura óptimos.....	36
Tabla 4. Parámetros de pH óptimos	39
Tabla 5. Tratamientos	68
Tabla 6. Datos cronológicos de la materia sólida.....	70
Tabla 7. Variación porcentual final del peso de la materia sólida	72
Tabla 8. Extracción semanal del lixiviado	73
Tabla 9. Datos finales de las U.F.D.C en la materia sólida en (PDA)	75
Tabla 10. Datos finales de las U.F.D.C. en la materia sólida en (AN).....	77
Tabla 11. Datos finales de las U.F.D.C. en la materia líquida en (PDA)	79
Tabla 12. Datos finales de las U.F.D.C en la materia líquida en (AN)	81

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Pilas estáticas	41
Imagen 2. Detalle de pilas estáticas con aireación pasiva.	41
Imagen 3. Apilamiento estático con aireación forzada.....	42
Imagen 4. Pilas de volteos o en hileras	43
Imagen 5. Compostera en contenedores	44
Imagen 6. Compostaje revuelto	45
Imagen 7. Compostaje en contenedor	46
Imagen 8. Contenedor para el compostaje con lombrices	47
Imagen 9. Lixiviado del compost.....	50

LISTA DE GRAFICAS

Pág.

Gráfica 1. Etapas para el manejo integral de residuos sólidos	27
Gráfica 2. Variaciones de temperatura y pH en un montón de compost.....	39
Gráfica 3. Reducción semanal de la materia sólida	71
Gráfica 4. Variación porcentual final del peso de la materia sólida.....	72
Gráfica 5. Extracción progresiva y acumulativa del lixiviado.....	74
Gráfica 6. Total de U.F.D.C por muestra en la materia sólida en (PDA)	76
Gráfica 7. Total de U.F.D.C por tratamiento en la materia sólida en (PDA)	76
Gráfica 8. Total de U.F.D.C por muestra en la materia sólida en (AN)	78
Gráfica 9. Total de U.F.D.C por tratamiento en la materia sólida en (AN)	78
Gráfica 10. Total de U.F.D.C por muestra en la materia líquida en (PDA).....	80
Gráfica 11. Total de U.F.D.C por tratamiento en la materia líquida en (PDA).....	80
Gráfica 12. Total de U.F.D.C por muestra en la materia líquida en (AN)	82
Gráfica 13. Total de U.F.D.C por tratamiento en la materia líquida en (AN)	82

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del proyecto.....	61
Figura 2. Localización de la segunda fase	62
Figura 3. Diseño general.....	66
Figura 4. Diseño de campo	67
Figura 5. Diseño por tratamientos.....	67

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. ANAVA. Reducción de la materia sólida.....	92
Anexo 2. ANAVA. Extracción de lixiviado	93
Anexo 3. Unidades Formadoras De Colonias en la materia sólida en (PDA)	94
Anexo 4. Unidades Formadoras De Colonias en la materia sólida en (AN).....	97
Anexo 5. Unidades Formadoras De Colonias en la materia líquida en (PDA)	100
Anexo 6. Unidades Formadoras De Colonias en la materia líquida en (AN)	103
Anexo 7. Datos recolectados de las U.F.D.C en la materia sólida en (PDA)	106
Anexo 8. Datos recolectados de las U.F.D.C en la materia sólida en (AN)	106
Anexo 9. Datos recolectados de las U.F.D.C en la materia líquida en (PDA).....	107
Anexo 10. Datos recolectados de las U.F.D.C en la materia líquida en (AN)	107
Anexo 11. Cronograma de actividades semanalmente.....	108
Anexo 12. Algunos materiales del proyecto.....	108
Anexo 13. Cartón y Aserrín.....	109
Anexo 14. Pasto.....	109
Anexo 15. Medición del lixiviado.	110
Anexo 16. Medición de la reducción de la materia sólida	110
Anexo 17. Degradación de la materia sólida	111
Anexo 18. Muestras para las siembras en laboratorio	111
Anexo 19. Erlenmeyer con materia sólida	112
Anexo 20. Erlenmeyer con lixiviados	112
Anexo 21. Siembra en los medios (AN y PDA)	112
Anexo 22. Muestras de las siembras en laboratorio.	113
Anexo 23. Conteo de colonias y diagnostico.	113

RESUMEN

Actualmente vivimos en una sociedad preocupada por la salud y el medio ambiente que cada año se deteriora más por todos los factores contaminantes que existen en el mundo, por ello se desarrolló un plan de compostaje para la obtención de un producto que contribuya a preservar la naturaleza y al mismo tiempo que mejore la calidad de la agricultura ecológica, y de esta forma disminuir los daños causados al medio ambiente y al personal encargado de las diferentes actividades agrícolas.

La investigación presentada a continuación, se desarrolló en dos fases, una en campo que fue realizada en la residencia de una de las integrantes del proyecto en el barrio San José, en el municipio de Villavicencio en el departamento del Meta, con el fin de evaluar la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en cuatro (4) tratamientos cada uno con distintos materiales (aserrín, cartón, pasto, residuos de restaurantes y/o microorganismos eficientes), para la obtención de abonos orgánicos, en esta fase se observó el color, formación de hongos y olor en cada tratamiento, de igual manera se realizaron mediciones de reducción de materia sólida (cm) y extracción de lixiviado (ml) semanalmente y de esta forma se obtuvieron los resultados para la realización de las comparaciones. Finalmente se procedió a pesar el residuo sólido obtenido en este proceso.

La segunda fase correspondiente a pruebas en laboratorio se desarrolló en las instalaciones del laboratorio de microbiología de la Universidad de los Llanos, en donde se realizaron evaluaciones con las muestras extraídas del proyecto experimental, además se hicieron los respectivos montajes en los medios adecuados para observar, cuantificar e identificar las unidades formadoras de colonias en cada medio (Agar Nutritivo (AN), Papa Dextrosa Agar (PDA) y Amoniacal); los factores evaluados fueron: Diagnóstico (Hongos) y movimiento,

tinción de Gram y catalasa (Bacterias). Por cada muestra de cada tratamiento se seleccionó un hongo o bacteria según el medio, con el fin de obtener los resultados de las pruebas mencionas anteriormente.

Como resultado final de la investigación se pudo concluir que el uso de microorganismos eficientes en el transcurso de la degradación de residuos sólidos para la extracción y obtención de abonos orgánicos resultó ser un proceso sencillo y económico que puede ser beneficioso para el ser humano en la implementación de los cultivos y a través del proceso de compostaje implementado para la descomposición de los residuos sólidos se demostró que la aplicación de microorganismos eficientes (ME) en la evolución de este proyecto, aceleró la degradación de la materia en comparación a los tratamientos que no los contenían y por tanto el resultado final (Lixiviado), y de esta forma las muestras llevadas al laboratorio y sembradas en medios de Papa Dextrosa Agar (PDA) y Agar Nutritivo (AN) mostraron la formación de un hongo en todos tratamientos, confirmando que los microorganismos descomponedores de la materia sin buscarlos están latentes en el agua, en el aire y la materia a descomponer.

De tal forma que, estos resultados fueron muy positivos y nos ofrecen una mayor confianza a la hora de formular algún tipo de recomendación en el momento de realizar una fertilización o abonamiento de un cultivo.

ABSTRACT

We live actually in a society who worries for the health and environment, because year to year is more decayed, for all the polluting factors in the world that affect it, therefore it developed a composting plan to get a product that helps to preserve the nature and at the same time improve the ecological agriculture quality, in this way decrease the environment and agricultural workers damages.

This investment has been developing in two phases, the first one on the field that was developing in one of the team project member's house in the San José neighborhood, in Villavicencio, Meta. In order to assess the effective microorganisms (EM) application, in four (4) treatments, each one with different materials (sawdust, cardboard, grass, waste from restaurants and / or effective microorganisms), to get the organic fertilizers, in this phase we observed color, fungi formation, odor in each treatment, at the same time we made measurement reduction of the solids (cm) and leached extraction (ml) each week. In this way we get the results to make comparisons. Finally we weigh the solid residue obtained in this process.

The second phase is laboratory tests, that were developing in the microbiology laboratory at the University of the Llanos, where we made evaluations with the extraction samples in the experimental project, also we made the respective and appropriate instruments to observe, quantify and identify the colony forming units in each environment (Nutrient Agar (AN), Agar Potato Dextrose Agar (PDA) and Ammonia) the facts that we evaluated were: Diagnosis (Fungi) and movement, Gram stain and catalase (bacteria). For each sample of each treatment we

selected fungi or bacteria depends the environment, in order to get the results for each one test that we mentioned before.

As a final investment result we can conclude that the use of efficient microorganisms during the degradation of solids to extract and obtain organic fertilizers was an easy and economic process that can have benefits to the people in the crops implementation and through the composting process to the decomposition of solid, we demonstrated that the application of efficient microorganisms (ME) in the evaluation in this project, accelerated the degradation of the matter in comparison with the treatments that didn't have it. Therefore the final result (leached), in this way the samples that we took to the laboratory and we planted on Potato Dextrose Agar environment (PDA) and Nutrient Agar environment (AN) showed the fungi formation in all the treatments, confirming that the decomposers microorganisms without look for it are in the water, air and matter to decompose.

So, these results were very positive and offer us more confidence when we formulated any type of recommendation in the crop fertilization process.

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos son el ejemplo más claro del desequilibrio que existe entre la basura que generamos y los recursos naturales que se pierden a través del tiempo; la materia orgánica hace parte entre el 30-50% del peso de los residuos sólidos urbanos y la mayoría de estos se desperdician terminando así en vertederos o incinerados, generando grandes costos ambientales, sociales y económicos (Cabezas).

Sin embargo los residuos orgánicos son un recurso valioso para recuperar la fertilidad de los suelos, ya que puede ser reincorporado al ciclo de la materia orgánica mediante el compostaje. Se calcula que cada persona produce aproximadamente 0,5 kg de materia orgánica / día, lo que significan 1,5 kg por familia (Cabezas, sf).

El compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola. Según la FAO; (2013), el compostaje es la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes.

Si queremos realizar un manejo ecológico del suelo, el compost como abono orgánico se constituye en una alternativa racional a fin de recuperar, mantener y mejorar la fertilidad del suelo; por lo tanto, debemos mantener la fertilidad natural con aporte de abonos orgánicos, los cuales le suministran no sólo nutrientes para las plantas sino que también alimentan al suelo con microorganismos tales como

hongos, bacterias, insectos y lombrices, con la finalidad de mantener la vida del suelo (SENA).

La riqueza de este abono no solo es la cantidad de nutrientes que aporta al suelo. Además, hay que evaluar las variadas ventajas adicionales que proporciona; la naturaleza demora cientos de años para formar una pequeña porción de suelo, pero con la elaboración del compost podemos disminuir ese lapso de tiempo, en tan solo unos meses (SENA).

El compostaje surge como una manera de usar la basura como abono excelente para la agricultura y un buen nutriente para el suelo ya que mejora su estructura, ayuda a reducir la erosión y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas generando así grandes beneficios.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los residuos orgánicos corresponden al 70% de los residuos que se generan en los hogares, y por su connotación orgánica, sufren procesos de descomposición. En este caso, la descomposición se realiza debido a la presencia de gran cantidad de organismos y microorganismos que transforman las sustancias orgánicas en sustancias minerales que pueden ser aprovechadas por las plantas y demás microorganismos de la naturaleza.

Sin embargo, el no aprovechamiento de estos residuos le quita a la naturaleza y en especial al suelo la posibilidad de que retornen los nutrientes a él y que se mantengan los ciclos biogeoquímicos.

La acumulación puntual de residuos orgánicos favorece la proliferación de plagas domésticas, microorganismos y organismos descomponedores; algunos de ellos transmisores de enfermedades; contaminación del aire, agua y suelo. Asunto que puede afectar la salud de la población.

La descomposición de los residuos orgánicos puede realizarse de manera controlada, mediante el uso de microorganismos eficientes, de los cuales se conoce el comportamiento. La descomposición controlada reduce los efectos negativos de la descomposición natural y su acumulación.

En este sentido, el tratamiento de la materia orgánica por procesos de compostaje contribuye a la obtención de abonos y a retornar al suelo fuentes de materia orgánica que mejoran la salud de éste.

3. JUSTIFICACIÓN

El compostaje permite realizar un manejo diferente de los desperdicios orgánicos que se producen a diario para transformarlos en materia orgánica para el suelo, además de contribuir a la toma de conciencia y educación ambiental en cuanto a la importancia de la producción, la facilidad de producirlo, la aplicación del mismo y de igual forma los beneficios del consumo de los alimentos tratados con estos abonos, y proyectar una visión más amplia en la gestión o tratamiento de estos residuos.

Los residuos orgánicos tienen un alto potencial de aprovechamiento y el empleo y la transformación de estos conlleva a la disminución de la contaminación y el impacto ambiental que esta produce, además de generar gran beneficio a los agricultores en la medida que permite reducir considerablemente los costos de producción y disminuye los riesgos de ocasionar daños en la salud de quien lo produce, lo aplica y de quienes consumen los alimentos abonados con este abono, teniendo en cuenta que es una práctica sencilla, sostenible y no tóxica, que conduce a la obtención de una agricultura limpia y por tanto proporciona enriquecimiento al suelo con materia orgánica (MO) y fortalecimiento de la planta y de esta manera un mejor desarrollo y producción del cultivo, ya que se cosechan productos libres de sustancias tóxicas mejorando de esta forma las prácticas agrícolas y los buenos hábitos alimenticios.

4. HIPÓTESIS

Hi: Efecto positivo en la degradación de la materia sólida y en la extracción del lixiviado con la aplicación de microorganismos eficientes (M.E).

Ho: Efecto negativo en la degradación de la materia sólida y en la extracción del lixiviado con la aplicación de microorganismos eficientes (M.E).

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en diferentes residuos sólidos (provenientes de restaurantes, aserrín, cartón y pasto), para la obtención de abonos orgánicos mediante la degradación y extracción de la materia y así elegir la mejor alternativa para la implementación en cultivos.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer comparaciones entre los tratamientos que contienen microorganismos eficientes (M.E) y los que carecen de él.
- Analizar la materia sólida y líquida final mediante pruebas de laboratorio para cuantificar la proliferación de microorganismos existentes en cada tratamiento.
- Seleccionar la alternativa más óptima, en cuanto a la degradación de la materia sólida y extracción del lixiviado en el menor tiempo posible.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. RESIDUO SÓLIDO

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final (Decreto 1713 de 2002)¹.

6.1.1. Residuo Aprovechable: Cualquier material, objeto, sustancia o elemento que no tiene valor para quien lo genera, pero se puede incorporar nuevamente a un proceso productivo (Decreto 1713 de 2002)¹.

6.1.2. Residuo No Aprovechable: Todo material o sustancia que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación a un proceso productivo. No tienen ningún valor comercial, por lo tanto requieren disposición final (Decreto 1713 de 2002)¹.

6.1.3. Residuo Orgánico Biodegradable: Son aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: Los restos de comida, de fruta, cáscaras, carnes, huevos (Decreto 1713 de 2002)¹.

6.1.4. Residuos Peligrosos: Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se

¹ Decreto 1713. (2002). *GUÍA DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS*. Alcaldía de Envigado. Antioquia, Colombia.

considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques o embalajes que hayan estado en contacto con ellos (Decreto 4741 de 2005)²

6.1.5. Residuos Especiales: Residuos sólidos que por su calidad, cantidad, magnitud, volumen o peso puede presentar peligros y, por lo tanto, requiere un manejo especial. Incluye a los residuos con plazos de consumo expirados, desechos de establecimientos que utilizan sustancias peligrosas, lodos, residuos voluminosos o pesados que, con autorización o ilícitamente, son manejados conjuntamente con los residuos sólidos municipales (Decreto 1713 de 2002).

Tabla 1. Clasificación de los residuos sólidos según la GTC 24 de 2009.

TIPO	CLASIFICACIÓN	EJEMPLO	MANEJO
NO PELIGROSOS	Aprovechables	Papeles: Archivo, kraft, cartulina, periódico, cartón y plegadiza. Vidrio. Plástico: Envases sucios, bolsas vasos, PET. Metales. Tetra pack	Reciclaje Reutilización
	No Aprovechables	Papel tissue: Higiénico, servilletas, toallas de mano, pañales. Papel encerado y metalizado. Cerámicas. Material de barrido. Colillas de cigarrillo. Icopor	Disposición final
	Orgánicos Biodegradable	Residuos de comida, Material vegetal	Compostaje Lombricultivo Lixiviado
PELIGROSOS		RAEE, pilas y baterías, químicos, medicamentos, aceites usados y biológicos	Tratamiento. Incineración. Disposición en celda de seguridad.
ESPECIALES		Escombros, llantas, colchones, muebles y lodos	Servicio especial de recolección

Fuente: Castró; Giraldo; & Paniagua, 2011.

² Decreto 4741. (2005). *GUÍA DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS*. Alcaldía de Envigado. Antioquia, Colombia.

6.2. MANEJO DE LOS RESIDUOS

La separación de los residuos se debe realizar en canecas o bolsas en las que podamos disponer en una de los residuos ordinarios y la otra los reciclables. Una vez separados los residuos, debidamente empacados y cerrados, deben presentarse o entregarse para su tratamiento o disposición final. Existen rutas de recolección selectiva de materiales para aprovechamiento (empresas de reciclaje), los residuos especiales, que se generan esporádicamente, no deben y no pueden ser dispuestos en ninguno de los recipientes antes mencionados, se debe de comunicar con la empresa de recolección o con las entidades locales encargadas de los residuos, para consultar las mejores opciones de manejo al respecto. Algunos ejemplos de estos residuos son los colchones, muebles y enseres, electrodomésticos, llantas, escombros, residuos de poda de árboles y animales muertos, para lo cual se debe de pagar una tarifa especial reglamentada según el Decreto Nacional 1713 de 2002 (Castró; Giraldo; & Paniagua, 2011).

Gráfica 1. Etapas para el manejo integral de residuos sólidos



Fuente: Castró; Giraldo; & Paniagua, 2011.

6.3. DISPOSICIÓN FINAL

Es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final (Decreto 1713 de 2002)³

El manejo inadecuado de los residuos genera problemas ambientales evidentes, tales como:

- **Focos de infección:** Por la proliferación de animales que causan aumento de enfermedades en la población, contaminando así el aire, suelo, agua disminución de la vida útil del relleno sanitario, deterioro del paisaje, agotamiento y desgaste de los recursos naturales (Castró; Giraldo; & Paniagua, 2011).
- **Enfermedades provocadas por vectores sanitarios:** Existen varios vectores sanitarios de gran importancia epidemiológica cuya aparición y permanencia pueden estar relacionados en forma directa con la ejecución inadecuada de alguna de las etapas en el manejo de los residuos sólidos (Castró; Giraldo; & Paniagua, 2011).
- **Contaminación de aguas:** La disposición no apropiada de residuos puede provocar la contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, además de contaminar la población que habita en estos medios (Castró; Giraldo; & Paniagua, 2011).

³ Decreto 1713. (2002). *GUÍA DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS*. Alcaldía de Envigado. Antioquia, Colombia.

- **Contaminación atmosférica:** El material particulado, el ruido y el olor representan las principales causas de contaminación atmosféricas (Castró; Giraldo; & Paniagua, 2011).
- **Contaminación de suelos:** Los suelos pueden ser alterados en su estructura debida a la acción de los líquidos percolados dejándolos inutilizada por largos periodos de tiempo (Castró; Giraldo; & Paniagua, 2011).
- **Problemas paisajísticos y riesgo:** La acumulación en lugares no aptos de residuos trae consigo un impacto paisajístico negativo, además de tener en algún caso un importante riesgo ambiental, pudiéndose producir accidentes, tales como explosiones o derrumbes (Castró; Giraldo; & Paniagua, 2011).

6.4. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

En la actualidad, existe gran cantidad de residuos sólidos urbanos que hace necesario su tratamiento (Carpio, et al. 1997)⁴. El compostaje es un método eficiente en la eliminación de estos residuos, ya que permite además el aprovechamiento del producto final (Boulter, 2000)⁵. Este proceso tiene una duración variable, dado por la calidad de los residuos, el tamaño de partícula, disposición de la pila, aireación, humedad y población biológica activa. El período de transformación es cercano a 170 días, e implica la acumulación de gran cantidad de material en las plantas de compostaje (Boulter, 2000)⁴.

⁴ Boulter. (2000). *Inoculante de microorganismos endógenos para acelerar el proceso compostaje de residuos sólidos urbanos*. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. p 26 – 37.

⁵ Carpio, et al. (1997). *Inoculante de microorganismos endógenos para acelerar el proceso compostaje de residuos sólidos urbanos*. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. p 26 – 37.

6.5. COMPOST

6.5.1. Historia Del Compostaje

La elaboración del compost a partir de desechos orgánicos no es nueva, es una práctica secular en Asia, se conoce hace cientos de años en muchas partes del mundo. El uso de los materiales está ligado de manera histórica y directa con la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas (Andfiass, 1998)⁶.

En occidente se conoció esta técnica a partir de las observaciones del profesor F.H. King del Departamento de Agricultura de los E.E.U.U. en 1909 y los experimentos de Sir Albert Howar, inglés considerado el padre de la producción científica de compost (FAO, 1991)¹⁴, quien perfeccionó la técnica entre 1905 y 1934 y realizó ensayos en la región de Indore, la India, método que se aplicó por primera vez en el estado de Kingator, Kenya en el año 1933, la técnica produjo buenos resultados y fue adoptada por compañías, agricultores y horticultores de muchas partes del mundo. Por estos años se adquirió un entendimiento del efecto de los parámetros físicos y químicos más importantes en el compostaje, así como de las interacciones microbianas implicadas; más adelante se dieron diversos criterios sobre el compost a partir de estudios en los que se tuvieron en cuenta diferentes procesos como fermentación aeróbica y anaeróbica, procesos biológicos, bioquímicos, de síntesis y descomposición debido a la acción de diferentes microorganismos, sobre los cuales actúan diversos factores como: humedad, temperatura, aireación en condiciones controladas (FAO, 1991)⁷.

En el presente la única vía de avance debe venir de una mayor preocupación por el suelo, mejora del manejo y aumento del reciclado de desechos orgánicos para la producción de cultivos en millones de pequeñas explotaciones (The Economist,

⁶ Andfiass. (1998). *Estudio sobre la preparación del compost estático y su calidad*. Trabajo de grado: Máster en Fertilidad del Suelo. p 5 – 23.

⁷ FAO. (1991) *Estudio sobre la preparación del compost estático y su calidad*. Trabajo de grado: Máster en Fertilidad del Suelo. p 5 – 23.

1993)⁸. Constituye una práctica generalizada en todos los países y especialmente en los desarrollados tanto por el procesamiento de residuos urbanos y desperdicios como para los residuos agroindustriales, valorándose su potencialidad por su doble carácter: beneficiar la agricultura y conservar el medioambiente. (Minaz, 1991)⁹.

FACTORES QUE CONDICIONAN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

Los factores que condicionan el compost son: La estructura y estado de los restos orgánicos, equilibrio Carbono/Nitrógeno (C/N), Microorganismos compostadores, aire, ventilación, humedad, calor y/o temperatura, acidez. A continuación se dará una breve explicación de cada uno de ellos.

Estructura y estado de los restos orgánicos: La estructura y composición de los materiales son variables según la procedencia; cualquier resto es susceptible de compostaje: estiércoles, restos de cosechas, hojas, restos de poda, malas hierbas, algas, etc., el troceado y la fragmentación previa facilitan el proceso de descomposición y degradación, ya que presentan una mayor superficie para ser atacada por microorganismos. Un tamaño de partículas de entre 2-5 cm resulta idóneo.

Es importante que se consiga una equilibrada proporción entre materiales finos y elementos gruesos para que exista una adecuada aireación. La excesiva presencia en el compost de materiales muy gruesos, demasiado secos o lignificados (ramas gruesas y restos de poda sin triturar) puede inhibir, ralentizar y retrasar el proceso fermentativo. Una vez mezclado los distintos materiales y

⁸ The Economist. (1993). *Estudio sobre la preparación del compost estático y su calidad*. Trabajo de grado: Máster en Fertilidad del Suelo. p 5 – 23.

⁹ Minaz. (1991). *Estudio sobre la preparación del compost estático y su calidad*. Trabajo de grado: Máster en Fertilidad del Suelo. p 5-23.

conformada la pila, para una buena fermentación y descomposición: en 50% del volumen de la pila será de restos orgánicos y el otro 50% de volumen corresponde al agua y aire necesarios para realizar correctamente el proceso de compostaje (Palmero, 2010).

Equilibrio Carbono/Nitrógeno (C/N): El carbono y el nitrógeno (junto al hidrógeno y al oxígeno) son los elementos principales en la composición de las plantas. **Carbono (C):** Principal constituyente de las estructuras celulósicas, así como de ligninas, e hidratos de carbono de las plantas (abunda en: paja de cereales, cortezas, ramas leñosas, virutas de madera, aserrín, cartón, etc.). **Nitrógeno (N):** Abunda en las plantas tiernas y jóvenes de color verde, hierba fresca, leguminosas y deyecciones animales, etc.

El correcto proceso de compostaje precisa una adecuada presencia y mezcla de materias carbonatadas (restos secos ricos en celulosas y carbono) y materias nitrogenadas (materiales frescos y verdes); la proporción óptima se situaría aproximadamente entre veinticinco y treinta partes de carbono por una de nitrógeno: 25-30/1. Esta relación C/N a veces no resulta fácil de conseguir, dada la diversidad de materiales que entran en juego. De manera práctica la relación anterior corresponde con tres partes de materiales secos (ricos en celulosas y carbono) y una parte de estiércol y/o material fresco (rico en nitrógeno), (Palmero, 2010).

Presencia de micro y macroorganismos compostadores: La elevada presencia de microorganismos (bacterias, actinomicetos, hongos, etc.) y la de macroorganismos (insectos, lombrices) resulta vital e indispensable en todo proceso de degradación, descomposición o fermentación de la materia orgánica, hasta transformarse en humus y elementos nutritivos asimilables por las plantas (Palmero, 2010).

La descomposición de la materia orgánica puede realizarse por varias vías: desintegración, fermentación o putrefacción. Cualquiera de los procesos es llevado a cabo por millones de seres descomponedores de la materia orgánica, pero en función de la circunstancias en cada proceso predominaran unos sobre otros (Palmero, 2010).

El compostaje es un proceso fermentativo en presencia de aire, con mayoría de bacterias y organismos descomponedores aeróbicos. Si la materia orgánica se encuentra sometida a falta de aireación, por presencia excesiva de agua o por exceso de compactación al amontonarse, los procesos fermentativos son realizados por bacterias anaerobias, dando lugar a la putrefacción produciendo metano, compuestos amoniacales o sulfurosos que desprenden olores desagradables (Palmero, 2010).

En principio no deberíamos preocuparnos por el aporte de microorganismos descomponedores de la materia orgánica. Sin buscarlos están de forma activa o latente, en el agua de riego, en los materiales a compostar, en el aire, etc. No se justifica los preparados especiales de cepas bacterianas seleccionadas para compostaje, salvo en composteros domésticos o en situaciones puntuales (época fría, exceso de humedad, si el compost huele mal, etc.), (Palmero, 2010).

Aire y ventilación: El oxígeno es uno de los elementos clave en un buen proceso de compostaje. Las bacterias aeróbicas necesitan la presencia de oxígeno, que contiene el aire, como combustible y fuente de energía para vivir y expulsan gas carbónico y agua (olor a tierra de bosque o mantillo), (Palmero, 2010).

Los microorganismos anaeróbicos no necesitan oxígeno y en su metabolismo producen gas metano, sulfuro, amoníaco y otros compuestos reconocibles por su pestilente olor. La putrefacción y las fermentaciones anaeróbicas generan

sustancias que al incorporarlas al suelo de cultivo son tóxicas o inhibidoras del desarrollo de muchas plantas cultivadas, (Palmero, 2010).

El olor agradable o desagradable indica si el compost está bien o mal aireado. La aireación está estrechamente ligada a los niveles de humedad del compost; el compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica (FAO, 2013)

Tabla 2. Control de la aireación.

Porcentaje de aireación	Problema		Soluciones
<5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación .
5% - 15% Rango ideal			
>15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)

Fuentes: FAO, 2013.

Humedad: Los microorganismos requieren niveles de humedad óptimos para su desarrollo y actividad. Debe ser del 40-60%. Conviene favorecer niveles adecuados y evitar los extremos. En el montón seco o demasiado húmedo, el compostaje fracasara el exceso de humedad dará lugar a encharcamiento y por

tanto “asfixia”, al ocupar los espacios entre fibras, desplazando el aire y produciendo fermentaciones anaeróbicas y putrefacciones indeseables y perjudiciales (Palmero, 2010).

Es indispensable proteger el compost del exceso de lluvia y viento (para evitar la evaporación) con una cubierta impermeable y transpirable, por ejemplo con malla anti-raíz o malla de sombrío; hay que tener en cuenta que el agua de abasto municipal tiene cloro que es bactericida y puede ser perjudicial para el proceso fermentativo. Conviene almacenarla un tiempo para que se evapore el cloro (Palmero, 2010).

Tabla 2. Parámetros de humedad óptimos

Porcentaje de humedad	Problema		Soluciones
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)
45% - 60% Rango ideal			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.

Fuente: (FAO, 2013).

Calor, temperatura; Cada población microbiana que forma parte activa del proceso de compostaje, se desarrolla mejor en ambientes con temperaturas

específicas. Durante este proceso fermentativo y de descomposición de la materia orgánica se van sucediendo diversas colonias de microorganismos: Criófilos: 0-20°C; mesófilos: 20-30°C y termófilos: 35-70°C.

Las complejas reacciones e interacciones en el proceso de fermentación impiden saber qué microorganismos están activos en cada momento, lo importante es que, ya sea al mismo tiempo o sucesivamente, se realice el proceso completo y correctamente (Palmero, 2010).

Tabla 3. Parámetros de temperatura óptimos

Temperatura (°C)	Causas asociadas		Soluciones
Bajas temperaturas (T° ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente.	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)
	Material Insuficiente.	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C:N.	El material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura mas de una semana.	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T ambiente > 70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofilicos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Fuente: FAO, 2013

✚ **Fase Mesófila:** El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, producen ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días), (FAO, 2013)

✚ **Fase de Enfriamiento o Mesófila II:** Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración, (FAO, 2013).

✚ **Fase termófila:** (alcanzando temperaturas de 65°C), se consigue la higienización del compost (objetivo a alcanzar), ya que se consigue eliminar la mayor parte de plagas y enfermedades y semillas de malas hierbas. Al mismo tiempo, a temperaturas superiores a 70°C muchas de las poblaciones de microorganismos que intervienen en el proceso mueren. (Palmero, 2010). Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina.

Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores, (FAO, 2013).

 **Fase de Maduración:** Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos, (FAO, 2013)

Acidez. Equilibrio del pH: Los microorganismos que intervienen en los procesos de fermentación aerobia y en el compostaje de la materia orgánica se desarrollan en un medio ligeramente ácido, neutro e incluso ligeramente alcalino (pH entre 6-8). Se ralentiza la actividad en medios ácidos, con pH menores de 6 (Palmero, 2010).

El pH del compost depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro (FAO, 2013).

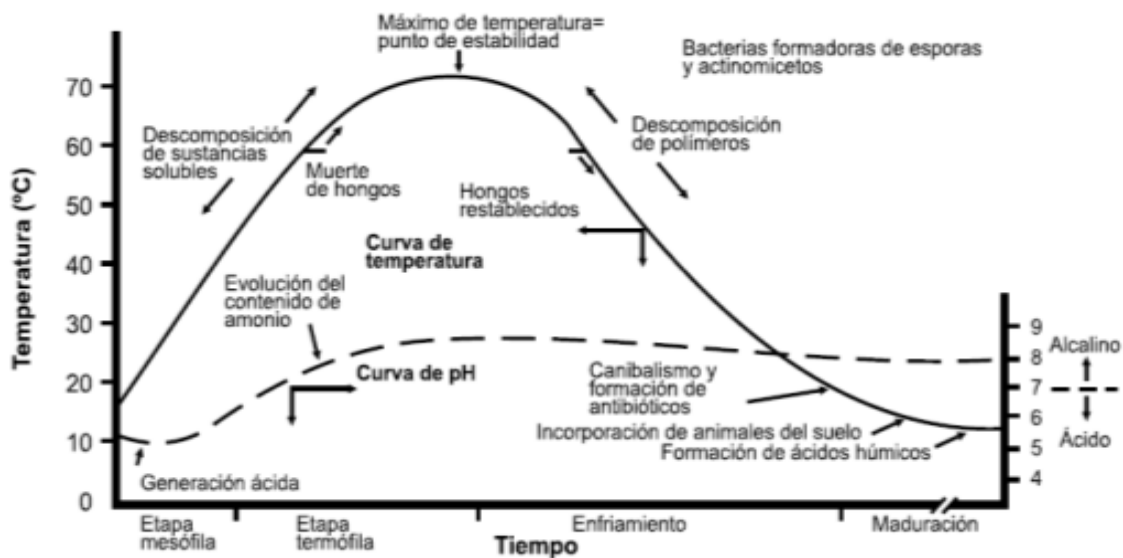
El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0- 7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2 (FAO, 2013).

Tabla 4. Parámetros de pH óptimos

pH	Causas asociadas		Soluciones
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
4,5 - 8,5 Rango ideal			
>8,5	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoníaco alcalinizando el medio.	Adición de material mas seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: FAO, 2013.

Gráfica 2. Variaciones de temperatura y pH en un montón de compost



Fuente: Palmero, 2010.

La falta de oxígeno, las putrefacciones y fermentaciones anaerobias, hacen descender el nivel de pH. La excesiva acidificación del compost es indicio de una incorrecta fermentación. El compost maduro suele tener un pH de 7,5 (Palmero, 2010).

6.5.2. Técnicas De Compostaje

Las técnicas de compostaje varían, principalmente, de acuerdo a las condiciones de aireación, período de volteo y calidad requerida en el producto final. Para compostar residuos agrícolas y forestales se usan 4 técnicas: pilas estáticas, pilas estáticas aireadas pasivamente, pilas aireadas forzadamente y pilas de volteos o en hileras (CONAF).

La elección de cualquiera de ellas va a depender de los objetivos planteados por el productor, capacidad de inversión, funcionamiento, disponibilidad de terreno, complejidad operacional y el potencial para generar problemas ambientales del producto que se desea elaborar (CONAF)

- **Pilas Estáticas:** La tecnología para el compostaje en pilas estáticas es relativamente simple y es el sistema más económico y el más utilizado. Los materiales se acumulan sobre el suelo o pavimento, sin comprimirlos en exceso, siendo muy importante la forma y medida de la pila (CONAF).

Las medidas óptimas oscilan entre 1,2 - 2 m de altura, por 2-4 m de ancho, siendo la longitud variable. La sección tiende a ser trapezoidal, aunque en zonas muy lluviosas es semicircular para favorecer el drenaje del agua. Las pilas son ventiladas por convección natural y se voltean con una frecuencia que depende del tipo de material, de la humedad y de la rapidez con que se desea realizar el proceso, siendo habitual realizarlo cada 6 - 10 días (CONAF).

Imagen 1. Pilas estáticas



Fuente: CONAF, s.f.

- **Pilas Estáticas Aireadas Pasivamente:** Aquí se utiliza una red de tuberías, de 3 a 5 pulgadas de diámetro, perforadas, que se coloca en la parte inferior de la pila. La altura recomendada de la pila es de 1 a 1,5 m, aunque la forma y tamaño óptimo de la pila depende del tamaño de partículas, contenido de humedad, porosidad y nivel de descomposición, todo lo cual afecta el movimiento del aire hacia el centro de la pila. Para permitir el flujo adecuado de aire que entra a través de las cañerías, se coloca una cubierta de turba (CONAF)

Imagen 2. Detalle de pilas estáticas con aireación pasiva.

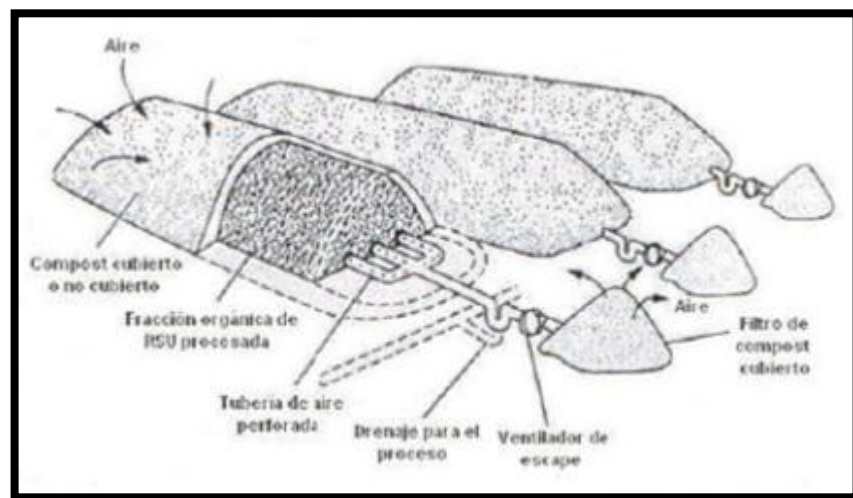


Fuente: CONAF, s.f.

- **Pilas Aireadas Forzadamente:** Se utilizan compresores para inyectar aire al interior o aspiradores que succionan aire hacia el exterior. Este sistema de compostaje requiere una serie de equipamiento (compresor, red de tuberías, válvulas y sistemas de control de presión de aire, temperatura y humedad), por lo que tiene un costo de inversión mayor. (CONAF)

El aporte de oxígeno puede realizarse de forma continua, a intervalos o ligados a un termostato que al llegar a una temperatura de 60 °C, acciona el mecanismo de inyección de aire hasta que la temperatura desciende hasta el valor deseado. Una vez armada la pila, no se toca, hasta que la etapa activa de compostaje sea completa. (CONAF)

Imagen 3. Apilamiento estático con aireación forzada



Fuente: CONAF, s.f.

- **Pilas de Volteos o en Hileras:** El material se acumula en pilas alargadas al aire libre o en galpones. El tamaño y la forma de las pilas (triangular o trapezoidal) dependen del clima, material utilizado y el tipo de máquina disponible para el volteo. (CONAF).

Este sistema considera voltear las pilas, usando técnica manual o mecánica, en forma regular cada 6 a 10 días (fotografías 3 y 4) para que la aireación sea la adecuada. Después de cada volteo, la temperatura desciende alrededor de 5 o 10°C, subiendo de nuevo en caso de que el proceso no haya terminado. (CONAF).

Imagen 4. Pilas de volteos o en hileras



Fuente: CONAF, s.f.

- **Pilas o montones:** Es el método más conocido de los sistemas y posibilidades que tenemos para compostar la materia orgánica. Ideal para compostar grandes volúmenes de materiales: estiércoles, restos de poda, y residuos agropecuarios (Palmero, 2010).

El objetivo es realizar montones de más de 1 m³ de volumen para poder alcanzar temperaturas de hasta 70°C en el interior de la pila, para higienizar el compost (Palmero, 2010).

Este sistema de compostaje es ideal cuando se disponen en momentos puntuales abundantes fuentes de materia orgánica, como los restos de poda de la viña, frutales y restos de jardín (Palmero, 2010).

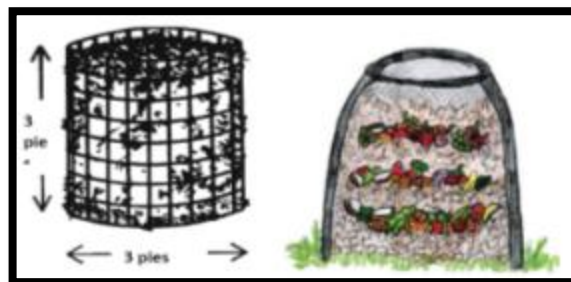
Este sistema permite facilitar la mezcla de los materiales, la aireación, el volteo y el riego de la pila (Palmero, 2010).

6.5.3. Métodos De Compostaje

✓ Compostaje en contenedores

Un contenedor para compostaje puede ser cualquier cosa que contenga los residuos del jardín mientras se descomponen. Puede organizar los residuos de jardín y de comida en capas, como si fuera una lasaña. Aparte de la construcción del recipiente, el único esfuerzo requerido es el de poner los residuos orgánicos en el contenedor. Este proceso requiere relativamente mucho tiempo (entre 6 meses y dos años) porque como no se revuelve, no se está añadiendo aire a la composta. Se puede acelerar el proceso si recorta o tritura los residuos orgánicos antes de ponerlos en la composta (CWMI, 2012).

Imagen 5. Compostera en contenedores



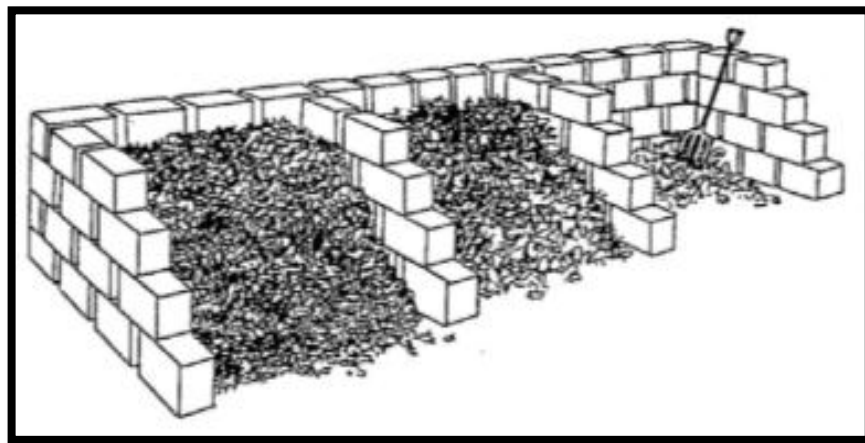
Fuente: CWMI, 2012.

✓ **Compostaje revuelto**

El compostaje revuelto se puede utilizar para los residuos del jardín, de la cocina, o ambos. Cuando añada los residuos a una unidad, no añada mucho de una sola clase. Esto es importante porque los microorganismos necesitan una variedad de nutrientes. Añada capas finas de varios tipos de residuos o mezcle todos sus residuos antes de añadirlos (CWMI, 2012).

Cuando los microorganismos en una de las unidades tienen una mezcla apropiada de nutrientes y bastante aire, trabajan muy rápido y producen mucho calor. La materia orgánica en una unidad puede calentarse hasta 150°F (66°C). Si revuelve la pila cuando la temperatura comienza a bajar, los microorganismos reciben más aire y una nueva mezcla de residuos. Ellos empiezan a trabajar muy duro otra vez, y la pila se calienta. Sigue revolviendo la pila hasta que la composta esté lista. Una pila “caliente” produce composta en un mes aproximadamente. Se puede diseñar y crear su propio sistema para compostaje revuelto utilizando bloques de cemento o madera para construir tres unidades adjuntas (CWMI, 2012).

Imagen 6. Compostaje revuelto



Fuente: CWMI, 2012.

✓ **Compostaje en contenedor comercial o manufacturado**

Hay contenedores para compostaje disponibles a la venta. Estos pueden ser estáticos o giratorios. Las unidades estáticas generalmente se colocan directamente en el suelo para que los gusanos y otros descomponedores puedan subir del suelo para asistir en el proceso del compostaje. Para usar una unidad estática, añada residuos de comida (materia húmeda) continuamente y cúbralas con material seco (hojas o grama seca). Si desea, revuelva la mezcla con un rastrillo o una herramienta para compostaje. Después de 6 meses o un año, retire el contenedor, recoja la composta del fondo de la pila y, comience el proceso de nuevo con la mezcla que quede. Usar varios contenedores es una buena estrategia para conseguir composta lista continuamente. Llene un contenedor y, mientras la composta en ese se está procesando, empiece a llenar el segundo (CWMI, 2012).

Imagen 7. Compostaje en contenedor

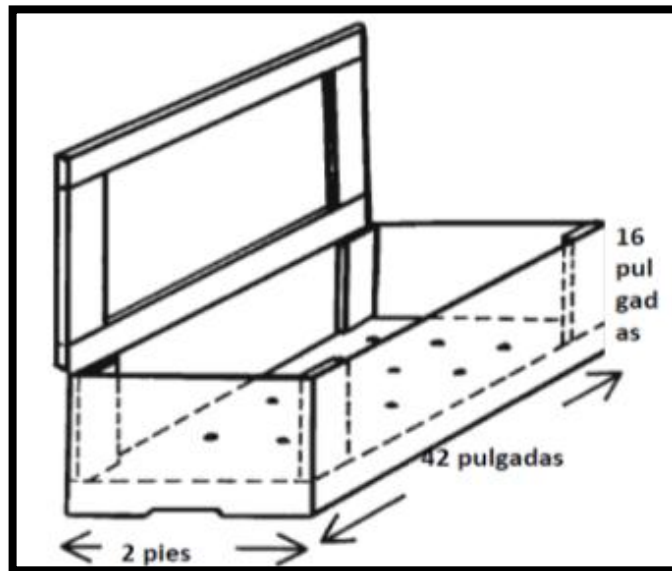


Fuente: CWMI, 2012

✓ **Compostaje con lombrices de tierra**

Un contenedor para el compostaje con lombrices de tierra, puede ser utilizado como un banco. Después de construir el contenedor, y encontrar y proveer una base para las lombrices, el compostaje con lombrices requiere poco mantenimiento. Simplemente se deben añadir los residuos de comida cuando estén disponibles (CWMI, 2012).

Imagen 8. Contenedor para el compostaje con lombrices



Fuente: (CWMI, 2012)

6.5.4. Reconocer Un Buen Compost

Existen varias pruebas que pueden orientarnos a la hora de valorar el estado del compostaje y la idoneidad para su uso:

- **Olor:** Debe ser agradable, a tierra de monte o mantillo. Si desprende olores a podrido y desagradables, reconoceremos que se ha realizado una fermentación incompleta o anaerobia. Si por el contrario el compost, no huele (o huele a tierra seca), se trata de un compost viejo o muy descompuesto.
- **Textura:** Un buen compost debe presentar una textura suelta y algo granulosa. No puede ser pegajosa ni polvorienta.
- **Color y aspecto:** El compost bien hecho presenta un color oscuro y parduzco, difícilmente reconocibles los componentes originales.
- **Prueba de la mano:** La mano es un excelente “biodetector”. Un puñado de compost correcto ni gotea ni se desmenuza.
- **Prueba biológica:** Consiste en la siembra de semillas de berros (o cualquier semilla vegetal de rápido crecimiento) en bandeja con compost y valorar al cabo de unos días los efectos en la germinación de la semilla y el desarrollo de los brotes. Aspectos como: el tiempo de germinación (lo normal es 2-3 días), si es regular o irregular, el color de las hojas verdaderas, el buen o mal desarrollo de los brotes, la presencia de malas hierbas, etc. Nos indicará las bondades del compost realizado. (SENA)
- **Análisis químico:** No se justifica para determinar las bondades del producto, ante la gran variabilidad de materiales orgánicos que se pueden utilizar para realizar el compost. (SENA)

6.5.5. Usos

El uso general del compost producido por cualquiera de las técnicas de compostaje es:

- ✓ Acondicionador del suelo (efecto sobre las propiedades físicas).
- ✓ Bioabono.
- ✓ Recuperación de suelos degradados.
- ✓ Biorremediación de suelos contaminados.

Una vez finalizado el proceso de maduración, el compost puede almacenarse hasta el momento de su venta o aplicación al terreno. Se vende a granel y en envases de 2, 5, 20 y 60 litros.

El compost se usa principalmente como enmienda o fertilizante en procesos agrícolas y como sustrato para el cultivo en maceta; la dosis de aplicación recomendada son 20 a 50 ton/ha cada 2-3 años, en otoño o primavera, enterrándose superficialmente. Para cultivos con grandes necesidades de humus, la dosis puede llegar a ser 40 – 100 ton/ha. Es aconsejable dejar un tiempo razonable de espera entre el abonado con compost y la siembra (PALMERO, 2010).

6.6. LIXIVIADO DEL COMPOST

Corresponde al agua que drena, por la sobresaturación (exceso de humedad) del material, durante el proceso de compostaje. Este exceso de agua, sale del compost y puede colectarse. Contiene también nutrientes solubles y algunos microorganismos. Sin embargo, cuando el compost tiene exceso de agua, y aun esta inmaduro, se generan zonas anaeróbicas, donde se producen compuestos

como azúcares que pueden dar lugar a ácidos y otros compuestos que pueden resultar tóxicos para las plantas (Fitotóxicos). Cuando el lixiviado procede de compost fresco, generalmente el líquido tiene aspecto oscuro, pH ácido y tiene mal olor, (FAO, 2013).

Imagen 9. Lixiviado del compost.



Fuente: FAO; 2013.

6.7. LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)

6.7.1. Historia

La tecnología de los microorganismos eficientes (EM) fue desarrollada en la década de los 80 por el Doctor Teruo Higa, profesor de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, como una opción viable y sostenible para la producción agrícola y animal dentro de los parámetros orgánicos y biológicos, para no afectar el medio ambiente, así como para lograr productos de alta calidad con bajo costo (APROLAB. 2007).

Desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada a una multitud de usos agropecuarios y ambientales, siendo utilizada en más de 130 países del mundo.

Los microorganismos eficientes han sido ampliamente utilizados en el sector agropecuario tanto en suelos como en cultivos, tratamiento de residuos orgánicos, aguas servidas, reducción drástica de plagas (moscas), eliminación de olores molestos producidos por la descomposición de excretas y orina, siendo aprobado en varios e importantes países, entre ellos los Estados Unidos, cuyo departamento de agricultura incluyó a todos los microorganismos presentes en los M.E, dentro de la categoría de G.R.A.S. (Generally Recognized As Safe), seguros para el medio ambiente.

EM, es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros (Ecotecnologías S.f.).

El inoculante microbiano EM es producido como un concentrado líquido para ser usado en el ambiente a fin de eliminar los malos olores, controlar insectos (moscas) y en general para mejorar y mantener ambientes sanos y saludables dentro del entorno natural (Ecotecnologías S.f.).

6.7.2. Importancia De Los Microorganismos Eficaces

Los microorganismos eficientes, como inoculante microbiano, restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conserva los

recursos naturales, generando una agricultura sostenible. Entre los efectos sobre el desarrollo de los cultivos se pueden encontrar:

- ❖ **En las plantas:** Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico; aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas y genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades. Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades; incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas; incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

- ❖ **En los suelos:** Los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, biológicas y supresión de enfermedades. Entre sus efectos se pueden mencionar:
 - **Efectos en las condiciones físicas del suelo:** mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua (BID, 2009).

 - **Corrector de salinidad:** al tener funciones de intercambio de iones en el suelo y aguas duras, facilita el drenaje y lavado de sales tóxicas para los cultivos (Sodio y Cloro) (BID, 2009).

- **Desbloqueador de suelos:** pues permite solubilizar ciertos minerales tales como la cal y los fosfatos (BID, 2009).
- **Acelerador de la descomposición de los desechos orgánicos** (Compost, Bocashi, Vermicompost) por medio de un proceso de fermentación (BID, 2009).
- **Efectos en la microbiología del suelo:** Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia, incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen (BID, 2009).

Los EM, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementa la producción de los cultivos y su protección, además conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible (Ecotecnologías). (BID, 2009).

❖ **Aplicaciones en la Producción Animal:** La Tecnología EM en la producción animal se puede utilizar en el manejo de excretas e instalaciones, incrementando las variables productivas, maximizando la eficiencia de los sistemas (Ecotecnologías).

6.7.3. Principales Microorganismos Presentes En Los E.M.

Bacterias Fotosintéticas (*Rhodopseudomonas spp*):

Grupo de microorganismos independientes y autosuficientes, los cuales sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y/o

gases nocivos (Ej. Amoníaco y sulfuro de hidrógeno), usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Estas sustancias incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, los cuales promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas (Ecotecnologías). (APROLAB, 2007).

Pueden fijar el nitrógeno atmosférico y el bióxido de carbono en moléculas orgánicas tales como aminoácidos y carbohidratos, también sintetizan sustancias bioactivas. Llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere nutrimentos, carbohidratos, aminoácidos, sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día. (SENA).

Bacterias Acidolácticas (*Lactobacillus spp*):

Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por bacterias fotosintéticas y levaduras. Han sido usadas por mucho tiempo en la producción de alimentos como el yogurt, leches ácidas y pepinillos. Pero además el ácido láctico es un compuesto altamente esterilizador que suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de la materia orgánica. (Ecotecnologías).

Las bacterias ácido lácticas tienen la habilidad de suprimir microorganismos causantes de enfermedades como Fusarium, los cuales aparecen en sistemas de producción continua. Bajo circunstancias normales, las especies como Fusarium debilitan las plantas cultivadas, exponiéndose a enfermedades y a poblaciones crecientes de plagas como los nemátodos. El uso de bacterias ácido lácticas reduce las poblaciones de nemátodos y controla la propagación y diseminación de Fusarium, mejorando así el medio ambiente para el crecimiento de cultivos. (APROLAB, 2007).

Levaduras (*Saccharomyces spp*):

Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobianas y otras sustancias útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas, la materia orgánica y las raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas producidas por las levaduras como las hormonas y enzimas, promueven la división activa de las células y raíces (Ecotecnologías).

Actinomicetos:

Funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biocidas). Benefician el crecimiento y actividad del azotobacter y de las micorrizas (SENA).

6.7.4. Preparación EM –Compost

El EM – Compost es un material orgánico que sirve como enmienda para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Los microorganismos efectivos aplicados al suelo ayudan a proteger el cultivo de nematodos y de patógenos de suelo, como por ejemplo del hongo Fusarium. También favorecen el desarrollo de otros pobladores benéficos del suelo como Trichoderma y Penicillium. Por otra parte los EM promueven que se solubilizan ciertos nutrientes del suelo quedando más fácilmente disponible para las plantas (BID, 2009).

El EM – Compost se prepara de forma similar al compost común es decir apilando materiales orgánicos: restos de cultivo, paja, –cama– de animales, estiércol, residuos de cocina, etc. Se intercalan camadas de 20 – 25 cm de los distintos materiales y se forma una pila de sección trapezoidal de aproximadamente 1,5 m

de ancho en la base inferior y 1 m en la base superior y 1 m a 1.20 m de altura. A medida que se va formando la pila se debe ir aplicando EM al 2 % (2 lt de EM / cada 100 de agua) (BID, 2009).

La formación de compost es un proceso de fermentación aeróbica y para que la misma sea homogénea es necesario revolver o voltear la pila cada 7 días. En cada volteo se volverá a aplicar la solución de EM. El proceso de compostaje puede durar 1 a 2 meses dependiendo de la materia prima utilizada, por ejemplo restos de un cultivo de lechuga se descomponen más rápido que la hoja que envuelve la mazorca del maíz (BID, 2009).

6.7.5. Aplicaciones De Los Microorganismos Eficientes (EM)

En la agricultura

La mejor manera de utilizar los microorganismos eficientes (ME) para la agricultura depende de la región, la calidad de la tierra, el clima, el método de cultivo, irrigación, cosechas y otros factores (APROLAB. 2007).

En el tratamiento de semillas

La inmersión de las semillas en una solución de los microorganismos eficientes activado (EMA) mejora la germinación y le brinda a las mismas una cierta protección contra agentes patógenos desde el principio (BID, 2009).

Las semillas pueden sumergirse 20 minutos en una solución de los microorganismos eficientes activado (EMA) al 2 % y luego deben dejarse secar a la sombra antes de sembrar. Si las semillas ya poseen un tratamiento con fungicidas sintéticos, se deben lavar con agua o también aumentar la dosis al 5 % (BID, 2009).

Algunas especies de plantas pueden ser sensibles a la acidez de los microorganismos eficientes, por lo que conviene siempre hacer una prueba antes con una pequeña cantidad de semillas para asegurarse que no habrá problemas (BID, 2009).

En el suelo

Los microorganismos efectivos se pueden aplicar al suelo utilizando Bokashi, EM – Compost o pulverizando los microorganismos eficientes (EM) directamente al suelo o aplicándolo en el agua de riego (BID, 2009).

El uso de los microorganismos eficientes (EM) en el riego es una práctica muy recomendable, la dosis a emplear es de 10 a 100 lt /há, Se pueden realizar dos aplicaciones mensuales, no existiendo inconvenientes para el cultivo si se aplican dosis mayores o más frecuentes (BID, 2009).

En aquellos cultivos que cuentan con riego por goteo se puede inyectar los microorganismos eficaces (EM) en el sistema como si fuese un fertilizante. En este caso los microorganismos eficientes (EM) presenta la ventaja adicional de que al ser ligeramente ácido ayuda a mantener destapados los goteros (BID, 2009).

En foliares

Las pulverizaciones del cultivo con los microorganismos eficaces activado (EMA) previenen el ataque de varios patógenos, y a medida que no se usen plaguicidas químicos en el cultivo se favorece el desarrollo de hongos entomopatógenos (hongos que atacan a los insectos) y otros agentes de control biológico, disminuyendo por lo tanto las plagas (BID, 2009).

Generalmente se realizan pulverizaciones semanales sobre el follaje con una solución de microorganismos eficaces (EM) al 2 %, es decir 2 lt de EM cada 100 lt de agua (BID, 2009).

Cuando se constate el ataque de insectos se puede emplear EM 5 o EPF (extracto de plantas fermentadas) en dosis que van del 2 al 5 %, dependiendo de la seriedad del problema. Estos dos productos son fermentados producidos con microorganismos eficientes (EM) que actúan como repelentes de insectos (BID, 2009).

En tratamiento Post cosecha

El empleo de microorganismos eficientes (EM) en la post cosecha de los frutos mejora su conservación debido a su acción antioxidante y al antagonismo que produce contra algunos patógenos. En este caso también se utiliza una solución de EM al 2 % (BID, 2009)

También se puede emplear los microorganismos eficientes (EM) para desinfectar cajones cosecheros, bins, cámaras y el área de empaque y almacenamiento de las hortalizas (BID, 2009).

En actividad pesquera

De acuerdo a los estudios y experimentos, los microorganismos eficientes (EM) son extremadamente beneficiosos para la actividad pesquera, la comida de los peces se fermenta con los microorganismos eficientes (EM) antes de alimentarlos. Una variedad de alimentos hechos con EM incluyen aquellos excrementos de animales desechos sólidos con Bokashi y alimento comercial (APROLAB. 2007).

En aves de corral

Los microorganismos eficientes (EM) se han vuelto muy populares en la industria avícola. Los alimentos se fermentan con microorganismos eficientes (EM) antes

de suministrarlos a las aves. Una variedad de comidas hechas con microorganismos eficaces (EM) incluyen aquellos excrementos de animales. Se agrega microorganismos eficientes (EM) extendido al agua potable en una preparación de 1; 1,000. También son usados en el agua de bebida el cual ayuda a mejorar microbiológicamente la calidad de la misma, además de enriquecerlas con sustancias benéficas (APROLAB. 2007).

En la producción de animales

Una amplia variedad de alimentos incluyen maíz ensilado, forraje y alimentos comerciales se pueden fermentar con microorganismos eficientes (EM). También se puede agregar microorganismos eficientes activado (EMA) al agua potable, diluido en una proporción de 1:500; usar microorganismos eficientes (EM) también ayuda a reducir, en carne y en la leche, los efectos secundarios dañinos de los vacunos y otros medicamentos (APROLAB. 2007).

En el tratamiento de agua contaminada

Normalmente el agua contaminada incluye niveles altos de BOO, COD, pH, E. Coli y otros contaminantes. Antes de usar los microorganismos eficientes (EM), se recomienda evaluar las propiedades de agua. El propósito de reciclar también debe determinarse; simplemente para eliminar olores desagradables, para uso en agricultura (APROLAB. 2007).

En el reciclaje de desechos sólidos

Los desechos sólidos y la basura de cocina se pueden reciclar para hacer fertilizantes con microorganismos eficientes (EM), el olor de los desechos se pueden eliminar rápidamente. Generalmente los microorganismos eficientes (EM) convierten a los desechos en productos inofensivos y útiles. Normalmente la descomposición de los desechos tarda varios meses, con los microorganismos eficientes (EM) tarda únicamente de 4 a 6 semanas (APROLAB. 2007).

En la vida diaria

Los microorganismos eficientes (EM) pueden usarse en nuestra vida diaria de diferentes maneras. Se puede vaciar en los servicios sanitarios para eliminar olores desagradables y en los baños para protegerlos de hongos, en las cocinas para eliminar el olor de la comida, en los jardines para cultivar flores, frutas y vegetales. Se recomienda los microorganismos eficientes (EM) diluidos en una preparación de 1_500 ó microorganismos eficientes (EM) diluidos en una proporción de 1:5000 para las aplicaciones mencionadas (APROLAB. 2007).

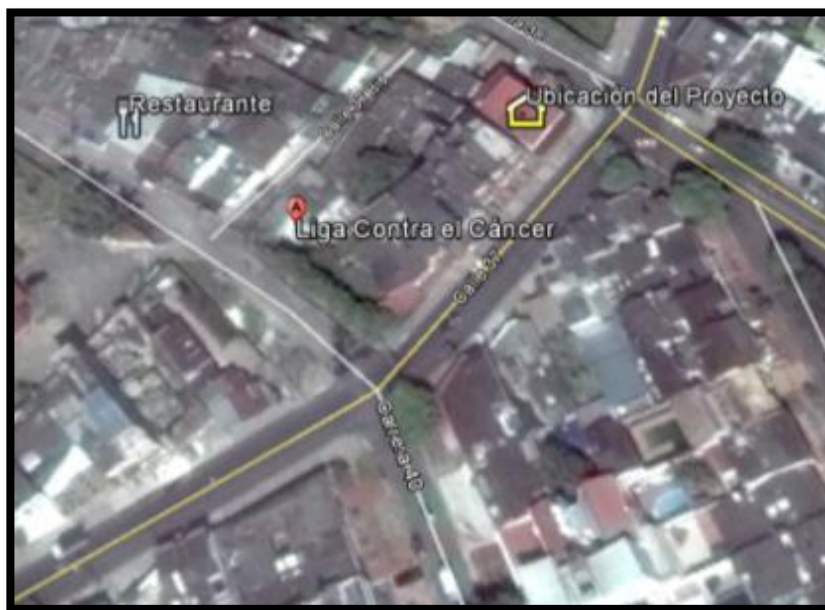
7. METODOLOGÍA

7.1. LOCALIZACIÓN

Fase De Campo:

La investigación se llevó a cabo en la casa de una de las integrantes del proyecto en el barrio San José, en el municipio de Villavicencio en el departamento del Meta, a los 4° 08' 48.70" de latitud Norte y 73° 34' 27.31" de longitud Oeste, y a una altitud de 483 m.s.n.m, a una temperatura promedio 25,5°C, precipitación media anual de 3.856mm, humedad relativa de 82%, y un brillo solar de 1623,8 horas/sol/año. (CLIMATE-DATA.ORG).

Figura 1. Localización del proyecto



Fuente: (Google earth)

Fase De Laboratorio:

Esta fase se llevó acabo en el laboratorio de la Universidad De Los Llanos, ubicada en la vereda Barcelona kilómetro 12 vía a Puerto López, en el municipio de Villavicencio en el departamento del Meta, a los 4° 04′ 26.07″ de latitud Norte y 73° 34′ 56.57″ de longitud Oeste, y a una altitud de 385 m.s.n.m, a una temperatura promedio 30°C, precipitación media anual de 3.663 mm, humedad relativa de 82%, y un brillo solar de 1623,8 horas/sol/año. (Gobernación del Meta; 2015).

Figura 2. Localización de la segunda fase



Fuente: (Google earth)

7.2. MATERIALES

Fase De Campo

Herramientas y equipos.

- Pala.
- Carretilla.
- 8 Canecas de 30L
- Balanza Gramera.
- 4 Lonas

Materiales y suministros.

- Pasto.
- Cartón.
- Aserrín.
- Residuos de restaurantes.
- Microorganismos eficientes (M.E).

Fase De Laboratorio

Herramientas y equipos.

- Microscopio
- Estereoscopio
- Balanza analítica
- Estufa
- 8 Erlenmeyer
- 32 Tubos de ensayo
- 72 Cajas Petri

Materiales y suministros.

- Agua destilada
- Agar nutriente
- PDA
- Amoniacal
- Cristal
- Lugol
- Alcohol
- Lixiviado
- Residuo solido

7.3. VARIABLES

7.3.1. Variables independientes

- Dosis de Microorganismos Eficientes (EM).
- Peso de residuos orgánicos.

7.3.2. Variables dependientes

- Peso del compost.
- Tiempo de compostaje.
- Proporción de los residuos iniciales con relación al compost
- Extracción de lixiviado

7.3.3. Variables intervinientes

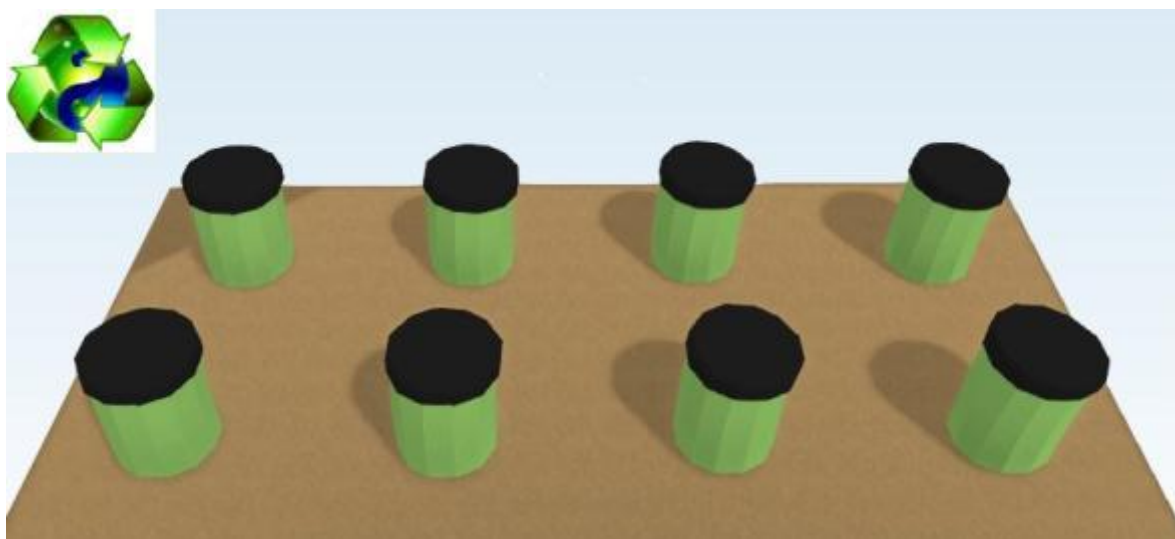
- Humedad atmosférica.
- Temperatura.

7.4. MÉTODOS

7.4.1. Diseño Experimental

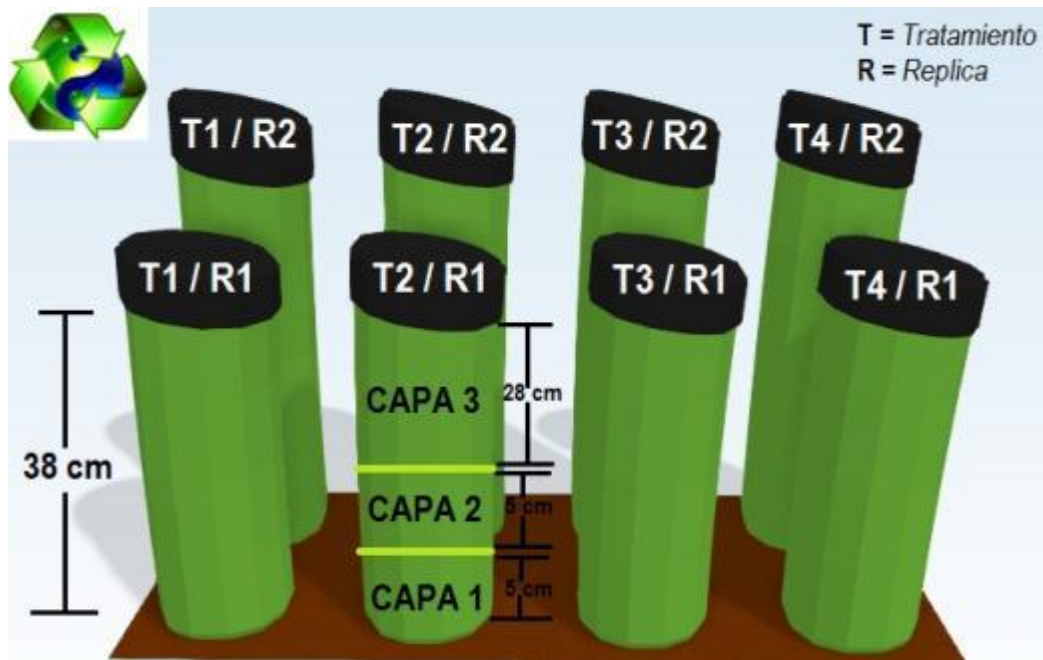
Este proyecto se realizará con un diseño factorial fraccional ya que consta de dos (2) replicaciones y cuatro (4) tratamientos (**Ver figura 2**), cada uno con distintos materiales (aserrín, cartón, pasto, residuos de restaurantes y/o microorganismos eficientes), cuyas unidades experimentales cubren todas las posibles combinaciones de estos en los distintos tratamientos (**Ver figura 4**); distribuidos de la siguiente manera: cada tratamiento se procesa en una caneca de una capacidad de treinta litros (30L), con unas dimensiones de treinta y ocho centímetros (38 cm) de alto y un diámetro de treinta y nueve centímetros (39 cm) y seccionada por capas, donde las dos (2) primeras capas miden cinco centímetros (5 cm) de alto y la tercera mide los veintiocho centímetros (28 cm) restantes de la caneca, además, cada capa es alguno de los residuos orgánicos mencionados anteriormente (**Ver figura 3**), con un total de ocho (8) canecas a evaluar.

Figura 3. Diseño general



Fuente: Autores.

Figura 4. Diseño de campo



Fuente: Autores.

Figura 5. Diseño por tratamientos



Fuente: Autores.

Tabla 5. Tratamientos

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
1	Contiene pasto, aserrín, residuos de restaurantes y la aplicación de microorganismos eficientes
2	Contiene pasto, aserrín y residuos de restaurantes
3	Contiene pasto, cartón, residuos de restaurantes y la aplicación de microorganismos eficientes
4	Contiene pasto, cartón y residuos de restaurantes

Fuente: Autores.

7.4.2. Toma De Datos

En la fase de campo se observará el color, formación de hongos y olor en cada tratamiento, de igual manera se realizarán mediciones de reducción de materia sólida (cm) y extracción de lixiviado (ml) semanalmente para así poder realizar sus respectivas comparaciones según los resultados. Finalmente se procederá a pesar el residuo sólido obtenido en este proceso.

En la fase de laboratorio se realizaran las respectivas evaluaciones con las muestras extraídas del proyecto experimental, además se harán los respectivos montajes en los medios adecuados para observar, cuantificar e identificar las unidades formadoras de colonias en cada medio (Agar Nutritivo (AN), Papa Dextrosa Agar (PDA) y Amoniacal); los factores a evaluar son: Diagnóstico (Hongos) y movimiento, tinción de Gram y catalasa (Bacterias). Por cada muestra

de cada tratamiento se seleccionara un hongo o una bacteria según el medio, con el fin de obtener los resultados de las pruebas mencionas anteriormente.

7.4.3. Manejo Agronómico

Para el presente proyecto de investigación se iniciaría con la elección del restaurante quien sería el generador de los residuos de comida que se necesitan para la realización de gran parte de este proyecto, de igual forma procederemos a la consecución del aserrín en carpinterías y/o aserríos, además el cartón que lo obtendremos de los reciclajes en conjuntos o almacenes de cadena y el pasto es proporcionado en el sitio donde se establecería el montaje, por último se gestionaría la donación de los microorganismos eficientes (MO).

Una vez almacenados todos los residuos orgánicos se iniciaría la elaboración de éste, de la siguiente forma: Se depositaría los residuos de restaurante, el aserrín, cartón, pasto y microorganismos eficientes (E.M) en las respectivas canecas (**Ver figura 4**) únicamente al inicio del montaje.

7.4.4. Manejo De Datos

Los datos serán coleccionados, tabulados, ordenados y analizados con el fin de realizar un análisis de varianza entre tratamientos con la prueba de rango múltiple de Duncan.

Con las variables independientes se harán pruebas de Pearson la cual consiste en una prueba estadística para analizar la relación entre dos o más variables medidas en un nivel por intervalos o razón.

8. RESULTADOS

8.1. FASE CAMPO

Los datos aquí plasmados corresponden a las mediciones en centímetros (cm) de cada tratamiento realizadas semanalmente y durante aproximadamente tres meses equivalentes a once semanas, tiempo durante el cual se evaluó la reducción de la materia sólida (Ver tabla 6).

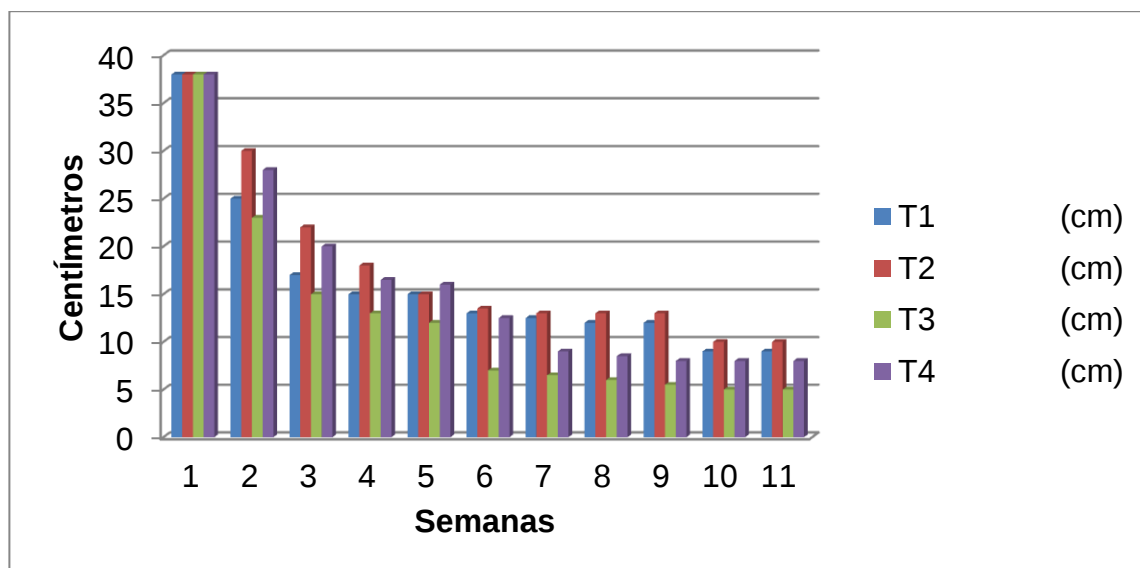
Tabla 6. Datos cronológicos de la materia sólida

Tratamiento Semana	T1 (cm)	T2 (cm)	T3 (cm)	T4 (cm)
1	38	38	38	38
2	25	30	23	28
3	17	22	15	20
4	15	18	13	16,5
5	15	15	12	16
6	13	13,5	7	12,5
7	12,5	13	6,5	9
8	12	13	6	8,5
9	12	13	5,5	8
10	9	10	5	8
11	9	10	5	8

Fuente: Autores.

La siguiente grafica de barras titulada (**Grafica 3.** Reducción semanal de la materia solida), corresponde a los datos de la **tabla 6.**, la cual hace visible la reducción gradual en centímetros (cm) de la materia sólida en cada uno de los tratamientos.

Gráfica 3. Reducción semanal de la materia sólida



Fuente: Autores.

Los valores de la **Tabla 7** se muestran en gramos y corresponden al peso inicial de la materia solida de cada uno de los tratamientos y al peso final de ellos, mostrando de manera porcentual la variación o disminución de la materia al término de las once (11) semanas.

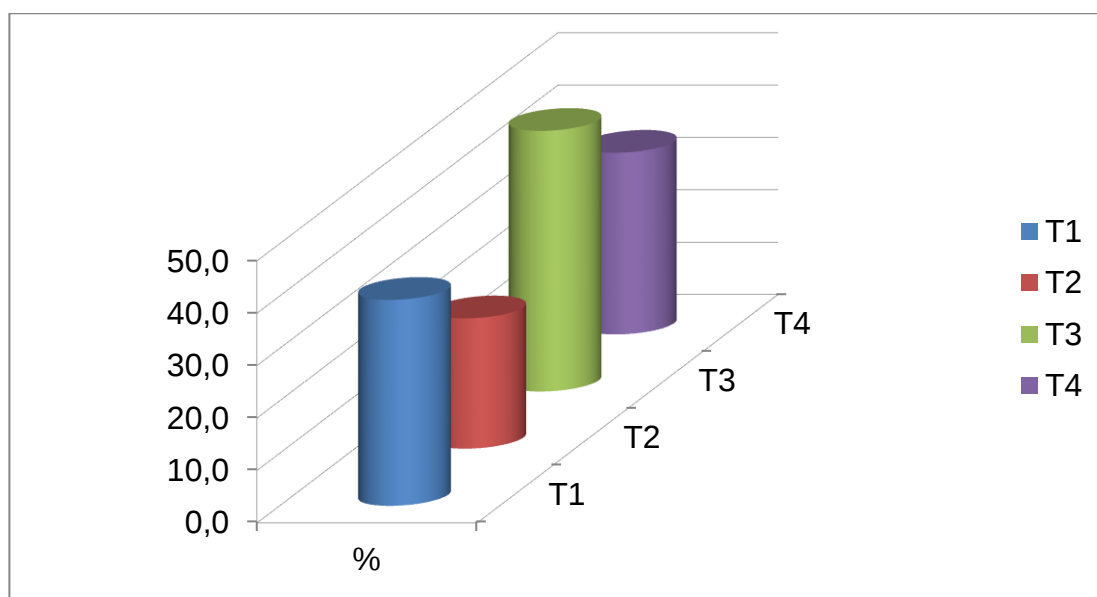
Tabla 7. Variación porcentual final del peso de la materia sólida

TRATAMIENTO	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	%
1	3640	2210	39,3
2	3460	2600	24,9
3	3335	1675	49,8
4	3155	2060	34,7

Fuente: Autores.

Los datos plasmados en la **Grafica 4** corresponden a la variación porcentual del peso inicial de la materia solida de cada uno de los cuatro (4) tratamientos menos el peso final de los mismos al término de la semana número once (11). El resultado de esta grafica esta dado en términos porcentuales.

Gráfica 4. Variación porcentual final del peso de la materia sólida



Fuente: Autores.

Los datos contenidos en la **Tabla 8.**, son el resultado de la extracción en mililitros (ml) del lixiviado emanado de cada uno de los tratamientos; a través de mediciones que se efectuaron semanalmente y se almacenaron en recipientes plásticos individualizados para cada tratamiento.

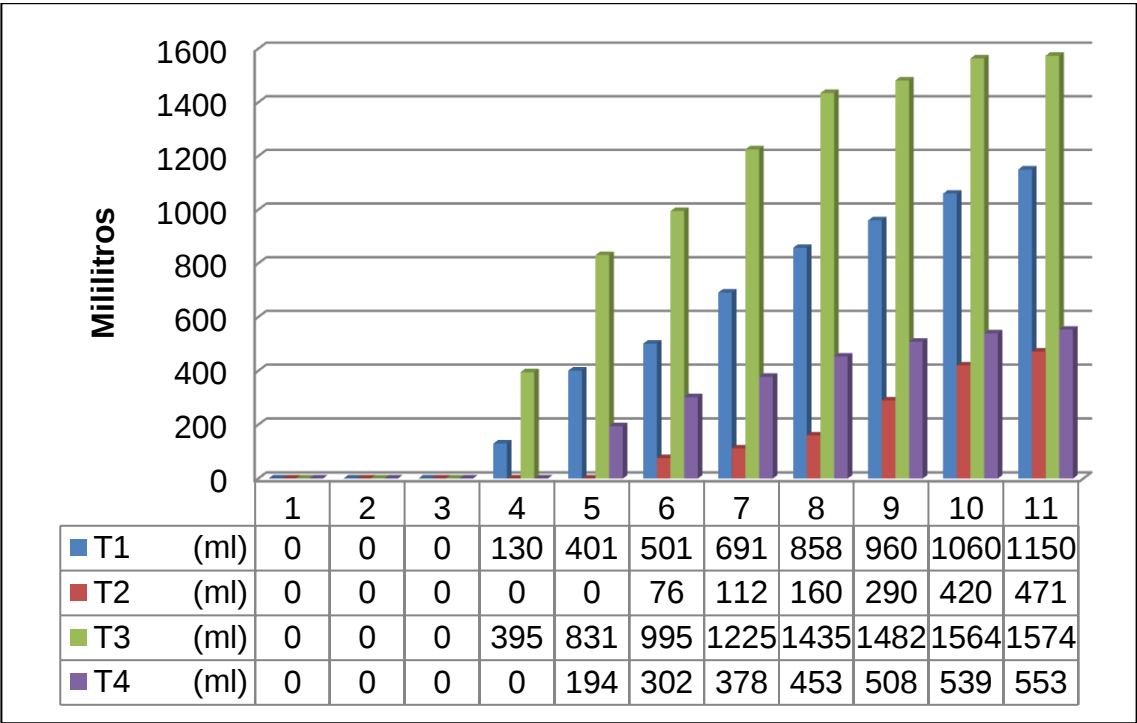
Tabla 8. Extracción semanal del lixiviado

Tratamiento Semana	T1 (ml)	T2 (ml)	T3 (ml)	T4 (ml)
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	130	0	395	0
5	271	0	436	194
6	100	76	164	108
7	190	36	230	76
8	167	48	210	75
9	102	130	47	55
10	100	130	82	31
11	90	51	10	14
TOTAL	1150	471	1574	553

Fuente: Autores.

En la **Gráfica 5** se muestra la cantidad de lixiviado en mililitros (ml) obtenida en cada uno de los cuatro (4) tratamientos y durante las once (11) semanas de forma acumulativa; de tal manera que lo extraído en las semanas subsiguientes se iban sumando con lo obtenido en las semanas anteriores; es decir que la semana once (11) muestra la cantidad total de la materia liquida derivada en cada tratamiento.

Gráfica 5. Extracción progresiva y acumulativa del lixiviado



Fuente: Autores.

8.2. FASE LABORATORIO

Los datos señalados en la **Tabla 9** son el resultado del conteo de las colonias existentes en la siembra de la materia sólida en el medio de **Papa Dextrosa Agar (PDA)**, este medio es utilizado para la formación de hongos por ser uno de los más adecuados. La finalidad de esta tabla es mostrar el promedio de las Unidades Formadoras de Colonias (U.F.D.C) halladas en las tres (3) muestras de cada tratamiento y así destacar la eficacia en el proceso de descomposición de esta materia.

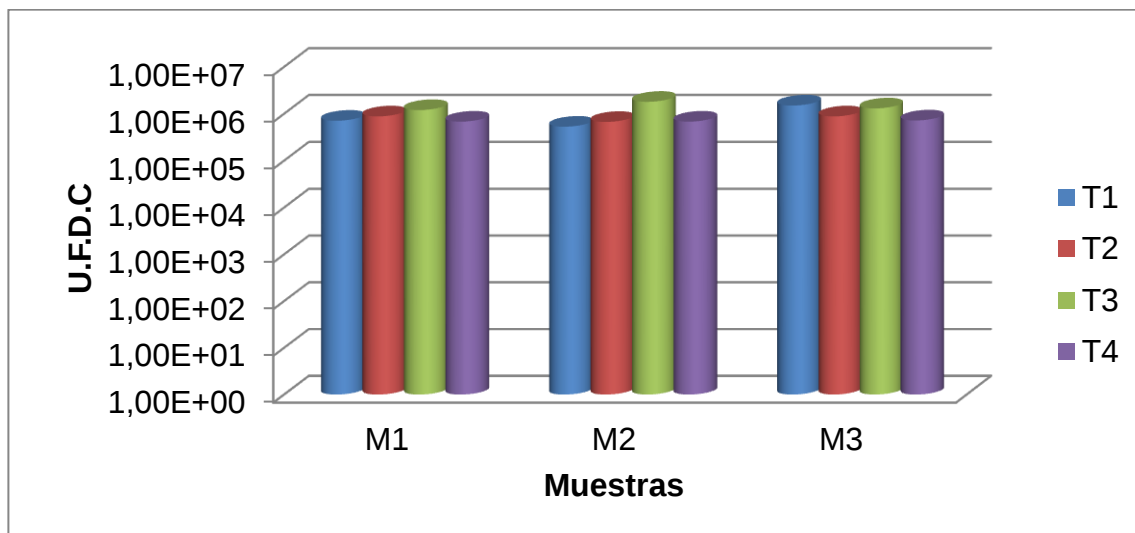
Tabla 9. Datos finales de las U.F.D.C en la materia sólida en (PDA)

Tratamiento Repetición				
	T1	T2	T3	T4
M1	7,10E+05	8,80E+05	1,20E+06	6,80E+05
M2	5,30E+05	6,70E+05	1,80E+06	6,80E+05
M3	1,50E+06	8,80E+05	1,30E+06	7,20E+05
V.F.	9,13E+05	8,10E+05	1,43E+06	6,93E+05

Fuente: Autores.

La **Gráfica 6** ilustra el contenido de los datos finales obtenidos en la formación de colonias de hongos en las respectivas muestras de cada tratamiento tabulados en la **Tabla 9**.

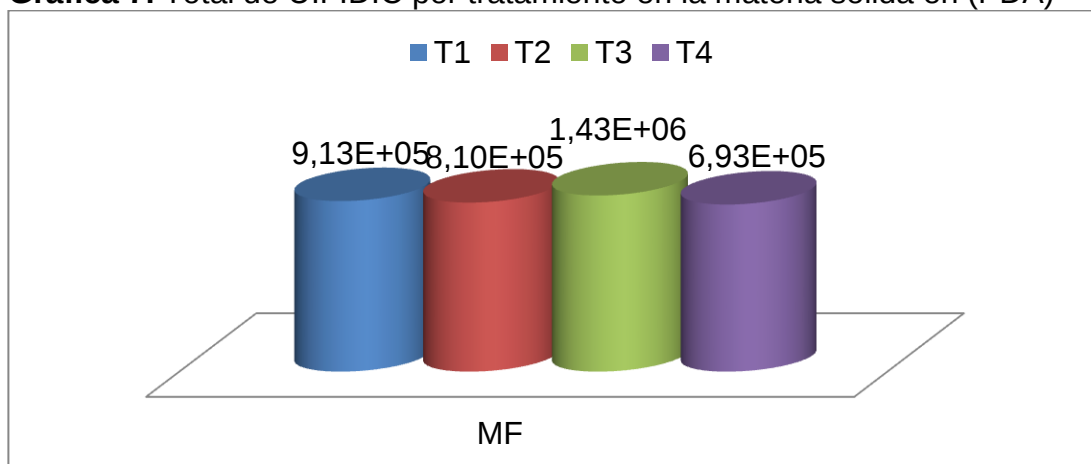
Gráfica 6. Total de U.F.D.C por muestra en la materia sólida en (PDA)



Fuente: Autores.

Los datos plasmados en la **Gráfica 7** totalizan la cantidad final de las Unidades Formadoras de Colonias (U.F.D.C) sembrados en **Papa Dextrosa Agar** (PDA) y halladas en cada tratamiento al finalizar el proyecto

Gráfica 7. Total de U.F.D.C por tratamiento en la materia sólida en (PDA)



Fuente: Autores.

La información contenida en la **Tabla 10** es el resultado del conteo de las colonias existentes en la siembra de la materia sólida en el medio de **Agar Nutritivo (AN)**, este medio es utilizado para la formación de bacterias. La finalidad de esta tabla es mostrar el promedio de las Unidades Formadoras de Colonias (U.F.D.C) halladas en las tres (3) repeticiones de cada tratamiento.

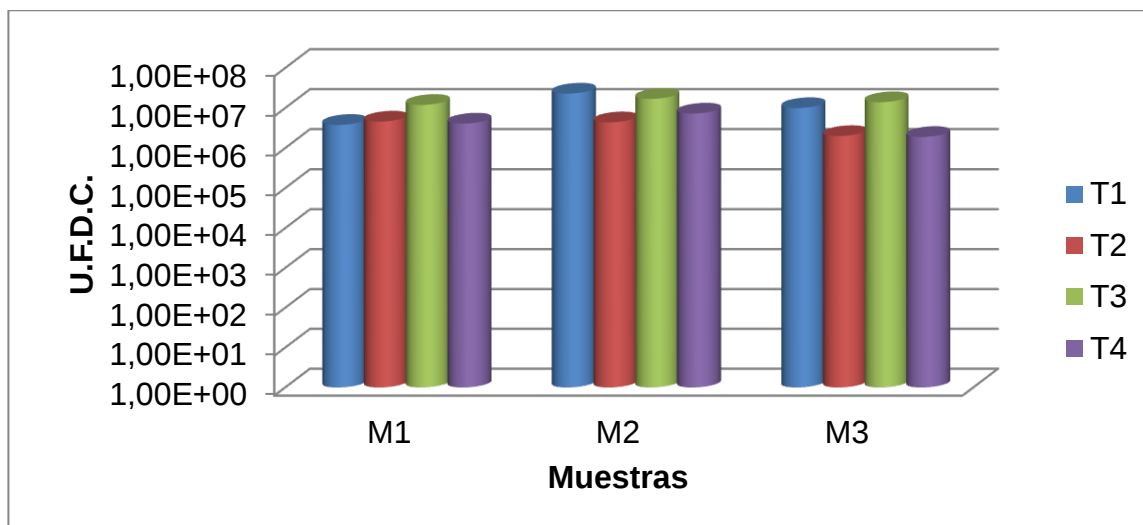
Tabla 10. Datos finales de las U.F.D.C. en la materia sólida en (AN)

Tratamiento Repetición	T1	T2	T3	T4
M1	3,80E+06	4,60E+06	1,20E+07	4,10E+06
M2	2,30E+07	4,40E+06	1,70E+07	7,30E+06
M3	1,00E+07	2,00E+06	1,40E+07	1,90E+06
V.F.	1,23E+07	3,67E+06	1,43E+07	4,43E+06

Fuente: Autores.

La **Gráfica 8** resalta el contenido de los datos finales obtenidos en la formación de colonias de bacterias en las respectivas muestras de cada uno de los tratamientos registrados en la **Tabla 10**.

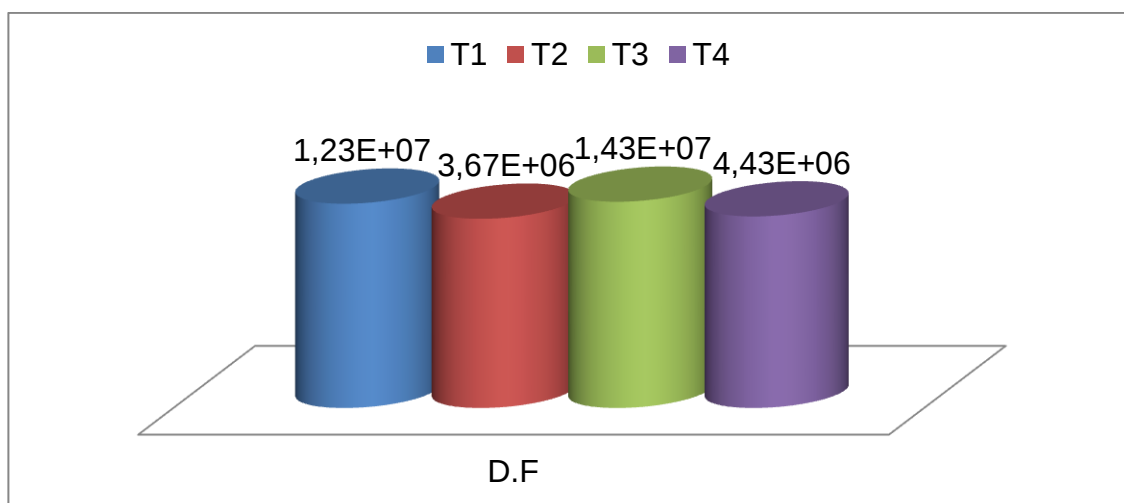
Gráfica 8. Total de U.F.D.C por muestra en la materia sólida en (AN)



Fuente: Autores.

Los datos que registra la **Gráfica 9** corresponden al total de la cantidad final de las Unidades Formadoras de Colonias (U.F.D.C) sembrados en **Agar Nutritivo** (AN) y halladas en cada tratamiento.

Gráfica 9. Total de U.F.D.C por tratamiento en la materia sólida en (AN)



Fuente: Autores.

Los datos indicados en la **Tabla 11** son el resultado del conteo de las colonias de hongos existentes en la siembra de la materia líquida (lixiviado) en el medio de **Papa Dextrosa Agar (PDA)**. La finalidad de esta tabla es evidenciar el promedio de las Unidades Formadoras de Colonias (U.F.D.C) halladas en las tres (3) muestras de cada tratamiento.

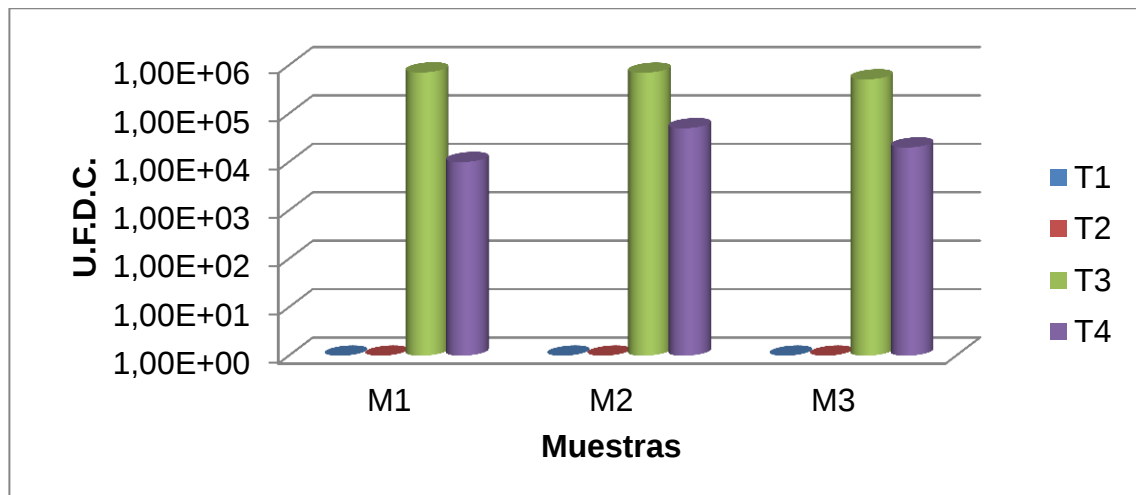
Tabla 11. Datos finales de las U.F.D.C. en la materia líquida en (PDA)

Tratamiento Repetición	T1	T2	T3	T4
M1	0,00E+00	0,00E+00	7,10E+05	1,00E+04
M2	0,00E+00	0,00E+00	7,00E+05	5,00E+04
M3	0,00E+00	0,00E+00	5,10E+05	2,00E+04
V.F.	0,00E+00	0,00E+00	6,40E+05	2,67E+04

Fuente: Autores.

La **Gráfica 10** evidencia el contenido de los datos finales obtenidos en la formación de colonias de hongos en las respectivas muestras de cada uno de los tratamientos registrados en la **Tabla 11**.

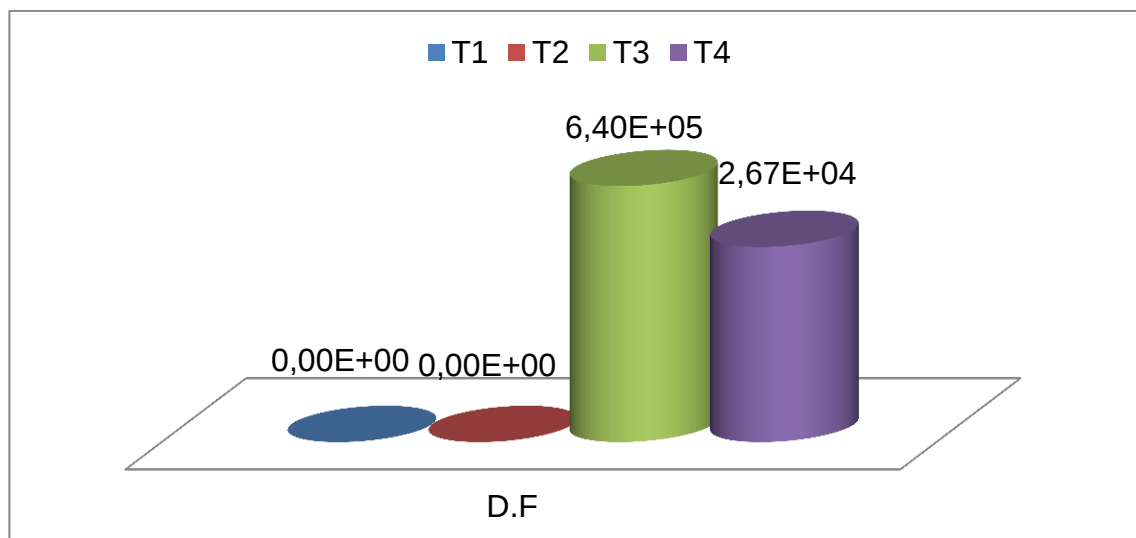
Gráfica 10. Total de U.F.D.C por muestra en la materia líquida en (PDA)



Fuente: Autores.

Los datos plasmados en la **Gráfica 11** hacen visibles la totalidad de las Unidades Formadoras de Colonias (U.F.D.C) sembrados en **Papa Dextrosa Agar** (PDA) y halladas en cada tratamiento en la materia líquida.

Gráfica 11. Total de U.F.D.C por tratamiento en la materia líquida en (PDA)



Fuente: Autores.

La información contenida en la **Tabla 12** es el resultado del conteo de las colonias de bacterias existentes en la siembra de la materia líquida (lixiviado) en el medio de **Agar Nutritivo (AN)**. La finalidad de esta tabla es mostrar el promedio de las Unidades Formadoras de Colonias (U.F.D.C) halladas en las tres (3) muestras de cada uno de los tratamientos.

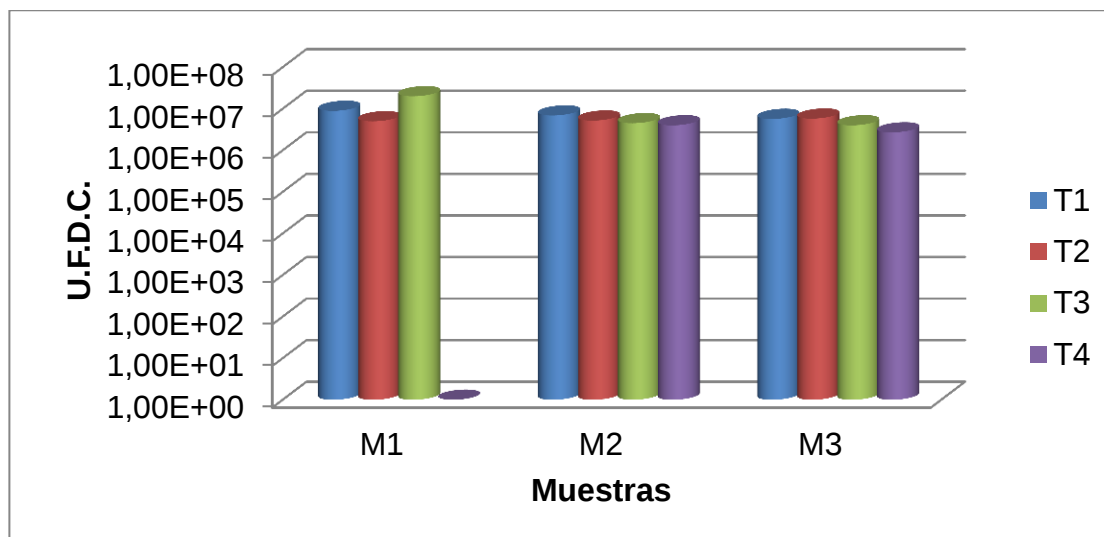
Tabla 12. Datos finales de las U.F.D.C en la materia líquida en (AN)

Tratamiento Repetición	T1	T2	T3	T4
M1	8,90E+06	5,00E+06	2,00E+07	0,00E+00
M2	6,90E+06	5,20E+06	4,50E+06	4,00E+06
M3	5,70E+06	5,80E+06	4,00E+06	2,70E+06
V.F.	7,17E+06	5,33E+06	9,50E+06	2,23E+06

Fuente: Autores.

La **Gráfica 12** evidencia el contenido de los datos finales obtenidos en la formación de colonias de bacterias en las respectivas muestras de cada uno de los tratamientos registrados en la **Tabla 12**.

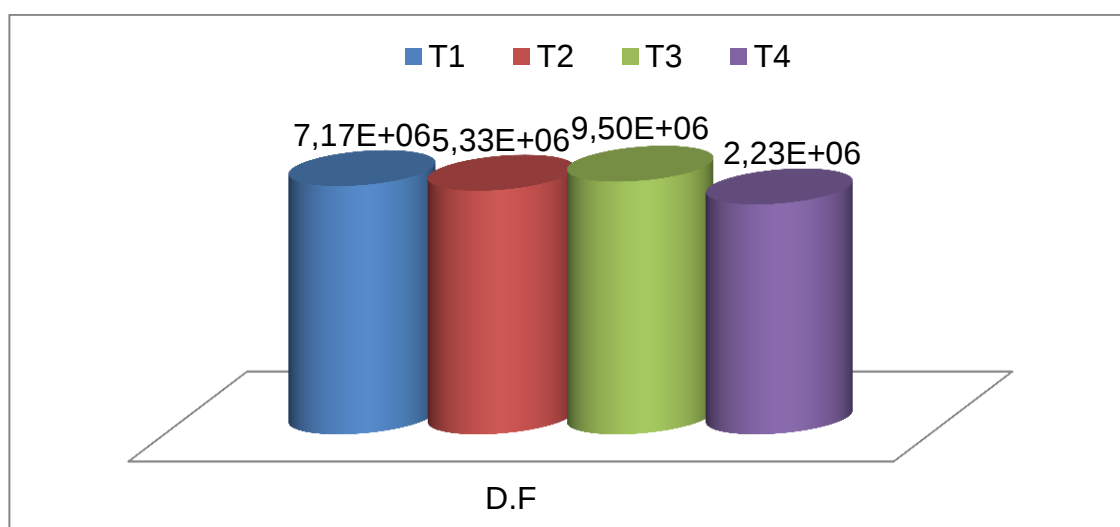
Gráfica 12. Total de U.F.D.C por muestra en la materia líquida en (AN)



Fuente: Autores.

La **Grafica 13** muestra la cantidad final de las Unidades Formadoras de Colonias (U.F.D.C) sembrados en **Agar Nutritivo** (AN) y halladas en cada tratamiento de la materia líquida.

Gráfica 13. Total de U.F.D.C por tratamiento en la materia líquida en (AN)



Fuente: Autores.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La iniciativa o idea primaria para la realización de este proyecto nace de la problemática existente en cuanto a los residuos sólidos emanados de restaurantes y hogares, que por el desconocimiento del valor agregado de estos los convierten en basuras al ser mezclados con residuos no biodegradables. Para tal efecto se dio inicio a este trabajo con el montaje del proyecto como lo muestra la **Figura 5**. Con el fin de determinar y escoger la mejor alternativa de degradación de residuos sólidos para la extracción de lixiviados, realizando un proceso de manera controlada y mediante el uso de microorganismos eficientes (EM). Los datos arrojados semanalmente en cuanto a reducción o degradación de los residuos del montaje (**Ver Tabla 6**), como también la cantidad extraída en mililitros (ml) del lixiviado (**Ver Tabla 8**). Teniendo en cuenta los resultados obtenidos semanalmente en cada tratamiento, se procedió a tabularlos para luego ser analizados mediante la prueba de rango múltiple de Duncan (**Ver Anexo 1 y Anexo 2**), el resultado de este análisis se ve claramente en las **Gráficas 3 y 5**.

Partiendo del contenido de la **Tabla 6**, **Grafica 3** y el análisis de varianza del **Anexo 1**, se pudo establecer una comparación entre los cuatro (4) tratamientos, evidenciándose así la presencia de tres (3) grupos de significación (A, B y C), dando así una diferencia significativa reflejada en los grupos diferentes si $p \leq 0,05$ (5%); con base a lo anterior se pudo analizar que entre el tratamiento tres (3) y cuatro (4) y el tratamiento uno (1) y dos (2) hubo diferencia significativa; aunque en el tratamiento uno (1) y cuatro (4) no hubo diferencia significativa debido al proceso de degradación que presentan los residuos sólidos de cada uno

de ellos, es decir, que aunque el tratamiento uno (1) tenía microorganismos eficientes había aserrín que según la literatura es más demorado en degradarse dependiendo de la especie arbórea, tamaño de las partículas, la humedad o el clima, a diferencia del tratamiento cuatro (4) que contenía cartón, que por su proceso de producción es más rápida su degradación; también se pudo establecer que el tratamiento con mayor diferencia significativa fue el tratamiento tres (3), en razón a los componentes que lo conformaron.

En cuanto a la extracción semanal y progresiva acumulativa del lixiviado se pudo evidenciar que los datos contenidos en la **Tabla 8**, **Grafica 5** y **Anexo 2**, hacen visibles dos grupos de significación A y B, los cuales resaltan las diferencias significativas entre el tratamiento uno (1) y dos (2) y el tratamiento tres (3) y cuatro (4). También se ve que el tratamiento uno (1) y tres (3) no tienen diferencias significativa; se hace referencia a éstos debido a que son los que contienen microorganismos eficientes (EM).

Otro factor analizado es la variación porcentual final del peso de la materia sólida por cada tratamiento (**Ver Tabla 7 y Grafica 4**). Nótese que el tratamiento tres (3) y uno (1) fueron los que mayor pérdida de peso presentaron, aduciendo este comportamiento al contenido de microorganismos eficientes (EM).

En la etapa de laboratorio se observó la presencia de Unidades Formadoras de Colonias (U.F.D.C) en los medios de Papa Dextrosa Agar (PDA) y Agar Nutritivo (AN) sembrando allí la materia sólida y líquida y a cuyos resultados se les realizó un análisis de varianza con la prueba de rango múltiple de Duncan, arrojando como resultado dos grupos de significación (A y B) en los dos (2) medios de la materia sólida y en la líquida en el medio para formación de hongos es decir en el de Papa Dextrosa Agar (PDA) donde se evidencia diferencias estadísticas

significativas con un nivel de significancia del cinco (5) y el uno (1) por ciento (%) (**Ver Anexo 3, Anexo 4 y Anexo 5**); y en el medio de Agar Nutritivo (AN) de la siembra de la materia líquida no se evidenció diferencia significativa alguna entre los tratamientos es decir que solo se manifestó un grupo de significación (A) (**Ver Grafica 12, Grafica 13 y Anexo 6**).

Analizando las pruebas de comparación media de Duncan realizadas a los resultados de las Unidades Formadoras de Colonias (U.F.D.C) en la materia sólida en el medio de Papa Dextrosa Agar (PDA) se pudo resaltar la diferencia significativa en los tratamientos tres (3) y cuatro (4) con un nivel de significancia del cinco (5) por ciento (%) y entre los tratamientos uno (1) y dos (2) con un nivel de significancia del uno (1) por ciento (%) y en el tratamiento uno (1) y tres (3) no se evidencia diferencia significativa alguna (**Ver Tabla 9, Grafica 6, Grafica 7 y Anexo 3**); en el medio de Agar Nutritivo (AN) para las Unidades Formadoras de Colonias (U.F.D.C) de bacterias se denota que entre el tratamiento tres (3) y cuatro (4) se presentan diferencias estadísticas significativas del cinco (5) por ciento (%) al igual que el tratamiento uno (1) y dos (2) (**Ver Tabla 10, Grafica 8, Grafica 9 y Anexo 4**).

Finalmente observando la **Tabla 12, Grafica 12, Grafica 13 y Anexo 5** se puede resaltar que en el análisis efectuado a estos resultados de Unidades Formadoras de Colonias de Hongos de la materia líquida (lixiviado) sembrada en el medio de Papa Dextrosa Agar (PDA), se resalta que hay diferencias estadísticas significativas en los tratamientos tres (3) y cuatro (4) recalcando así la significación del cinco (5) por ciento (%) entre ellos.

10. CONCLUSIONES

El uso de los microorganismos eficientes en el transcurso de la degradación de los residuos sólidos para la extracción y obtención de abonos orgánicos resultó ser un proceso sencillo y económico que puede ser beneficioso para el ser humano en la implementación de los cultivos, siempre y cuando se cuente con asesoramiento y acompañamiento para la elaboración e implementación de éste, y en la medida que se planifique cronológicamente esta actividad y se incluya en la proyección y planeación para el establecimiento y manejo un cultivo.

Mediante el proceso de compostaje implementado para la descomposición de los residuos sólidos se puede aseverar que la aplicación de microorganismos eficientes (ME) en la evolución de este proyecto, aceleró la degradación de la materia en comparación a los tratamientos que no los contenían y por tanto el resultado final (Lixiviado). Lo anterior muestra un efecto positivo y por tanto confirma que la hipótesis de investigación (Hi) de este proyecto, es válida.

Un vez terminado el proceso de desintegración de la materia sólida y la extracción del lixiviado fueron tomadas las respectivas muestras, llevadas al laboratorio y sembradas en medios de Papa Dextrosa Agar (PDA) y Agar Nutritivo (AN) para la reproducción de hongos y bacterias respectivamente, mostrando así la formación de un hongo en todos tratamientos y confirmando que los microorganismos descomponedores de la materia sin buscarlos están latentes en el agua, en el aire y la materia a descomponer.

En general, se identifica que en la extracción de lixiviado y la descomposición de los residuos, utilizando Microorganismos Eficientes, residuos de restaurante, cartón y pasto es decir el tratamiento tres (T3), es el que presenta mejor respuesta, según esta investigación.

11. PROBLEMAS Y DIFICULTADES

Una vez tomadas las muestras del resultado final del proyecto de investigación, fueron llevadas al laboratorio con el fin de cuantificar las unidades formadoras de colonias (U.F.D.C) y dada la importancia de este trabajo, se quiso hacer un análisis de diagnóstico para determinar qué clase de hongos y de bacterias estaban presentes en la siembra de este abono en sus respectivos medios; presentándose allí una dificultad al momento del diagnóstico debido a que a pesar de que se realizaron los montajes para la identificación en hogos y las pruebas de tinción de Gram, Catalasa y movimiento para bacterias, no se logró identificar los microorganismos desarrollados en los medios Papa Dextrosa Agar (PDA) y Agar Nutritivo (AN), por no contar con los elementos adecuados y reactivos necesarios para la realización de pruebas extras indispensables para esta identificación.

12.RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Partiendo de nuestra experiencia en la elaboración y desarrollo de este proyecto investigativo se sugiere implementar el desarrollo de nuevos proyectos en forma aeróbica para así hacer comparaciones de microorganismos y macroorganismos que puedan aparecer en la degradación de la materia sólida y también el aprovechamiento total del resultado de este proceso.

Según lo observado en las pruebas y análisis de laboratorio y teniendo en cuenta el aprendizaje durante la carrera y la documentación en páginas de internet nos permitimos sugerir que se realice un nuevo proyecto investigativo que logre identificar las bacterias que se desarrollan sin microorganismos eficientes (M.E) y así poder confirmar una hipótesis que nos surgió en el desarrollo de este proyecto respecto a las bacterias patógenas y la eliminación y/o control de estas por medio de bacterias nitrificantes aportadas por los microorganismos eficientes (M.E).

Adicional a eso se recomienda replicar el tratamiento tres con el fin de identificar los microorganismos presentes, asilarlos y evaluar su efecto sobre la sanidad de las plantas y evaluar si los microorganismos presentes en el bioabono tienen interacciones positivas o negativas sobre los demás microorganismos del suelo.

13. BIBLIOGRAFÍA

APROLAB. (2007). *Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces*. Perú. Recuperado de: <www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf>
[Consultado el 5 de septiembre del 2015].

BID. (2009). *Manual Práctico de uso de Microorganismos eficientes (EM)*. Uruguay. Recuperado de:
<http://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf>
[Consultado el 29 de septiembre del 2015].

CABEZAS. M, J. (s.f.). *Ventajas del compostaje*. Recuperado de:
<www.tierra.org/spip/IMG/pdf/Informe_compost_web_con_tabla_buena-1.pdf>
[Consultado el 5 de septiembre del 2015].

CARIELLO, M. E; CASTAÑEDA, L; GONZÁLEZ, J; & RIOBO, I. (2007). *Inoculante de microorganismos endógenos para acelerar el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos*. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, VII(3), p 26 – 37. ISSN 0718-2791.

CASTRO. B, N. M; GIRALDO. S, E. C; & PANIAGUA. G, N. M. (2011). *Guía para el adecuado manejo de los residuos sólidos y peligrosos*. Antioquia, Colombia. Recupera de:
<www.envigado.gov.co/Secretarias/SecretariadeMedioAmbienteyDesarrolloRural/documentos/publicaciones/Guia_residuos.pdf>
[Consultado el 15 de octubre del 2015].

CONAF. (s.f.). *Técnicas de compostaje*. Colombia. Recupera de:
<<http://alternativasquemas.conaf.cl/fileadmin/ArchivosPortal/Alternativas/COMPOSTAJE/ficha5.pdf>>
[Consultado el 5 de septiembre del 2015].

CORNELL WASTE MANAGEMENT INSTITUTE. (2012). Recuperado de:
<<http://cwmi.css.cornell.edu/whichcompostingsystemspanish.pdf>>
[Consultado el 5 de septiembre del 2015].

ECOTECNOLOGÍAS S.A. (s.f.). *Los microorganismos eficientes (EM)*. Venezuela. Recuperado de: <www.ecotecnologias.com.ve>
[Consultado el 15 de octubre del 2015].

GOBERNACIÓN DEL META. (2015). *Juntos construyendo*. Colombia. Recuperado de: <<http://www.meta.gov.co>>.
[Consultado el 4 de octubre del 2015].

FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Santiago de Chile. p 23 - 36.
Recuperado de: <<http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>>
[Consultado el 29 de septiembre del 2015].

PALMERO, P. R. (2010). *Elaboración de compost con restos vegetales por el sistema tradicional en pilas o montones, información técnica*. Recuperado de:
<<http://www.laorotava.es/images/areas/medioambiente/divulgacion/elaboracion-compost-restos-vegetales.pdf>>
[Consultado el 29 de septiembre del 2015].

SENA. (s.f.). **Agricultura ecológica.** EN. Curso virtual SENA, AGRICULTURA ECOLÓGICA: FERTILIZACIÓN, SUELOS Y CULTIVOS (4 agosto: Pasto) Villavicencio. 2014. p.4-5.

_____. (S.f.). **¿Qué son los Abonos Orgánicos?**. EN. Curso virtual SENA, (4 agosto: Pasto) Villavicencio. 2014. p. 7-10.

VENTO. P, M. P. (2000). *Preparación del compost estático y su calidad*. Trabajo de grado Máster en Fertilidad del Suelo. Camagüey. Universidad De Camagüey Cuba. *Instituto De Suelos*. p 5-23. Recuperado de:
<<http://www.bibliociencias.cu/gsdll/collect/tesis/index/assoc/HASH0144.dir/doc.pdf>>
[Consultado el 29 de septiembre del 2015].

ANEXOS

Anexo 1. ANAVA. Reducción de la materia sólida.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V1	44	0,97	0,95	13,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	3685,72	13	283,52	64,20	<0,0001
TRATAMIENTO	222,34	3	74,11	16,78	<0,0001
REPETICIÓN	3463,39	10	346,34	78,43	<0,0001
Error	132,48	30	4,42		
Total	3818,20	43			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 4,4159 gl: 30

TRATAMIENTO	Medias	n	
3,00	12,36	11	A
4,00	15,68	11	B
1,00	16,14	11	B
2,00	18,68	11	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 4,4159 gl: 30

REPETICIÓN	Medias	n	
10,00	8,00	4	A
11,00	8,00	4	A
9,00	9,63	4	A B
8,00	9,88	4	A B
7,00	10,25	4	A B
6,00	11,50	4	B C
5,00	14,50	4	C
4,00	18,13	4	D
3,00	18,50	4	D
2,00	26,50	4	E
1,00	38,00	4	F

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 2. ANAVA. Extracción de lixiviado

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V1	44	0,59	0,42	93,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	274293,64	13	21099,51	3,35	0,0031
TRATAMIENTO	74159,09	3	24719,70	3,92	0,0178
REPETICIÓN	200134,55	10	20013,45	3,18	0,0068
Error	188988,91	30	6299,63		
Total	463282,55	43			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 6299,6303 gl: 30

TRATAMIENTO	Medias	n		
2,00	42,82	11	A	
4,00	50,27	11	A	
1,00	104,55	11	A	B
3,00	143,09	11		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 6299,6303 gl: 30

REPETICIÓN	Medias	n		
3,00	-1,4E-14	4	A	
2,00	-1,4E-14	4	A	
1,00	-1,4E-14	4	A	
11,00	41,25	4	A	
9,00	83,50	4	A	
10,00	85,75	4	A	
6,00	112,00	4	A	B
8,00	125,00	4	A	B
4,00	131,25	4	A	B
7,00	133,00	4	A	B
5,00	225,25	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 3. Unidades Formadoras De Colonias en la materia sólida en (PDA)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V1	12	0,51	0,10	43,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	616844,00	5	123368,80	1,24	0,3948
TRATAMIENTO	571129,33	3	190376,44	1,91	0,2286
REPETICION	45714,67	2	22857,33	0,23	0,8015
Error	597058,67	6	99509,78		
Total	1213902,67	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05*Error: 99509,7778 gl: 6*

TRATAMIENTO	Medias	n	
2,00	529,33	3	A
4,00	592,00	3	A
1,00	721,33	3	A
3,00	1092,00	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)**Test: Duncan Alfa: 0,05***Error: 99509,7778 gl: 6*

REPETICION	Medias	n	
1,00	656,00	4	A
2,00	738,00	4	A
3,00	807,00	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V2	12	0,86	0,75	23,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	78621,33	5	15724,27	7,46	0,0148
TRATAMIENTO	65354,67	3	21784,89	10,33	0,0087
REPETICION	13266,67	2	6633,33	3,15	0,1163
Error	12653,33	6	2108,89		
Total	91274,67	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 2108,8889 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
4,00	93,33	3	A
1,00	172,00	3	A B
2,00	230,67	3	B C
3,00	293,33	3	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 2108,8889 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
2,00	169,00	4	A
1,00	179,00	4	A
3,00	244,00	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V3	12	0,63	0,33	86,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	5137,33	5	1027,47	2,07	0,2003
TRATAMIENTO	2542,67	3	847,56	1,71	0,2635
REPETICION	2594,67	2	1297,33	2,62	0,1523
Error	2973,33	6	495,56		
Total	8110,67	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 495,5556 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
4,00	6,67	3	A
1,00	20,00	3	A
3,00	29,33	3	A
2,00	46,67	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 495,5556 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
2,00	5,00	4	A
1,00	34,00	4	A
3,00	38,00	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VF	12	0,62	0,31	34,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1,078375E12	5	215675000000,00	1,99	0,2135
TRATAMIENTO	959425000000,00	3	319808333333,00	2,95	0,1203
REPETICION	118950000000,00	2	59475000000,00	0,55	0,6043
Error	650650000000,00	6	108441666667,00		
Total	1,729025E1211				

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 108441666666,6667 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
4,00	693333,33	3	A
2,00	810000,00	3	A B
1,00	913333,33	3	A B
3,00	1433333,33	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 108441666666,6667 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
1,00	867500,00	4	A
2,00	920000,00	4	A
3,00	1100000,00	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 4. Unidades Formadoras De Colonias en la materia sólida en (AN)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V1	12	0,86	0,75	34,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	2364487,67	5	472897,53	7,56	0,0143
TRATAMIENTO	1783203,00	3	594401,00	9,50	0,0107
REPETICION	581284,67	2	290642,33	4,65	0,0604
Error	375362,00	6	62560,33		
Total	2739849,67	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 62560,3333 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
2,00	346,67	3	A
4,00	377,67	3	A
1,00	849,67	3	A B
3,00	1286,67	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 62560,3333 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
3,00	534,50	4	A
1,00	586,00	4	A
2,00	1025,00	4	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V2	12	0,61	0,29	131,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	369527,33	5	73905,47	1,90	0,2279
TRATAMIENTO	236228,67	3	78742,89	2,03	0,2115
REPETICION	133298,67	2	66649,33	1,72	0,2573
Error	232961,33	6	38826,89		
Total	602488,67	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 38826,8889 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
2,00	18,67	3	A
4,00	67,67	3	A
3,00	129,33	3	A
1,00	383,00	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 38826,8889 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
1,00	18,00	4	A
3,00	155,00	4	A
2,00	276,00	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V3	12	sd	sd	sd

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,00	5	0,00	sd	sd
TRATAMIENTO	0,00	3	0,00	sd	sd
REPETICION	0,00	2	0,00	sd	sd
Error	0,00	6	0,00		
Total	0,00	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0000 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
4,00	0,00	3	A
3,00	0,00	3	A
2,00	0,00	3	A
1,00	0,00	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0000 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
3,00	0,00	4	A
2,00	0,00	4	A
1,00	0,00	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VF	12	0,77	0,57	50,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	3,7379583E14	5	7,4759167E13	3,94	0,0626
TRATAMIENTO	2,6397583E14	3	8,7991944E13	4,64	0,0526
REPETICION	1,0982E14	2	5,491E13	2,89	0,1318
Error	1,13806667E14	6	1,8967778E13		
Total	4,876025E14	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 18967777777777,7773 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
2,00	3666666,67	3	A
4,00	4433333,33	3	A
1,00	12266666,67	3	A B
3,00	14333333,33	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 18967777777777,7773 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
1,00	6125000,00	4	A
3,00	6975000,00	4	A
2,00	12925000,00	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 5. Unidades Formadoras De Colonias en la materia líquida en (PDA)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V1	12	0,95	0,91	54,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	276,75	5	55,35	24,60	0,0006
TRATAMIENTO	272,25	3	90,75	40,33	0,0002
REPETICION	4,50	2	2,25	1,00	0,4219
Error	13,50	6	2,25		
Total	290,25	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 2,2500 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
4,00	0,00	3	A
2,00	0,00	3	A
1,00	0,00	3	A
3,00	11,00	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 2,2500 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
3,00	2,00	4	A
1,00	2,75	4	A
2,00	3,50	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V2	12	0,98	0,97	32,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	5564,50	5	1112,90	62,31	<0,0001
TRATAMIENTO	5536,33	3	1845,44	103,32	<0,0001
REPETICION	28,17	2	14,08	0,79	0,4966
Error	107,17	6	17,86		
Total	5671,67	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 17,8611 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
2,00	1,8E-15	3	A
1,00	1,8E-15	3	A
4,00	2,33	3	A
3,00	50,33	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 17,8611 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
3,00	11,25	4	A
2,00	13,25	4	A
1,00	15,00	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V3	12	0,55	0,18	242,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	24,42	5	4,88	1,48	0,3216
TRATAMIENTO	14,92	3	4,97	1,50	0,3062
REPETICION	9,50	2	4,75	1,44	0,3091
Error	19,83	6	3,31		
Total	44,25	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 3,3056 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
2,00	0,00	3	A
1,00	0,00	3	A
4,00	0,33	3	A
3,00	2,67	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 3,3056 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
3,00	0,00	4	A
1,00	0,25	4	A
2,00	2,00	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VF	12	0,98	0,96	33,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	904716666667,00	5	180943333333,00	56,69	0,0001
TRATAMIENTO	897600000000,00	3	299200000000,00	93,74	<0,0001
REPETICION	7116666666,67	2	3558333333,33	1,11	0,3875
Error	19150000000,00	6	3191666666,67		
Total	923866666667,00	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 3191666666,6667 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
2,00	0,00	3	A
1,00	0,00	3	A
4,00	26666,67	3	A
3,00	640000,00	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 3191666666,6667 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
3,00	132500,00	4	A
1,00	180000,00	4	A
2,00	187500,00	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 6. Unidades Formadoras De Colonias en la materia líquida en (AN)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V1	12	0,68	0,40	84,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	688,92	5	137,78	2,50	0,1483
TRATAMIENTO	454,92	3	151,64	2,75	0,1352
REPETICION	234,00	2	117,00	2,12	0,2013
Error	331,33	6	55,22		
Total	1020,25	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 55,2222 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
4,00	1,33	3	A
2,00	4,00	3	A
3,00	14,67	3	A
1,00	15,00	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 55,2222 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
1,00	4,25	4	A
3,00	7,25	4	A
2,00	14,75	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V2	12	0,35	0,00	124,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	17030,42	5	3406,08	0,64	0,6800
TRATAMIENTO	15280,25	3	5093,42	0,96	0,4716
REPETICION	1750,17	2	875,08	0,16	0,8522
Error	31972,50	6	5328,75		
Total	49002,92	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 5328,7500 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
4,00	20,67	3	A
1,00	30,67	3	A
3,00	72,67	3	A
2,00	110,33	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 5328,7500 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
2,00	41,75	4	A
3,00	64,50	4	A
1,00	69,50	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
V3	12	0,67	0,40	77,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1618,08	5	323,62	2,45	0,1530
TRATAMIENTO	1510,92	3	503,64	3,81	0,0767
REPETICION	107,17	2	53,58	0,41	0,6836
Error	792,83	6	132,14		
Total	2410,92	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 132,1389 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
4,00	0,33	3	A
3,00	7,67	3	A B
2,00	25,67	3	B
1,00	26,00	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 132,1389 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
1,00	11,00	4	A
3,00	15,50	4	A
2,00	18,25	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VF	12	0,41	0,00	90,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	2,31080833E14	5	4,621616667E13	0,82	0,5773
TRATAMIENTO	2,27789167E14	3	7,592972222E13	1,35	0,3451
REPETICION	3,29166667E12	2	1,645833333E12	0,03	0,9714
Error	3,38428333E14	6	5,640472222E13		
Total	5,69509167E14	11			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 5640472222222,2266 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
4,00	2233333,33	3	A
1,00	7166666,67	3	A
3,00	9500000,00	3	A
2,00	14333333,33	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 5640472222222,2266 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
2,00	7600000,00	4	A
1,00	8475000,00	4	A
3,00	8850000,00	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 7. Datos recolectados de las U.F.D.C en la materia sólida en (PDA)

Tratamiento	Repetición	V1	V2	V3	VF
1	1	532,0	160,0	16,0	7,1e+05
1	2	416,0	96,0	20,0	5,3e+05
1	3	1216,0	260,0	24,0	1,5e+06
2	1	632,0	160,0	84,0	8,8e+05
2	2	444,0	224,0	0,0	6,7e+05
2	3	512,0	308,0	56,0	8,8e+05
3	1	892,0	296,0	28,0	1,2e+06
3	2	1500,0	268,0	0,0	1,8e+06
3	3	884,0	316,0	60,0	1,3e+06
4	1	568,0	100,0	8,0	6,8e+05
4	2	592,0	88,0	0,0	6,8e+05
4	3	616,0	92,0	12,0	7,2e+05

Fuente: Autores.

Anexo 8. Datos recolectados de las U.F.D.C en la materia sólida en (AN)

Tratamiento	Repetición	V1	V2	V3	VF
1	1	380,0	0,0	0,0	3,8e+06
1	2	1516,0	804,0	0,0	2,3e+07
1	3	653,0	345,0	0,0	1,0e+07
2	1	448,0	8,0	0,0	4,6e+06
2	2	412,0	28,0	0,0	4,4e+06
2	3	180,0	20,0	0,0	2,0e+06
3	1	1168,0	0,0	0,0	1,2e+07
3	2	1576,0	136,0	0,0	1,7e+07
3	3	1116,0	252,0	0,0	1,4e+07
4	1	348,0	64,0	0,0	4,1e+06
4	2	596,0	136,0	0,0	7,3e+06
4	3	189,0	3,0	0,0	1,9e+06

Fuente: Autores.

Anexo 9. Datos recolectados de las U.F.D.C en la materia líquida en (PDA)

Tratamiento	Repetición	V1	V2	V3	VF
1	1	0,0	0,0	0,0	0,0e+00
1	2	0,0	0,0	0,0	0,0e+00
1	3	0,0	0,0	0,0	0,0e+00
2	1	0,0	0,0	0,0	0,0e+00
2	2	0,0	0,0	0,0	0,0e+00
2	3	0,0	0,0	0,0	0,0e+00
3	1	11,0	59,0	1,0	7,1e+05
3	2	14,0	49,0	7,0	7,0e+05
3	3	8,0	43,0	0,0	5,1e+05
4	1	0,0	1,0	0,0	1,0e+04
4	2	0,0	4,0	1,0	5,0e+04
4	3	0,0	2,0	0,0	2,0e+04

Fuente: Autores.

Anexo 10. Datos recolectados de las U.F.D.C en la materia líquida en (AN)

Tratamiento	Repetición	V1	V2	V3	VF
1	1	13,0	40,0	36,0	8,9e+06
1	2	27,0	15,0	27,0	6,9e+06
1	3	5,0	37,0	15,0	5,7e+06
2	1	1,0	43,0	6,0	5,0e+06
2	2	3,0	10,0	39,0	5,20E+06
2	3	8,0	18,0	32,0	5,80E+06
3	1	3,0	195,0	2,0	2,0e+07
3	2	27,0	11,0	7,0	4,5e+06
3	3	14,0	12,0	14,0	4,0e+06
4	1	0,0	0,0	0,0	0,0e+00
4	2	2,0	38,0	0,0	4,0e+06
4	3	2,0	24,0	1,0	2,7e+06

Fuente: Autores.

Anexo 11. Cronograma de actividades semanalmente

DESCRIPCION		SEMANAS								
Nº	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Montaje del proyecto	X	X							
2	Peso e incorporación del pasto al proyecto		X							
3	Peso e incorporación del aserrín al proyecto		X							
4	Peso e incorporación del cartón al proyecto		X							
5	Microorganismos eficientes		X							
6	Recolección de los residuos de cocina	X	X							
7	Peso e incorporación de los residuos al proyecto		X							
8	Volumen de descomposición del compost		X	X	X	X	X	X		
9	Recolección y peso del compost final								X	
10	Análisis del compost en laboratorio								X	X

Fuente: Autores.

Anexo 12. Algunos materiales del proyecto



Fuente: Autores.

Anexo 13. Cartón y Aserrín



Fuente: Autores.

Anexo 14. Pasto



Fuente: Autores

Anexo 15. Medición del lixiviado.



Fuente: Autores

Anexo 16. Medición de la reducción de la materia sólida



Fuente: Autores

Anexo 17. Degradación de la materia sólida



Fuente: Autores

Anexo 18. Muestras para las siembras en laboratorio



Fuente: Autores

Anexo 19. Erlenmeyer con materia sólida



Fuente: Autores

Anexo 20. Erlenmeyer con lixiviados



Fuente: Autores

Anexo 21. Siembra en los medios (AN y PDA)



Fuente: Autores

Anexo 22. Muestras de las siembras en laboratorio.



Fuente: Autores

Anexo 23. Conteo de colonias y diagnostico.



Fuente: Autores