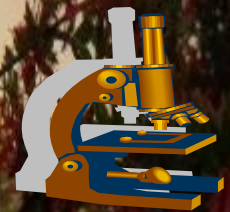


**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS
SOLIDOS ORGANICOS GENERADOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE
MOCOA, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO, MEDIANTE LAS
TECNOLOGIAS BIOSTART AQUACLEAN, BIOTERRE SISVITA, Y
MICROORGANISMOS EFICIENTES**

SEMILLERO DE INVESTIGACION ARCOIRIS



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y EXTENSIÓN
CIENTÍFICA Y TECNOLOGÍA - CIECYT
MOCOA, PUTUMAYO
2010**



**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS
SOLIDOS ORGANICOS GENERADOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE
MOCOA, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO, MEDIANTE LAS
TECNOLOGIAS BIOSTART AQUACLEAN, BIOTERRE SISVITA, Y
MICROORGANISMOS EFICIENTES**

Equipo investigador:

SEMILLERO DE INVESTIGACION ARCOIRIS

Integrado por:

Investigadora principal:

LIGIA STELLA PEÑAFIEL RODRIGUEZ

Co-Investigadores:

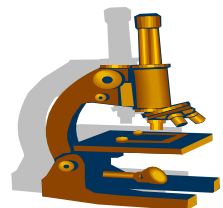
**AMILKAR MUÑOZ
EMILSEN MENDEZ ALVARADO
JESSICA PAOLA GUZMAN MEZA
JULISSA ALEJANDRA VERA GUERRERO
MARIA FERNANDA PORRAS MEJIA
YOLY YINABEL LOPEZ RUIZ**

Asesora:

Esp. NILSA ANDREA SILVA CASTILLO



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y EXTENSIÓN
CIENTÍFICA Y TECNOLOGÍA - CIECYT
MOCOA, PUTUMAYO
2010**



Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Mocoa, 8 de Noviembre de 2010

DEDICATORIAS

*A Dios, por permitirme cumplir hoy,
una de las misiones que tiene preparadas para mí.*

*A mis padres, Ricardo y Janeth por su infinito amor y
por brindarme de manera incondicional su apoyo, comprensión y confianza*

*A mis Hermanitas Laura y Carolina, por soportarme, escucharme y
hacerme reír cuando a veces quiero llorar.*

*A mi Novio Jhon Faiber Tarazona, porque su amor y apoyo me han impulsado a
seguir adelante.*

*A la, Ing. Ligia Stella Peñafiel, por brindarnos sus conocimientos, y por
acompañarnos en este proceso*

*A mi Familia, Amigos y aquellas que creyeron en mí
y me brindaron su compañía*

María Fernanda Porras Mejía.

A Dios, quien me brindó la vida y todo lo que soy.

*Al espíritu de mi padre Jesús Octavio Guzmán, quien es mi fuente de fortaleza y a
mi madre Nelcy Meza por su compañía, amor, inspiración y apoyo durante las
etapas que he vivido.*

*A mis hermanitos Freineth y Valentina, quienes incentivan en mí el ánimo de
brindarles buen ejemplo de vida.*

*A mi tía Luz Marina Meza, al espíritu de mi tío José Weimar Meza, a mis abuelos y
a toda mi familia que ha depositado su confianza, conocimientos y amor*

A Edgar Muñoz por su comprensión, compañía y apoyo en todo;

A mis amigos y conocidos que hicieron posible llevar a cabo este proyecto

Jessica Paola Guzmán Meza

*Este logro se lo dedico en primer lugar a Dios porque
con el he logrado uno de mis mas grandes sueños.*

*A mis padres Gloria Guerrero y Inocencio Vera por su incondicional amor, apoyo y
lo mejor de esto es que me brindaron todo lo que una hija necesita para lograr
todo en la vida y es confianza.*

*A mi tía Ledy y mi abuelita Isabel por ser un pilar más en todo este trayecto de mi
vida*

*Y a toda mi familia y amigos por creer en mí y estar en cada uno de mis mejores
momentos.*

Julissa Alejandra Vera

*“A Dios, que me permitió la luz para prepararme y cumplir la misión que me
encomendó y por darme la esperanza que mueve y el amor que me da felicidad.*

*A mi madre Ana Delia Alvarado, por su amor y apoyo incondicional durante esta
etapa...*

A mi padre Emiro Méndez Girón por permitirme estar aquí.

*A mis hermanos Herney, Eduardo, David Y Nicolás por su apoyo y comprensión
que me alientan a la vida.*

*A mi novio Jairo Delgado, por su adorable compañía en mi afán por alcanzar mi
sueño.”*

*A mi familia, amigos y a todas las personas que siempre han esperado lo mejor de
mí.*

A la ingeniera Ligia peñañiel por el acompañamiento en este proceso

Emilsen Méndez Alvarado

*Le dedico este trabajo ante todo a Dios,
que me ha acompañado a lo largo de mi vida*

*A mi papi Daniel López (q.e.p.d.) que aunque no esté conmigo me guía y me
protege de todas las cosas malas, por darme salud, fuerza y serenidad.*

*A mi mami Luz Dary Ruiz por educarme y ser muy ejemplar y ayudarme a salir
adelante para ver hecho realidad mis sueños.*

*A mis hermanos Yuri, Giovanni, Damir, Dairo por su voz en aquellos momentos
que me sentía decaída por que las cosas no salían como quería.*

A mi tía Nubia López, a mis primos los cual me han apoyado siempre.

*A mi novio, Anderson David López por darme su mano en los momentos que
necesitaba de ayuda y motivación y porque fuiste parte de este gran esfuerzo.*

A todos mis amigos que me acompañaron en este proceso formación.

*A la Ing. Ligia peñañiel por acompañarnos y apoyarnos en el transcurso de este
proceso.*

Yoly Yinabel López Ruiz

*A Dios, por brindarme la sabiduría y la paciencia, para enfrentar las cosas que
puedo, y aceptar las que no puedo cambiar.*

Amilkar Muñoz

AGRADECIMIENTOS

Las investigadoras e investigador, expresan sus agradecimientos por el apoyo recibido durante la planeación, ejecución y evaluación del trabajo de investigación a las siguientes personas y entidades:

Al Ing. Henry Eliecer Hidalgo Chicunque, Rector del Instituto Tecnológico del Putumayo, por el apoyo financiero para la ejecución del proyecto.

A la Ing. Nilsa Andrea Silva Castillo, Jefe del Programa de Ingeniería Ambiental por su asesoría y orientación durante el desarrollo de la investigación.

Al Dr. Miguel Ángel Cánchala Delgado, ex director del Centro de Investigaciones y Extensión Científica y Tecnológica Ciecyc, por sus orientaciones y colaboración durante el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Héctor Trejo Chamorro, director del Centro de Investigaciones y Extensión Científica y Tecnológica Ciecyc por sus orientaciones en la etapa final del proceso.

Al Ing. Felipe Arciniegas Erazo, Ex Gerente de la Empresa Municipal de Servicios Públicos Domiciliarios de Mocoa, ESMOCOA ESP, por el apoyo financiero otorgado para la ejecución del trabajo.

A la Ing. Jackeline Velásquez Cuaràn, Jefe Operativa del servicio de aseo de la Empresa Municipal de Servicios Públicos Domiciliarios de Mocoa, ESMOCOA ESP por su colaboración.

A la Ing. Yanine Andrea Gómez Mutumbajoy por su gestión y liderazgo en la etapa de formulación y gestión del proyecto.

Y a todas las personas que de una u otra manera, nos orientaron y apoyaron en el trabajo investigativo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	32
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	34
1.1 FORMULACION	34
1.2 DESCRIPCION	34
2. JUSTIFICACION	35
3. OBJETIVOS	37
3.1 OBJETIVO GENERAL	37
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	37
4. MARCO REFERENCIAL	38
4.1 MARCO CONTEXTUAL	38
4.1.1 Historia	38
4.1.2 Geografía	39
4.1.3 División político administrativa	40
4.1.4 Fisiografía	41
4.1.5 Desarrollo Económico y Medio Ambiente	42
4.1.6 Infraestructura y servicios públicos	44
4.1.7 Prestación de servicios de salud	46
4.1.8 Educación, cultura, recreación y deportes	49
4.2 MARCO HISTORICO	55
4.2.1 Antecedentes empíricos	55
4.2.2 Antecedentes bibliográficos	58
4.3 MARCO TEORICO	59
4.3.1 Problemática de los residuos sólidos municipales	60
4.3.2 Manejo integral de residuos sólidos	61
4.3.3 Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos	61

	pág.	
4.3.4	Tecnologías de compostaje	69
4.4	MARCO LEGAL	73
4.4.1	Decreto ley 2811 de 1974	73
4.4.2	Decreto 1713 de 2002	75
4.4.3	Política Nacional de Producción mas Limpia	77
4.4.4	Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos	77
5.	HIPOTESIS	78
6.	DISEÑO METODOLOGICO	79
6.1	PRIMERA FASE	79
6.2	SEGUNDA FASE	79
6.3	ACTIVIDADES GENERALES	79
7.	TIPO DE INVESTIGACION	83
7.1	LÍNEA Y SUBLINEA	83
7.2	UNIVERSO	83
7.3	MUESTRA	83
7.4	FUENTES Y TECNICAS PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION	84
8.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	85
8.1	ACTIVIDADES GENERALES EN LOS PROCESOS	86
8.1.1	Asesoría y Capacitación	86
8.1.2	Preparación del material orgánico para someter a proceso de compostación	87
8.1.3	Trituración de material orgánico	90
8.1.4	Aplicación de tratamientos	90
8.1.5	Volteo en forma regular a las pilas de compostaje	91
8.1.6	Control y registro permanente de los factores ambientales y de comportamiento del material orgánico sometido a compostaje en cada uno de los tratamientos	91
8.1.7	Control de plagas	92

	pág.	
8.2	RESULTADOS FASE I	93
8.2.1	Tratamiento Con Tecnología Biostart Aquaclean	93
8.2.2	Tratamiento Con Tecnología Microorganismos Eficientes	100
8.2.3	Tratamiento con Tecnología Bioterre Sisvita	107
8.2.4	Tratamiento Testigo	114
8.3	RESULTADOS FASE II	119
8.3.1	Tratamiento con Tecnología Biostart Aquaclean	119
8.3.2	Tratamiento con Tecnología Bioterre Sisvita	128
8.3.3	Tratamiento con Tecnología Microorganismos Eficientes	135
8.4.4	Tratamiento Testigo	143
9.	ANALISIS DE RESULTADOS	149
9.1	ANALISIS DE RESULTADOS DE LA FASE I	149
9.1.1	Grado de temperatura máxima y mínima lograda	149
9.1.2	Proliferación de vectores	156
9.1.3	Generación de gases y olores	161
9.1.4	Generación de lixiviados	162
9.1.5	Producción de Abono Orgánico	162
9.2	ANALISIS DE RESULTADOS FASE II	163
9.2.1.	Grado de temperatura máxima y mínima lograda	163
9.2.2.	Proliferación de vectores	170
9.2.3.	Generación de gases y olores	175
9.2.4.	Generación de lixiviados	176
9.2.5.	Producción de Abono Orgánico	177
9.3	ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS	177
9.3.1.	Comportamiento en las temperaturas y grado de temperatura máxima y mínima alcanzada en cada tratamiento	177
9.3.2	Generación de gases y olores	178
9.3.3	Generación de lixiviados	179
9.3.4	Proliferación de vectores	180
9.3.5	Tiempo de maduración	180
9.3.6	Costos por tratamiento	181
9.3.7	Características físico químicas, biológicas y de metales pesados de los productos obtenidos	182

	pág.
10. CONCLUSIONES	192
11. RECOMENDACIONES	194
BIBLIOGRAFIA	196
ANEXOS	199

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Número de afiliados régimen contributivo por municipio y EPS	48
Tabla 2. Fases de las bacterias según el grado de temperatura	67
Tabla 3. Consolidado de caracterización de los residuos sólidos empleados en la organización de las pilas de material orgánico para desarrollar los procesos de compostaje.	88
Tabla 4. Registro de temperaturas de las pilas con el tratamiento Biostart Aquaclean	95
Tabla 5. Registro de generación y proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean.	99
Tabla 6. Producción de abono orgánico obtenido con el tratamiento Biostart Aquaclean.	100
Tabla 7. Registro de temperaturas en las pilas con Tratamiento Microorganismos Eficientes.	101
Tabla 8. Registro de la generación y proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con tratamiento Microorganismos Eficientes.	105
Tabla 9. Producción de abono orgánico obtenido con el tratamiento Microorganismos Eficientes.	106
Tabla 10. Registro de temperaturas de las pilas con el tratamiento Bioterre Sisvita	108
Tabla 11. Registro de generación y proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con tratamiento Bioterre Sisvita	112
Tabla 12. Producción de abono orgánico con el tratamiento Bioterre Sisvita.	114

	pág.
Tabla 13. Registro de temperaturas en las pilas con el tratamiento Testigo.	115
Tabla 14. Producción de abono orgánico con el tratamiento Testigo.	117
Tabla 15. Registro de generación y proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con Tratamiento Testigo.	118
Tabla 16. Registro de generación y proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con Tratamiento Biostart Aquaclean durante la Fase II.	124
Tabla 17. Comportamiento de temperatura en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean durante la fase II de la Investigación.	126
Tabla 18. Valor de las temperaturas máximas y mínimas registradas en las pilas de compostaje con Tratamiento Biostart Aquaclean	126
Tabla 19. Producción de abono orgánico obtenido con el tratamiento Biostart Aquaclean.	127
Tabla 20. Valor de las temperaturas máximas y mínimas registradas en las pilas de compostaje con tratamiento Bioterre Sisvita	131
Tabla 21. Datos de temperaturas registrados durante el proceso de compostaje mediante Tratamiento Bioterre Sisvita	132
.Tabla 22. Numero de moscas contadas en el control del proceso de compostaje mediante la tecnología Bioterre Sisvita durante la segunda fase de la investigación	134
Tabla 23. Producción de abono orgánico obtenido con el tratamiento Bioterre Sisvita	135
Tabla 24. Control del número de moscas de las pilas de la tecnología microorganismos eficientes	140
Tabla 25. Registro de temperaturas en las pilas con Tratamiento Microorganismos Eficientes durante la Fase II de la Investigación.	141

	pág.
Tabla 26. Temperaturas máximas y mínimas registradas en las pilas con Tratamiento Microorganismos Eficientes	142
Tabla 27. Producción de abono orgánico obtenido con el Microorganismos Eficientes.	142
Tabla 28. Registro de generación y proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con Tratamiento Testigo durante la Fase II.	144
Tabla 29. Comportamiento de temperaturas en las pilas con tratamiento Testigo durante la fase II de la Investigación.	146
Tabla 30. Producción de abono orgánico obtenido con el testigo.	147
Tabla 31. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean, durante el desarrollo de la fase I.	150
Tabla 32. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Microorganismos Eficientes, durante el desarrollo de la fase I.	151
Tabla 33. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Bioterre Sisvita, durante el desarrollo de la fase I	152
Tabla 34. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Testigo, durante el desarrollo de la fase I.	153
Tabla 35. Comparación de la duración de las diferentes fases del compostaje en los tratamientos empleados en la fase I. en relación con la temperatura superficial	154
Tabla 36. Comparación de la duración de las diferentes fases del compostaje en los tratamientos empleados en la fase I. en relación con la temperatura profunda.	155
Tabla 37. Proliferación de vectores, en el tratamiento Testigo, durante la fase I.	157

	pág.
Tabla 38. Proliferación de vectores, en el tratamiento Biostart Aquaclean, durante la fase I.	158
Tabla 39. Proliferación de vectores, en el tratamiento Bioterre Sisvita, durante la fase I.	159
Tabla 40. Proliferación de vectores, en el tratamiento Microorganismos Eficientes, durante la fase I.	160
Tabla 41. Producción de abono orgánico de todas las tecnologías, durante la primera fase de la investigación.	162
Tabla 42. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean, durante el desarrollo de la fase II.	163
Tabla 43. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Microorganismos eficientes, durante el desarrollo de la fase II	164
Tabla 44. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Bioterre Sisvita, durante el desarrollo de la fase II	165
Tabla 45. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas Testigo, durante el desarrollo de la fase II	167
Tabla 46. Comparación de la duración de las diferentes fases del compostaje en los tratamientos empleados en la fase II. En relación con la temperatura superficial.	168
Tabla 47. Comparación de la duración de las diferentes fases del compostaje en los tratamientos empleados en la fase II. En relación con la temperatura profunda.	170
Tabla 48. Proliferación de vectores, en el tratamiento Biostart Aquaclean, durante la fase II.	171

	pág.
Tabla 49. Proliferación de vectores, en el tratamiento Microorganismos Eficientes, durante la fase II.	172
Tabla 50. Proliferación de vectores, en el tratamiento Bioterre Sisvita, durante la fase II.	173
Tabla 51. Proliferación de vectores, en el tratamiento Testigo, durante la fase II de la investigación	174
Tabla 52. Producción de abono orgánico, durante la segunda fase de investigación.	176
Tabla 53. Determinación de la generación de gases y olores durante las dos fases de la investigación	179
Tabla 54. Determinación de la generación de lixiviados durante el proceso de compostaje en las dos fases de investigación	180
Tabla 55. Tiempo de maduración del material orgánico, para todos los tratamientos durante las fases I y II de la investigación	181
Tabla 56. Inversión por tonelada de residuos sometidos a procesos de compostaje con los diferentes tratamientos desarrollados en la investigación.	182
Tabla 57. Análisis físico-químicos aplicados a las tecnologías Microorganismos eficientes, Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita y testigo en laboratorios Calderón	183
Tabla 58. Resultados de análisis fisicoquímicos de metales pesados encontrados en el compost obtenido mediante las diferentes tecnologías	188
Tabla 59. Resultado de análisis microbiológicos obtenidos en laboratorios Calderón, aplicados a los productos finales de proceso de descomposición del material orgánico mediante las diferentes tecnologías y normatividades que regulan la calidad de los abonos en Colombia	189

pág.

Tabla 60. Resultados de los análisis de granulometría aplicados al producto final obtenido en la descomposición del material orgánico mediante las diferentes tecnologías 190

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Panorámica de la ciudad de Mocoa, Putumayo	39
Figura 2. Ubicación geográfica del municipio de Mocoa	41
Figura 3. Productos agropecuarios del municipio de Mocoa	43
Figura 4. Infraestructura de servicios del Municipio de Mocoa, Putumayo. Empresa de Energía del Putumayo, ESMOCOA ESP, Plaza de Mercado y Alumbrado Público.	45
Figura 5. Infraestructura de servicios de Salud: EPS Coomeva, Caprecom, Selvasalud y ESE Hospital José María Hernández en el municipio de Mocoa.	47
Figura 6. Instituciones de Educación Superior INESUP, Instituto Tecnológico del Putumayo, SENA e Institución Educativa Bilingüe Inga de Mocoa	50
Figura 7. Festividades, Feria de las Colonias y otras en el municipio de Mocoa.	51
Figura 8. Sitios Eco turísticos de Mocoa: Hornoyaco, Cascada del Churumbelo y fin del mundo.	54
Figura 9. Asesoría en Fundases y Sisvita Biotechnologies S.A. y Capacitación permanente durante el proceso investigativo.	87
Figuras 10. Proceso de picado de material orgánico sometido a proceso de compostaje, pesaje y organización en los sitios donde se aplicarían los tratamientos.	89
Figuras 11. Aplicación de tratamientos y apilamiento de material orgánico.	90
Figura 12. Volteo regular en las pilas de compostaje de los diferentes tratamientos.	92

	pág.
Figura 13. Métodos de control de moscas y mosquitos durante el desarrollo de la investigación.	93
Figura 14. Preparación y aplicación del paquete microbiano Biostart Aquaclean	94
Figura 15. Control de factores ambientales en los procesos de compostaje realizados durante la investigación.	98
Figura 16. Preparación y aplicación del tratamiento Microorganismos Eficientes.	100
Figura 17. Proceso de tamizado y empacado de abono orgánico obtenido en los procesos de compostaje.	104
Figura 18. Proceso de alistamiento y aplicación del tratamiento Bioterre Sisvita a las pilas de compostaje.	110
Figura 19. Excesiva humedad en las pilas con tratamiento de Bioterre Sisvita a los 6 días de iniciado el proceso de compostaje.	111
Figura 20. Anidación y proliferación de moscas y mosquitos en pilas con tratamiento Bioterre Sisvita.	111
Figura 21. Ecurrimiento de lixiviado en las pilas con tratamiento Testigo.	114
Figura 22. Toma de temperatura y volteo de las pilas durante la primera semana de montaje.	120
Figura 23. Presentación de elementos utilizados en la aplicación del producto Biostart Aquaclean a las pilas de material orgánico	121
Figura 24. Segunda aplicación del producto a las pilas, el día 14 de mayo de 2010	122
Figura 25. Tercera aplicación de la tecnología Biostart Aquaclean el día 18 de junio de 2010.	122
Figura 26. Control de temperatura, lixiviados, y moscas a las pilas durante el primer mes de montaje.	123

	pág.
Figura 27. Limpieza de las pilas y retiro de residuos sólidos, el día 18 de junio de 2010 a las pilas del compost de la Tecnología Biostart Aquaclean.	125
Figura 28. Pila 1 y pila 2 de residuos orgánicos seleccionados para compostar con tratamiento Bioterre Sisvita.	129
Figura 29. Aplicación del producto Bioterre Sisvita y homogenización en el material orgánico en las pilas de compostaje.	129
Figura 30. Conteo de moscas y toma de temperaturas del material en proceso de compostación con tratamiento Bioterre Sisvita.	130
Figura 31. Registro de presencia de lixiviados en las pilas con tratamiento Bioterre Sisvita en compostación.	131
Figura 32. Montaje de las pilas para el proceso de compostaje mediante la tecnología Microorganismos Eficientes.	135
Figura 33. Proceso de la preparación del Tratamiento con Microorganismos Eficientes EM.	137
Figura 34. Reducción del volumen del material orgánico en las pilas con Tratamiento Microorganismos Eficientes, luego de un mes de proceso.	137
Figura 35. Aplicación del Tratamiento con Microorganismos Eficientes y volteo del material orgánico.	138
Figura 36. Material orgánico en proceso de compostaje con tratamiento Microorganismos Eficientes, con presencia de hongos	138
Figura 37. Toma de temperatura y sistema de conteo de moscas durante las primeras semanas de tratamiento con Microorganismos Eficientes.	139
Figura 38. Retiro del material inorgánico del material a compostar.	145
Figura 39. Organización inicial de pilas de compostaje, conteo de moscas, y verificación de generación de lixiviados luego de la aplicación de cal para el control de las moscas.	145

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 1. Fases del proceso de compostaje	65
Gráfica 2. Comportamiento de temperaturas Pila 1 tratamiento Biostart Aquaclean	96
Gráfica 3. Comportamiento de temperaturas Pila 2 Tratamiento Biostart Aquaclean	96
Gráfica 4. Comportamiento de temperaturas Pila 3 Tratamiento Biostart Aquaclean	97
Gráfica 5. Comportamiento de la proliferación de moscas en las 3 pilas de tratamiento con Biostart Aquaclean	98
Gráfico 6. Producción de abono orgánico con tratamiento Biostart Aquaclean	99
Gráfica 7. Comportamiento de temperaturas Pila 1 Tratamiento Microorganismos Eficientes	102
Gráfica 8. Comportamiento de temperaturas Pila 2 Tratamiento Microorganismos Eficientes	102
Gráfica 9. Comportamiento de temperaturas Pila 3 Tratamiento Microorganismos Eficientes	103
Gráfica 10. Comportamiento de la proliferación de moscas en las 3 pilas de tratamiento con Microorganismos Eficientes	105
Gráfico 11. Producción de abono orgánico con tratamiento Microorganismos Eficientes	106
Gráfica 12. Comportamiento de temperaturas Pila 1 Tratamiento Bioterre Sisvita	109
Gráfica 13. Comportamiento de temperaturas Pila 2 Tratamiento Bioterre Sisvita	109

	pág.
Gráfica 14. Comportamiento de temperaturas Pila 3 Tratamiento Bioterre Sisvita	110
Grafica 15. Comportamiento de la proliferación de moscas en las 3 pilas de tratamiento Bioterre Sisvita	113
Grafico 16. Producción de abono orgánico con tratamiento Bioterre Sisvita	113
Gráfica 17. Comportamiento de temperaturas Pila 1 Tratamiento Testigo	115
Gráfica 18. Comportamiento de temperaturas Pila 2 Tratamiento Testigo	116
Grafica 19. Comportamiento de temperaturas pila 3 Tratamiento Testigo	116
Grafico 20. Producción de abono orgánico con Tratamiento Testigo	117
Grafica 21. Comportamiento de la proliferación de moscas en las 3 pilas con Tratamiento Testigo	119
Gráfica 22. Comportamiento en la proliferación de moscas en las 2 pilas de tratamiento con Biostart Aquaclean-Fase II	124
Gráfica 23. Comportamiento de temperaturas durante la fase II Pila 1 con Tratamiento Biostart Aquaclean	127
Grafica 24. Comportamiento de temperaturas durante la fase II en la Pila 2 con Tratamiento Biostart Aquaclean	127
Gráfico 25. Producción de abono orgánico con tratamiento Biostart Aquaclean	128
Gráfica 26. Comportamiento de temperaturas Pila 1 Tratamiento Bioterre Sisvita, Fase II	132
Gráfica 27. Comportamiento de temperaturas Pila 2 Tratamiento Bioterre Sisvita, Fase II	133
Gráfica 28. Comportamiento de la proliferación de moscas en las 2 pilas con tratamiento Bioterre Sisvita, Fase II	133
Gráfico 29. Producción de abono orgánico con tratamiento Bioterre Sisvita	134

Gráfica 30. Comportamiento en la proliferación de moscas en las 2 pilas con Tratamiento Microorganismos Eficientes	140
Gráfica 31. Comportamiento de temperaturas Pila 1 Tratamiento Microorganismos Eficientes	141
Gráfica 32. Comportamiento de temperaturas Pila 2 Tratamiento Microorganismos Eficientes	142
Gráfico 33. Producción de abono orgánico con tratamiento Microorganismos Eficientes	143
Gráfica 34. Comportamiento de la proliferación de moscas en las 2 pilas con Tratamiento Testigo durante la Fase II	144
Gráfica 35. Comportamiento de temperaturas Pila 1 Tratamiento Testigo, Fase II	146
Gráfica 36. Comportamiento de temperaturas Pila 2 Tratamiento Testigo, Fase II	147
Gráfico 37. Producción de abono orgánico con tratamiento Testigo	148
Gráfica 38. Comportamiento promedio de las temperaturas superficial y profunda en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean durante la Fase I	151
Gráfico 39. Comportamiento promedio de temperaturas superficial y profunda en pilas con tratamiento Microorganismos Eficientes, durante la fase I	152
Gráfico 40. Comportamiento promedio de temperaturas superficial y profunda en pilas con tratamiento Bioterre Sisvita, durante la fase I	153
Gráfico 41. Comportamiento promedio de temperaturas superficial y profunda en pilas con tratamiento Testigo, durante la fase I	154
Gráfica 42. Comportamiento promedio de temperaturas superficiales en los diferentes tratamientos de la Fase I	155
Gráfica 43. Comportamiento promedio de temperaturas profundas en los diferentes tratamientos de la Fase I	156
Gráfica 44. Promedio de Presencia de Moscas y Mosquitos en las pilas con tratamiento Testigo durante la primera fase de la investigación	157

	pág.
Gráfica 45. Promedio de Presencia de Moscas y Mosquitos en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean durante la primera fase de la investigación	158
Gráfica 46. Promedio de Presencia de Moscas y Mosquitos en las pilas con tratamiento Bioterre durante la primera fase de la investigación	159
Gráfica 47. Promedio de Presencia de Moscas y Mosquitos en las pilas con tratamiento EM durante la primera fase de la investigación	160
Gráfica 48. Comportamiento promedio en la proliferación de moscas y mosquitos en los diferentes tratamientos de la Fase I	161
Gráfica 49. Consolidado de abono orgánico obtenido en los 4 tratamientos, aplicados durante la fase I de la investigación	162
Gráfica 50. Comportamiento promedio de temperaturas durante la fase II en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean	164
Gráfica 51. Comportamiento de las temperaturas en las pilas con tratamiento Microorganismos Eficientes durante la fase II	165
Gráfica 52. Comportamiento de temperaturas Tratamiento Bioterre Sisvita, Fase II	167
Gráfica 53. Comportamiento de temperaturas Tratamiento Testigo, Fase II	168
Gráfica 54. Comportamiento promedio de temperaturas superficiales en los diferentes tratamientos de la Fase II	169
Gráfica 55. Comportamiento promedio de temperaturas profundas en los diferentes tratamientos de la Fase II	170
Gráfica 56. Comportamiento promedio en la proliferación de moscas en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean - Fase II	171
Gráfica 57. Comportamiento promedio en la proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con Tratamiento Microorganismos Eficientes -II	172
Gráfica 58. Comportamiento promedio de la proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con Tratamiento Bioterre Sisvita Fase II	173

	pág.
Gráfico 59. Comportamiento promedio de la proliferación de moscas y mosquitos en las pila con tratamiento Testigo durante la fase II	174
Gráfica 60. Comportamiento promedio en la proliferación de moscas y mosquitos en los diferentes tratamientos de la Fase II	175
Gráfica 61. Producción de abono orgánico con los diferentes tratamiento de la fase II Comportamiento de temperaturas Tratamiento Microorganismos Eficientes	177

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Formato para el control de factores ambientales y de comportamiento de las pilas de materia orgánica en proceso de compostaje, empleado durante la investigación.	200
Anexo B. Resultados de los análisis de control de calidad a las muestras de abono orgánico obtenidas en los diferentes tratamientos.	201
Anexo C. resultados de los análisis de metales pesados a las muestras de abono orgánico obtenidas en los diferentes tratamientos.	202
Anexo D. Resultados de los análisis microbiológicos a las muestras de abono orgánico obtenidas en los diferentes tratamientos.	203
Anexo E. Resultados de los análisis de Enterobacterias y Salmonella s.p. a las muestras de abono orgánico obtenidas en los diferentes tratamientos.	204

GLOSARIO

ACONDICIONADOR: también llamado enmienda del suelo; es un material que se agrega del suelo para mejorar el crecimiento vegetal y la sanidad vegetal.

ACTINOMICETOS: bacterias gram positivas que generalmente en algún momento de su ciclo de crecimiento desarrollan células filamentosas, ramificadas que fragmentan en elementos cocoides y/o bacilares.

AEROBIO: se denominan aerobios o aeróbicos a los organismos que necesitan del oxígeno biatómico para vivir o poder desarrollarse.

AGRICULTURA BIOLÓGICA: sistema para cultivar una explotación agrícola autónoma basada en la utilización óptima de los recursos naturales, sin emplear productos químicos de síntesis, u organismos genéticamente modificados (OGMs) -ni para abono ni para combatir las plagas-, logrando de esta forma obtener alimentos orgánicos a la vez que se conserva la fertilidad de la tierra y se respeta el medio ambiente.

AGROALIMENTARIOS: producto agrícola que ha recibido tratamiento industrial.

AGROINDUSTRIAL: se define agroindustria como la rama de industrias que transforman los productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca, en productos elaborados.

ANAEROBIO: los organismos anaerobios o anaeróbicos son los que no utilizan oxígeno (O_2) en su metabolismo, más exactamente que el aceptor final de electrones es otra sustancia diferente del oxígeno.

BIODEGRADABLES: se entiende como biodegradable al producto o sustancia que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales.

BIOFERTILIZANTES: fertilizantes obtenidos mediante actividad microbiana.

BIOGÁS: gas metano que se origina por la acción de bacterias sobre sustancias orgánicas.

BIOMASA: materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

BIOTECNOLOGÍA: es la tecnología basada en la biología, especialmente usada en agricultura, farmacia, ciencia de los alimentos, medioambiente y medicina. Se desarrolla en un enfoque multidisciplinario que involucra varias disciplinas y

ciencias como biología, bioquímica, genética, virología, agronomía, ingeniería, física, química, medicina y veterinaria entre otras.

CIPERMETRINA: es un insecticida no sistémico, de amplio espectro, no volátil, que actúa por contacto e ingestión, que ofrece un control efectivo de insectos y baja toxicidad para los mamíferos.

COMPOSTACIÓN: acto de compostaje, de almacenamiento de materia orgánica y su uso como fertilizante.

COMPOSTAJE: materia orgánica procedente de residuos agrícolas y de la jardinería tratados para acelerar su descomposición y ser utilizados como fertilizante.

DESHIDRATACIÓN: es la pérdida excesiva de agua y sales minerales de un cuerpo. Puede producirse por estar en una situación de mucho calor (sobre todo si hay mucha humedad)

EMPÍRICOS: que está basado en la experiencia y en la observación de los hechos.

ENCOMENDEROS: el que lleva encargos de otro por concesión real.

ENZIMÁTICO: organismo de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas

ERODABILIDAD: es un índice que indica la vulnerabilidad o susceptibilidad a la erosión y que depende de las propiedades intrínsecas de cada suelo.

ESPORULADOS: microorganismos de reproducción asexual, generalmente haploide y unicelular.

EXCRETAS: desecho que arrojan los organismos después de realizar el proceso de metabolismo y que contienen bacterias patógenas que puedan causar enfermedades.

FERMENTACIÓN: es un proceso catabólico de oxidación incompleta, totalmente anaeróbico, siendo el producto final un compuesto orgánico.

FISIOGRAFÍA: geografía física que estudia el relieve terrestre.

GEOMORFOLÓGICAS: es la rama de la geografía que estudia el relieve de la Tierra, el cual es el resultado de un balance dinámico que evoluciona en el tiempo.

HEMICELULOSAS: las hemicelulosas son heteropolisacáridos (polisacárido compuesto por más de un tipo de monómero), formado, en este caso un tanto especial, por un conjunto heterogéneo de polisacáridos, a su vez formados por un solo tipo de monosacáridos unidos por enlaces.

HUMUS: capa superior del suelo de un terreno constituida por tierra, sustancias inorgánicas y materia orgánica de origen animal y vegetal

IMPERMEABILIZAR: cubrir una superficie con una sustancia o material impermeable para impedir que penetre en ella la humedad, el agua u otro líquido.

INÓCULOS: es una suspensión de microorganismos vivos que se han adaptado para reproducirse en un medio específico.

INSOSTENIBLES: que no puede ser soportado o tolerado por un tiempo prolongado.

INTENDENCIA: control y administración de algún servicio o del abastecimiento de alguna colectividad.

LACTOBACILLUS: bacteria del ácido láctico es un género de bacterias Gram positivas anaerobias facultativas, denominadas así debido a que la mayoría de sus miembros convierte lactosa y otros monosacáridos en ácido láctico.

LIGNINA: es el constituyente intercelular incrustante o cementante de las células fibrosas de los vegetales y funciona prácticamente como relleno para impartir rigidez al tallo de la planta.

LIXIVIADOS: líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de biodegradación.

LOMBRICOMPOST: compostaje realizado en base a lombrices.

LOMBRICULTIVO: técnica que consiste en la crianza y manejo de lombrices en condiciones de cautividad, con la finalidad de obtener productos como el humus para fertilizante de uso agrícola y la proteína (carne fresca o harina) como suplemento para raciones animales.

LOMBRICULTURA: la lombricultura es una actividad centrada en la crianza de lombrices, las que posteriormente se utilizan con diversos fines. Tradicionalmente se ha asociado el aspecto comercial de la lombriz con el negocio de la pesca. Sin embargo, ésta es tal vez la menor de sus aplicaciones.

MELAZA: la melaza o miel de caña es un producto líquido espeso derivado de la caña de azúcar y en menor medida de la remolacha azucarera, obtenido del residuo restante en las cubas de extracción de los azúcares

MESOFÍLICOS: organismos mesófilos, cuando tiene una temperatura óptima de crecimiento comprendida entre 20°C y 45°C.

MORBILIDAD: es la cantidad de personas o individuos considerados enfermos o víctimas de una enfermedad en un espacio y tiempo determinados.

MORBIMORTALIDAD: mortalidad por causa de una enfermedad.

OXIGENACIÓN: se refiere a la cantidad de oxígeno en un medio. Capacidad de transporte de oxígeno de la hemoglobina.

PAQUETES MICROBIANOS: cantidad de presentación del producto a utilizar en el proceso de compostaje.

PILA: cantidad de material a compostar que puede ir precedido de medidas.

POSTCONSUMO: es un concepto nuevo que muestra una nueva condición consumidora de la sociedad y de las empresas.

REINOCULACIÓN: volver a inocular o reiniciar el proceso de aplicación del producto.

REPERCUTIRÁ: causar un efecto o incidir una cosa, o causarlo indirectamente.

RESIDUOS SÓLIDOS: es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicio que el generador abandona.

RUMINAL: actividad que realiza el rumiante en sus cuatro estómagos.

SUBLEVARON: incitar a una persona o a un grupo de personas a que se enfrente a un poder establecido, utilizando la fuerza o las armas.

TECNOLOGÍA DE BIO-ABONO: conjunto de conocimientos específicos de un determinado oficio que permite el uso de fertilizantes orgánicos.

TERMÓFILOS: el término termófilo se aplica a organismos vivos que pueden soportar condiciones extremas de temperatura relativamente altas, por encima de los 45°C, o relativamente bajas.

RESUMEN

En la presente investigación se sometieron a evaluación los paquetes tecnológicos Bioterre Sisvita, Microorganismos Eficientes EM, Biostart Aquaclean, y un testigo, en procesos de compostación de la materia orgánica procedente de domicilios y la plaza de mercado de la ciudad de Mocoa, Putumayo, con el objeto de determinar cuál era la alternativa más recomendable para que la Empresa Municipal de Servicios Públicos emprenda un programa de aprovechamiento de los residuos orgánicos. En la aplicación de los productos se desarrollaron al máximo las recomendaciones dadas por los fabricantes o distribuidores con el propósito de garantizar los resultados que a nivel comercial se difunden; Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos. En conclusión se recomienda a ESMOCOA ESP el diseño del sistema de aprovechamiento a partir de procesos naturales lo cual le permitirá aminorar costos; y avanzar en la investigación hasta encontrar el tratamiento que le ofrezca mejores resultados.

Palabras clave: Compostaje, Bioterre Sisvita, Microorganismos Eficientes, Biostart Aquaclean.

ABSTRACT

For the next investigation were subjected technology caltopycs such as Bioterre Sisvita, Efficient Microorganism EM, Biostart Aquaclean and a testifier in organic material compostation process from residencies and market place of Mocoa city. The main object of this activity consisted in determine the most profilable and advisable choice as well for Public Services Municipality enterprise to undertake an organic residue profiting program during the application of some products were developed principally all recommendation given by factory owners or distributers; this with the purpose of warrant the properly results commercially. However it wasn't founded mainly differences on treatments. According with this, is advisable to ESMOCOA ESP, the design of a profhing system for natural process wich will allow them to reduce costs and advance with the investifation process until finding finally the real treatment wichoffter them better results.

Key words: Compost, Bioterre Sisvita, Efficient Microorganism, Biostart Aquaclean.

INTRODUCCION

Existen diferentes técnicas de compostaje, y paquetes tecnológicos a partir de microorganismos especializados que aceleran los procesos de degradación de la materia orgánica, generando adicionalmente condiciones favorables para disminuir los impactos ambientales, y reducir el tiempo que el proceso natural de compostaje conlleva, lo cual puede repercutir en ganancias o pérdidas económicas, ambientales y sociales para una empresa, determinando finalmente la viabilidad del montaje de un sistema de aprovechamiento de los residuos orgánicos.

Diversos paquetes tecnológicos que contienen microorganismos especializados para acelerar los procesos de compostaje de la materia orgánica, han sido ampliamente probados y corroborados en diferentes zonas de Colombia, pero hasta el momento no se reportan casos para la Amazonia Colombiana, donde las condiciones ambientales difieren considerablemente a las de otras regiones del País, y en donde con especial razón se requiere de acondicionadores de suelo, dado que los suelos de la región son pobres en nutrientes, lo cual reduce y condiciona su capacidad productiva para el sector agropecuario.

Algunos de tales paquetes tecnológicos desarrollados y que se comercializan en Colombia son: Bioterre Sisvita producido por la empresa SISVITA BIOTECHNOLOGIES S.A. de la ciudad de Bogotá, Colombia; Microorganismos Eficientes, desarrollado por el Doctor Teruo Higa, Ph. D, Profesor de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, con exclusividad en la producción y distribución en Colombia a la Fundación de Asesorías para el Sector Rural, FUNDASES, Entidad de la Organización Minutos de Dios; y Biostart Aquaclean, distribuido en Putumayo principalmente para el tratamiento de las aguas residuales de la industria petrolera, por parte de la empresa INGEAGUASOL y AMBIENTE, NIT 51742714 de la Cámara de Comercio de Bogotá.

Estos paquetes tecnológicos fueron empleados, analizados y evaluados en esta investigación mediante indicadores técnicos, ambientales y económicos, como alternativas de compostaje, en muestras de material orgánico procedente de domicilios y plaza de mercado de la ciudad de Mocoa, en tratamientos que se sometieron a comparación entre ellos mismos, y con un testigo mediante indicadores técnicos establecidos en normas colombianas; económicos, dados por los costos invertidos en el desarrollo de la investigación, y ambientales, según los impactos ambientales generados durante el proceso investigativo.

El trabajo de investigación se desarrolló en dos fases, en las cuales se siguió un proceso metodológico genérico para los cuatro (4) tratamientos: *Bioterre Sisvita*, *Microorganismos Eficientes EM*, *Biostart Aquaclean*, y Testigo. Únicamente variaron en cada tratamiento, las condiciones de preparación y aplicación del

paquete microbiano. En la fase I se trabajó especialmente con residuos domiciliarios y en menor proporción de la plaza de mercado; en la segunda fase hubo la necesidad de trabajar únicamente con los residuos de la plaza de mercado, porque se dificultó reunir el material orgánico procedente del sector domiciliario.

Dentro de las actividades generales, se inició con la asesoría y capacitación del equipo investigador, la preparación del material orgánico para someter a proceso de compostación, la aplicación de tratamientos y organización de pilas de compostaje, el volteo en forma regular de las pilas de compostaje, el control y seguimiento a los procesos, el control de plagas, la toma de muestras para evaluación de los procesos, el procesamiento de Información, análisis y evaluación de resultados de acuerdo con los siguientes indicadores: grado de temperatura máxima y mínima lograda, la generación de gases y olores, la generación de lixiviados, la proliferación de vectores, las características fisicoquímicas, microbiológicas y de metales pesados, los costos versus tiempo de maduración, y la cantidad de producto obtenido.

Respecto a la valoración de la calidad de los productos obtenidos, se realizó teniendo en cuenta lo reglamentado en la norma NTC 5167 del 2004 expedida por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC y el Reglamento Técnico de Agua y Saneamiento Básico RAS 2000, teniendo en cuenta que el artículo 78 del Decreto 1713 de 2002 establece que los productos finales obtenidos mediante procesos de compostaje y lombricultura, para ser comercializados, deben cumplir, previamente, los requisitos de calidad exigidos por las autoridades agrícolas y de salud en cuanto a presentación, contenido de nutrientes, humedad, garantizar que no tengan sustancias y/o elementos peligrosos que puedan afectar la salud humana, el medio ambiente y obtener sus respectivos registros.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La elaboración de compostaje de residuos sólidos orgánicos generados en la cabecera municipal de Mocoa, departamento de Putumayo mediante las tecnologías Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita, y Microorganismos Eficientes permitirá definir aquella más recomendable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental para desarrollar un programa de aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en la cabecera municipal.

1.1 FORMULACION

¿Cuál de las tecnologías: Bioterre Sisvita, Biostart Aquaclean, o Microorganismos Eficientes en confrontación con un testigo, es más viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental como alternativa para proponer un sistema de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en la cabecera municipal de Mocoa, Putumayo?

1.2 DESCRIPCION

La prestación del servicio de aseo en el municipio de Mocoa, Putumayo es realizada por la Empresa Municipal de Servicios Públicos Domiciliarios ESMOCOA E.S.P.

De acuerdo con la información suministrada por Esmocoa a Corpoamazonia, en la cabecera municipal de Mocoa se están recolectando un total de 24 Ton/día de residuos¹, los cuales son dispuestos totalmente en el relleno sanitario localizado en la vereda Medio Afán.

El estudio de caracterización de los residuos sólidos realizado por la Fundación Amazónica Churumbelo – FUNACH, como insumo para la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos PGIRS del Municipio de Mocoa, indica que del total de residuos recolectados por la empresa, el 71,12% corresponde a material vegetal y residuos degradables², que pese a su potencialidad para la producción de acondicionadores de suelos, están siendo desaprovechados al ser enterrados, reduciendo considerablemente la vida útil del relleno sanitario e incrementando los costos de disposición final y descontaminación ambiental que finalmente redundan en una tarifa cada vez más alta por la prestación del servicio a la comunidad.

¹Corpoamazonia, Informe de Gestión 2008, febrero 2009.

² Alcaldía Municipal de Mocoa, Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2006.

2. JUSTIFICACION

El gobierno nacional a través del anterior Ministerio del Medio Ambiente, hoy, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, formuló en el año 2002 la Política Nacional de Gestión Integral de Residuos, que tiene por objeto impedir o minimizar de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico.

Para cumplir tal cometido, definió diferentes objetivos, estrategias y acciones encaminadas a reducir en la fuente los volúmenes de residuos sólidos, desarrollando los programas de minimización en el origen, estrategias de modificación de los patrones de consumo y producción insostenibles, promoviendo la creación de nuevos canales de comercialización de desechos reciclables o subproductos de los mismos, fortaleciendo las cadenas de reciclaje y programas existentes de aprovechamiento de residuos, y apoyo de nuevos programas, mejorando las condiciones de trabajo del recuperador, realizando educación ambiental y patrocinando la participación ciudadana, promoviendo la planificación y coordinación institucional y el desarrollo de ciencia y tecnología para mejorar la gestión de los residuos sólidos.

Este proyecto de investigación “Compostaje de Residuos Sólidos Orgánicos generados en la cabecera municipal de Mocoa mediante las tecnologías Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita, y Microorganismos Eficientes” se realiza con el propósito de hacer un manejo razonable de los residuos sólidos orgánicos y de esta manera minimizar los impactos ambientales y sociales generados por la alta producción y acumulación del material orgánico en el sitio de disposición final, al cual no se le realiza un adecuado aprovechamiento que sea favorable tanto para el ambiente como para la comunidad, esto se debe por la falta de conocimiento y concienciación de las entidades competentes.

Conociendo el desarrollo de la problemática se ve la necesidad de la implementación de alternativas de solución mediante el uso de tecnologías que hagan posible la transformación de los residuos orgánicos en abonos de excelente calidad, utilizados en programas de producción más limpia, ante esta problemática existente que trae consecuencias directas e indirectas a la comunidad en lo referente al sector económico social y ambiental interviniendo en el desarrollo de la actividades de los individuos.

Además es importante resaltar, que los suelos del Putumayo, como todos los suelos amazónicos, por su naturaleza son extremadamente pobres con severos limitantes agronómicos, entre ellos una alta deficiencia en fósforo y potasio, niveles tóxicos de aluminio, baja capacidad de intercambio catiónico y alta

erodabilidad³, por tanto se hace necesario adicionarles abonos orgánicos para mejorar tales condiciones que favorezcan la producción agropecuaria; de ésta manera, si se aprovechan los residuos orgánicos generados por la población Mocoana, que actualmente se están enterrando en el relleno sanitario, para procesarlos como acondicionadores de suelos, se mejoraran las condiciones ambientales de los suelos de la región lo que repercutirá en mejores rendimientos en la producción agropecuaria municipal.

Todo esto se realiza con el objetivo de aportar y buscar un bienestar donde no se vea afectado el medio ambiente y así lograr un mejoramiento en la calidad de vida y mantener un equilibrio constante.

Para finalizar, es de resaltar que la misión del Instituto Tecnológico del Putumayo, es formar técnicos, tecnólogos y profesionales líderes en la transformación de su entorno, que procuran entre otras, la adaptación de tecnologías aplicables a las realidades del contexto, contribuyendo así al bienestar y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes; de ésta manera, el presente estudio permitirá que el ITP afiance y consolide su compromiso institucional y continúe su rumbo hacia su visión de convertirse en el futuro próximo cómo una institución de educación superior, acreditada y líder en procesos tecnológicos, socioeconómicos, culturales y ambientales a través de la investigación, la docencia y la proyección social, en la región andino-amazónica y el país.

³Corpoamazonia, Atlas Ambiental para el Sur de la Amazonia Colombiana, primera versión, junio 2003.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desarrollo de las tecnologías Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita, y Microorganismos Eficientes, en confrontación con un testigo, como alternativas de compostaje de los residuos orgánicos domiciliarios generados en la cabecera urbana de Mocoa.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar y controlar las tecnologías de compostaje Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita, y Microorganismos Eficientes a muestras diferentes de residuos sólidos orgánicos.
- Evaluar mediante indicadores económicos, técnicos y ambientales los paquetes tecnológicos, empleados durante el periodo investigativo, respecto a parámetros de calidad establecidos en Normas Técnicas Colombianas.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO CONTEXTUAL

El presente proyecto de investigación se ejecutó en el municipio de Mocoa, capital del departamento del Putumayo, Colombia, y específicamente en su cabecera municipal, que debe proyectar ejemplo hacia los municipios hermanos, pues es el sitio donde se encuentran, además, asentadas las sedes principales de las diferentes entidades gubernamentales.

4.1.1 Historia⁴. La localidad tuvo sus orígenes por obra de don Pedro de Agreda en 1551 y a ella, llegó en 1542 el conquistador Hernán Pérez de Quesada, quien, con sus tropas diezmadas y casi vencido por las adversidades que había tenido que padecer en su alocada travesía en la búsqueda de El Dorado, por las tierras del Alto Llano y de la Alta Amazonia, para descansar y recuperarse antes de continuar su viaje hacia la ciudad de Pasto.

El 29 de septiembre de 1563, el capitán Gonzalo H. p de Avendaño, sobre la margen izquierda del río Mocoa, fundó oficialmente la ciudad con 10 vecinos encomenderos y 800 indígenas, dándole el nombre de San Miguel de Agreda 1 de Mocoa. Por falta de comunicaciones, la ciudad no tuvo gran movimiento y tendió a estancarse; en 1582, dependía en lo civil del Gobernador de Popayán y en lo eclesiástico del obispo de Quito.

En varias ocasiones el poblado fue atacado por los temibles indígenas Andaquíes, quienes lo incendiaron casi por completo en 1683 y, además, sublevaron a los indios.

Esos acontecimientos determinaron que la población fuera trasladada de su lugar de fundación al sitio, entre los ríos Mocoa, y Mulato, en donde se encuentra actualmente. Para 1876, Mocoa era centro de comercio de Quina, Caucho, sal del Brasil y Zarparrilla; Al caer el valor de la quina y el caucho la mayoría de los pobladores blancos abandonaron el pueblo, y después varios incendios destruyeron la población, debiendo ser reconstruida.

En 1958 la localidad fue elevada a la categoría de Municipio y al ser creada en 1968 la intendencia de Putumayo, pasó a ser la capital de la nueva División Política Administrativa, característica que conservo al ser elegido el Departamento del Putumayo en 1991.

⁴ <http://mocoa-putumayo.gov.co>

Figura 1. Panorámica de la ciudad de Mocoa, Putumayo



Fuente: Archivos digitales de reserva Edgar Muñoz

4.1.2 Geografía⁵. El Municipio de Mocoa está ubicado en la parte norte del Departamento del Putumayo, sobre la margen derecha del río Caquetá. Cuenta con los siguientes límites.

- **Por el Norte:** Con los departamentos del Cauca (Municipio de Santa Rosa) y Nariño (Municipio del Tablón), arrancando desde las cabeceras del río Cascabel, por este aguas abajo hasta su desembocadura sobre el río Caquetá, continuando por este a la desembocadura del río Villalobos.
- **Por el Oriente:** Limita con el departamento del Cauca (Municipios de Santa Rosa y Piamonte) y el municipio de Puerto Guzmán, partiendo desde el punto anterior, continuando aguas abajo del río Caquetá hasta la desembocadura de la quebrada Sardinas, desde el punto en línea recta imaginaria hasta encontrar el Nacimiento del río Jauno, continua con rumbo sur oriente en línea recta imaginaria hasta encontrar el nacimiento de la quebrada Júpiter de este punto aguas abajo hasta la desembocadura en el río Caimán, sigue hacia abajo hasta la intersección de la línea imaginaria en los límites con el Municipio de Puerto Caicedo.

⁵<http://mocoa-putumayo.gov.co>

- **Por el Sur:** Limita con el Municipio de Puerto Caicedo y va del punto anterior con rumbo oeste hasta encontrar el cauce del río Picudo, por este aguas arriba hasta su nacimiento, desde este punto en línea norte hasta encontrar en el río Mocoa, por el río Mocoa aguas arriba hasta la desembocadura de la quebrada Sangoyaco, por este aguas arriba hasta su nacimiento, desde este punto en línea recta imaginaria hasta el nacimiento de la quebrada Yuruyaco, por estas aguas abajo hasta la desembocadura en el río Putumayo, por este aguas arriba hasta la desembocadura del río blanco.

- **Por el Occidente:** Desde la desembocadura del río Blanco al río Putumayo, se toma aguas arriba del río Blanco hasta la desembocadura de la quebrada Cristales, por este hasta su nacimiento, de este punto en línea imaginaria con rumbo noroeste hasta el nacimiento de la quebrada Tortuga, por estas aguas abajo hasta su desembocadura sobre el río Mocoa, desde este punto aguas arriba hasta la desembocadura del río Titango, por este aguas arriba hasta su nacimiento y de este punto en línea recta imaginaria, con rumbo noroeste, hasta encontrar las cabeceras del río Cascabel.

4.1.3 División político administrativa⁶. La estructura político administrativa del municipio de Mocoa, está integrada por tres inspecciones de policía, que son: Mocoa, Puerto Limón y el Pepino. Además, se reconoce la jurisdicción indígena de Yunguillo.

Tiene como capital la ciudad de San Miguel de Agreda de Mocoa y como centros poblados: la Tebaida, El Pepino y Puerto Limón. Mocoa tiene 61 barrios en 620 has que comprenden la cabecera municipal, y en todo el municipio hay 52 veredas.

El municipio tiene una población total de 36.185 habitantes de los cuales 9.746 corresponden a la población rural y 26432 son de población urbana, incluidos los 10.332 desplazados.

4.1.4 Fisiografía⁷. Comprende una variada gama de geoformas que van desde laderas altas de cordillera hasta planicies ligeramente onduladas. De su área total, 1.263 km², donde la extensión área urbana es de 580 km² y la extensión del área rural es de 740 km², la mayor extensión comprende zonas de montaña, correspondientes a Laderas de Altas de Cordillera, cuyas características geomorfológicas son pendientes mayores al 75%, valles en V y suelos superficiales. Estarían ubicados en la parte alta de la cuenca del río Mocoa y el río Cascabel, en estribaciones del Cerro Juanoy, su altura sobre el nivel de mar oscila

⁶ <http://mocoa-putumayo.gov.co>

⁷ Ibid.

entre 2.000 y 3.200 metros. Posteriormente se podrían identificar las zonas de Laderas Bajas de Cordillera, correspondientes a superficies de transición entre las zonas de alta montaña y la región de Piedemonte. Se caracterizan por pendientes entre 1.200 y 2.000 metros sobre el nivel del mar.

Estas zonas estarían ubicadas en los nacimientos de los ríos Pepino, Rumiyo, Mulato, Campucana, la parte media de la subcuenca del río Mocoa y la parte alta de la serranía del Churumbelo. La Unidad de relieve siguiente se denomina Piedemonte Cordillerano y corresponde a zonas de colinas altas y bajas, con terrazas fuertemente disectadas y con pendientes que oscilan entre 10% y 50%. Esta unidad fisiográfica, estaría ubicada en la Tebaida, Pepino, san Antonio, Monclart, en la parte media de los ríos Pepino, Rumiyo, Eslabón, Mocoa y en las estribaciones de de la serranía de Churumbelo.

Figura 2. Ubicación geográfica del municipio de Mocoa



Fuente. Diseño original de Jessica Paola Guzmán Meza a partir de imágenes extraídas de planos cedidos por la Secretaría de Planeación Municipal de Mocoa.

La Capital del Departamento se podría ubicar dentro de esta zona. La altura sobre el nivel del mar estaría entre 600 y 1.200 metros. Por último se clasificarían como Planicies Ligeras y Medianamente onduladas. La pendiente varía entre 0 y 10% su altura sobre el nivel del Mar y va desde los 400 a 600 metros; la temperatura de 28°C y el promedio de humedad relativa es del 90%.

4.1.5 Desarrollo Económico y Medio Ambiente⁸. La economía del municipio de Mocoa se sustenta principalmente en el sector primario con las actividades agropecuarias, piscícolas, forestales, la minería de subsistencia las microempresas y en el sector de servicios a través de las entidades oficiales, educativas, oficios y el comercio en general.

En el sector secundario existen diversas y pequeñas asociaciones que están transformando los productos primarios, lo cual es una alternativa de generación de Empleo a través de la integración y conformación de grupos, mejorando la calidad de vida aplicando desarrollo sostenible. Los que actualmente están funcionando son aproximadamente 60 asociaciones o grupos de trabajo, como empresas Cooperativas Asociativas de Trabajo o Empresas Asociativas de Trabajo sin ánimo de Lucro, las cuales están bien organizadas y desarrollan convenios o contratos de trabajo con las entidades del Sector Público y privado de la región.

En el sector terciario tiene significancia lo relacionado con el comercio ya que por ser la capital administrativa del Putumayo se ha concentrado gran cantidad de establecimientos comerciales como son de productos alimenticios; vestuario, cacharrerías, misceláneas, floristerías y artesanías; artículos para el deporte en general, calzado; Concesionarios de Motos Yamaha, Motos Suzuki, Motos Jialing, Motos Kawasaki, etc. En gran parte constituye un generador de trabajo y de ingresos para la población. Por ser la Capital del Departamento, gran parte de personas se dedican a laborar en las diferentes entidades públicas existentes como son la Gobernación, Corpoamazonia, Alcaldía, Procuraduría, Fiscalía, Contraloría, INCORA, Secretaría de Educación, Bancos, Cooperativas, Fondos de Empleados, entre otras.

A Mocoa convergen las distintas preocupaciones relacionadas con el crecimiento desmedido de la población urbana por la llegada de grupos desplazados y con ellos el aumento del desempleo, las amenazas y riesgos por la ubicación en el pie de monte sobre una zona de alta sismicidad, el deterioro de los recursos naturales, en fin muchos problemas heredados de un pasado poco conocido, repleto de vicios y malas costumbres administrativas, pero también con un potencial de riqueza natural que no debemos desaprovechar para construir un futuro social deseable, amigable con las condiciones ambientales del departamento del Putumayo.

⁸ <http://mocoa-putumayo.gov.co>

En el municipio existen 1.328,9 hectáreas dedicadas a la agricultura que corresponde al 1 % del área total (1.263 kilómetros cuadrados) donde actividades económicas como el cultivo de caña panelera que ocupa el primer lugar en área sembrada (250 has) permite una alta capacidad de generación de empleo (17.500 jornales / año), con retención de la población viviendo y trabajando en el campo, y ofrece la oportunidad de aumentar sus rendimientos para convertirse en una actividad más atractiva mediante el fomento de tecnologías alternativas en las áreas permitidas según el PBOT y la promoción de la panela como un producto natural para los mercados verdes.

Figura 3. Productos agropecuarios del municipio de Mocoa



Fuente: Archivos digitales de reserva de Ligia Stella Peñafiel.

El cultivo de plátano es el segundo en importancia por el área sembrada (228 has) y el alto consumo de la población local y regional en diferentes preparaciones, también necesita el apoyo técnico adecuado para generar sistemas productivos alternativos que mejoren la productividad y garanticen la sostenibilidad de la producción en las plantaciones; el café orgánico es otro cultivo con gran potencial

de crecimiento y producción, con alta competitividad por la calidad del producto y las posibilidades de reorientación de los sistemas de producción; sin embargo, se necesita apoyo técnico y económico para fomentar el cultivo en sistemas agroforestales, la transformación agroindustrial y la promoción en el mercado con un gran potencial a nivel nacional e internacional; el cultivo de frutales amazónicos es otro renglón promisorio sin embargo, su fomento requiere el fortalecimiento de los procesos de organización de los productores además del apoyo técnico y económico para el procesamiento agroindustrial de la producción primaria y la apertura de mercados.

La cría de especies menores como cerdos (3.068 animales) gallinas (112.350 aves) y peces (91.000 metros cuadrados de espejo de agua) son actividades promisorias con alta generación de empleo en el campo pero con dificultades para la comercialización de los productos, siendo la producción de huevos la de mayor potencial en el mercado local. Además es necesaria la recuperación de las prácticas tradicionales de producción sostenible y de las semillas propias y adaptadas a las condiciones ambientales del medio para garantizar la seguridad alimentaria de la población del municipio de Mocoa.

Por otra parte, existen 22.157 hectáreas sembradas con pastos, dato que corresponde al 17.5 % de la superficie municipal, donde la ganadería bovina doble propósito genera empleo a un número indeterminado de productores mocoanos, especialmente en la subregión de la Tebaida con un buen potencial productivo en la línea de los derivados lácteos. La Ganadería es de gran importancia y corrigiendo las tecnologías utilizadas, puede impulsarse procesos de fabricación de lácteos.

El área de bosque es de 101.669,3 has que corresponden al 80.5% del total del municipio en diferentes estados de intervención. Actividades como la transformación de la madera, la minería de subsistencia y la pequeña minería ofrecen importantes oportunidades para la generación de empleo, igualmente el potencial turístico es un campo de interés estratégico. No obstante todas estas posibilidades para el desarrollo empresarial en el campo y la ciudad están sujetas a la evaluación ambiental, de los usos permitidos del suelo y de la dinámica de los mercados.

Es de resaltar que el desarrollo del sector rural ha estado limitado por la deficiencia nutricional de los suelos dado el bajo nivel de materia orgánica disponible, lo cual redundo en una baja productividad de los cultivos.

- **Infraestructura y servicios públicos.** La malla vial urbana tiene una longitud de 26.340 metros lineales, de los cuales 3.540 se encuentran con pavimento nuevo y 22.800 m sin pavimento. En general el estado de las vías terciarias y

caminos de herradura se encuentran en regular estado, los tramos de camino de herradura son de 65 Kilómetros, y los tramos de vías terciarias de 90 kilómetros.

El sistema de alcantarillado fue construido hace 20 años y descarga directamente sus aguas residuales a los diferentes ríos y caños que cruzan el área urbana, existiendo emisarios finales en casi todos los barrios. La cobertura del servicio es del 90% aproximadamente, pero las viviendas que no están conectadas al alcantarillado vierten sus aguas negras directamente a los caños, agravándose este problema con los nuevos asentamientos no planificados, ya sea por invasiones o población desplazada de zonas de violencia. En el sector rural la población vierte sus aguas residuales a los ríos, letrinas, pozos sépticos o a campo abierto.

Figura 4. Infraestructura de servicios del Municipio de Mocoa, Putumayo. Empresa de Energía del Putumayo, ESMOCHA ESP, Plaza de Mercado y Alumbrado Público.



Fuente: Archivos digitales de reserva Emilsen Méndez

En la actualidad se viene suministrando el servicio de energía a 25 veredas, que corresponden a una cobertura del 42% equivalente a 1.284 usuarios. Se observa que el alumbrado público en el sector rural y urbano es deficiente. El casco urbano del Municipio de Mocoa se abastece de agua por gravedad, de cuatro (4) fuentes. El servicio de acueducto tiene una cobertura del 75% con una red domiciliaria deficiente y alto índice de morbilidad por falta de la planta de tratamiento para la potabilización del agua. Las veredas que cuentan con acueductos no tienen tratamiento de agua. En el sector rural no hay líneas telefónicas domiciliarias, el cubrimiento de la telefonía es realizado por Telecom mediante una oficina de Servicio de Atención Inmediata (SAI) administrada por contratistas privados.

La plaza de mercado no tiene espacios adecuados y suficientes para realizar la venta e intercambio de productos básicos; por el crecimiento poblacional la plaza existente es insuficiente. Otros equipamientos públicos son insuficientes en algunos casos e inexistentes en otros.

4.1.7 Prestación de servicios de salud⁹. De los 45.292 habitantes que tiene el municipio, 20.698 personas presentan necesidades básicas insatisfechas NBI, equivalente al 58.64% del total de población municipal. A ésta población se suman 10.332 habitantes más, que son desplazados de otros municipios del departamento del Putumayo según datos suministrados por Acción Social. Del total de la población con NBI, 15.551 personas están afiliadas al régimen subsidiado representando una cobertura del 75.13%.

La oferta de servicios de salud para el municipio de Mocoa, la brinda el Hospital José María Hernández, con procedimientos de primer, segundo y algunos casos de tercer nivel, y 13 centros de salud ubicados en el área rural los cuales en su gran mayoría (84.6%) requieren de adecuación y mantenimiento.

Con base en la información obtenida por los servicios asistenciales del Hospital José María Hernández, se identifican diferentes problemas de salud por morbimortalidad bien sea, por consulta externa, hospitalización o urgencias, algunos de los cuales, mantienen porcentajes ligeramente diferentes a través del tiempo, lo cual pone en tela de juicio las medidas tomadas para prevenir la enfermedad.

A través de los últimos años en el municipio de Mocoa se ha generado una alta contaminación y deterioro de los recursos naturales, en especial del recurso hídrico debido a un escaso o ineficiente manejo de residuos sólidos, hospitalarios y vertimientos, aumentando de esta manera las causas de morbimortalidad por contaminación de aguas sobre todo en menores de 1- 5 años en el municipio de Mocoa.

⁹ <http://mocoa-putumayo.gov.co>

El acceso de la población al sistema de salud es limitado e inequitativo; solo el 16% está cubierto por el régimen contributivo, el 44% del régimen subsidiado de salud, y el porcentaje restante lo recibe en forma independiente o de otras fuentes.

Figura 5. Infraestructura de servicios de Salud: EPS Coomeva, Caprecom, Selvasalud y ESE Hospital José María Hernández en el municipio de Mocoa.



Fuente: Archivos digitales de reserva Alejandra Vera

● **Estadísticas de la Salud Pública de Mocoa:** Según las estadísticas del DANE hasta junio del 2009. Los resultados de las estadísticas de la salud pública en el municipio de Mocoa fueron las siguientes:

1. Cobertura de vacunación: 934 vacunados contra antipolio y pentavalente, 846 vacunados contra B.C.G, 819 contra triple viral, y 817 contra fiebre amarilla.

2. Prevalencia de lepra en Mocoa del 2004 al 2009: 38.219 habitantes.

3. Tasa de mortalidad por grupos de edad en el Putumayo: 0,8% menos a 1 año, 1,3% de 1 a 4 años, 0,7% de 5 a 14 años, 1% de 15 a 44 años, 0,4% de 45 a 64 años, 0,3% de 65 años, sin información 4,8%.

- **Afiliados a Salud:** En el municipio de Mocoa, existen afiliados al régimen Subsidiado, Contributivo, Magisterio y Subsidio Metro.

1. Régimen Subsidiado: Según estadísticas del DANE y el departamento administrativo de salud de la Gobernación del putumayo, con fecha de corte el 31 de diciembre del 2008, Mocoa, capital del Putumayo contaba con 31.980 afiliados al régimen afiliado, por debajo que los municipios Orito, y Puerto Asís del Putumayo en. El total de afiliados a este régimen en el municipio de Mocoa representa el 12,3% del total de afiliados del mismo régimen en todo el departamento del Putumayo.

2. Régimen Contributivo: Según estadísticas del DANE, con fecha de corte el 31 de diciembre del 2009, el municipio de Mocoa cuenta 8.015 afiliados al régimen contributivo de los cuales 8.014 se encuentran activos.

3. Afiliados al Magisterio: La relación por el municipio de Mocoa de afiliados al Magisterio según estadísticas del DANE con fecha de corte en junio del 2008 es 1028 afiliados de tipo cotizantes y 1186 de tipo beneficiarios, para un total de 2214 afiliados.

4. Afiliados a Subsidio Metro: Según las encuestas más recientes del DANE (Fecha de corte 1 de agosto del 2009), los afiliados por subsidio metro en Mocoa alcanzaban los 63.546 afiliados

5. Régimen Contributivo por Municipio y EPS: Las estadísticas del DANE, con fecha de corte el 29 de mayo del 2009 indican que Mocoa cuenta con un total de 10.627 afiliados al régimen contributivo por municipio y EPS. La distribución de los afiliados a este régimen es la siguiente:

Tabla 1. Número de afiliados régimen contributivo por municipio y EPS

EPS	AFILIADOS
CONFENAL CO	2
COOMEVA EPS	3.423
NUEVA EPS (ISS)	2.025
SALUD COOP	5.161
SANITAS	14
OTRAS EPS	2

Fuente: Archivos Alcaldía Municipal, Estadísticas DANE

4.1.8 Educación, cultura, recreación y deportes¹⁰.

1. Educación. La educación en el Departamento del Putumayo no ha sido tan buena como en las demás ciudades del resto del País, en la ciudad se encuentran centros de educación superior como lo son el Instituto Tecnológico Del Putumayo, ofreciendo programas de pregrado y ha sido la única institución pública del Departamento; entre otras instituciones están La Institución de Educación Superior del Putumayo INESUP, ofreciendo programas de pregrado y postgrado en diversas áreas del conocimiento, en convenio con la Corporación Universitaria Remington; Ecsalud; el SENA también tiene su sede en de la ciudad, ofreciendo algunos programas gratuitos para la gente de escasos recursos del Departamento; existen universidades abiertas y a distancia como lo son La Universidad del Tolima, La Universidad Católica de Manizales, la Universidad de Nariño, la Universidad Mariana, La Gran Colombia y la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

La población que ingresa al sistema educativo comparada con la población en edad escolar (de 5 a 17 años) aumenta desde el año 2000 a 2002 en 1.8% mientras que desde el año 2002 a 2006 el aumento es de 9.8%. Estos datos nos llevan a afirmar que el aumento muy elevado en los últimos años, se debe probablemente a la llegada de población desplazada, a los efectos de reorganización educativa que aumento la oferta de cupos, al interés de las instituciones y los docentes por el aumento de sus alumnos y a los estímulos para el mismo fin; sin embargo, las instituciones educativas no estaban preparadas para el aumento de la población estudiantil en relación a la disponibilidad de planta física. Tal es el caso de la Institución Etno educativa Bilingüe Inga de Mocoa,

Desde el año 2000 hasta el 2006, del total de la población en edad escolar un porcentaje de 47,4% del sector rural ingresa al sistema educativo lo que indicaría que un alto número de niños en edad escolar se queda por fuera del sistema educativo. Esta situación trae como consecuencia que los padres de familia rurales procuren salir al sector urbano en busca de oportunidades para la educación de sus hijos; el sector rural además de tener menos posibilidades para la educación reduce su población, lo cual es preocupante toda vez que es en el campo donde se producen los alimentos y se genera empleo productivo; estamos hablando de un desequilibrio en la relación urbano rural para la seguridad alimentaria y la demanda de empleo urbano donde no hay forma de lograrlo, estos dos elementos unidos contribuyen al empeoramiento de los problemas sociales como la delincuencia, la drogadicción y violencia.

La demanda de educación superior es alta evidenciada por la existencia de muchos programas que han llegado al Municipio bajo la modalidad de universidad

¹⁰ <http://mocoa-putumayo.gov.co>

a distancia, de los cuales egresan semestralmente un alto número de técnicos y profesionales. Por otra parte el Instituto Tecnológico del Putumayo, imparte formación en algunas tecnologías siendo las de mayor demanda las del área de administración y sistemas.

La población estudiantil que acude a estos programas presenciales y a distancia en su mayor parte son personas que están trabajando, mientras que la población que aun no ha ingresado al proceso productivo no disponen de oportunidades para vincularse al mismo quedando como desempleados o subempleados.

Figura 6. Instituciones de Educación Superior INESUP, Instituto Tecnológico del Putumayo, SENA e Institución Educativa Bilingüe Inga de Mocoa



Fuente: Fuente: Archivos digitales de reserva Instituto Tecnológico del Putumayo y Alejandra Vera

2. Cultura. La mayoría de la población de Mocoa, campesinos y colonos son provenientes de otras regiones del país, quienes a pesar de sentirse afectados por las condiciones ambientales del territorio, persisten en mantener las prácticas de uso de los recursos naturales y las expresiones culturales aprendidas en sus

lugares de origen. Lo anterior explica los grandes vacíos de identidad regional, la inexistencia del apoyo a la validación de tecnología local y a las manifestaciones culturales y artísticas nuevas.

Figura 7. Festividades, Feria de las Colonias y otras en el municipio de Mocoa.



Fuente: Archivos digitales de reserva Jessica Guzmán y Emilsen Méndez

A. Principales festividades¹¹. El carnaval de Mocoa es la máxima expresión cultural. Es una tradición de ancestro sureño. Los colonos que poblaron la ciudad de Mocoa, en su mayoría eran de origen Nariñense y trajeron sus tradiciones y costumbres como festejos navideños y el carnaval de Negros y Blancos propio del departamento de Nariño.

¹¹ <http://mocoa-putumayo.gov.co>

Desde aquellos tiempos se practicaban estas costumbres; solo a partir de 1970 se da comienzo a una serie de carnavales sucesivos organizados por la junta directiva.

Diez años después se denominó el Carnaval Folclórico de Mocoa, conserva la identidad cultural de los habitantes, a la vez conservando el arraigo Nariñense. Hoy en día se requiere fortalecer el carnaval, teniendo en cuenta la multiculturalidad de las gentes sin descuidar sus raíces. De este modo el año 2002 se creó la Corporación de Cultura, turismo y Carnavales de Mocoa.

Los instrumentos que se usan en este carnaval son: tambores, flautas, rondadores y también el caparazón disecado de la charapa en cuyos bordes adhieren cera negra que extraen de los panales de abeja y con un hueso delgado y largo manipulado sobre está caparazón logran obtener un sonido especial.

B. Grupos Étnicos. La población indígena corresponde a 1.448 familias de comunidades de los pueblos Inga, Kamentsá Biyá, Yanaconas, Pastos, Awa By y Nasa con una población de 7.240 habitantes localizados principalmente en Yunguillo, Mocoa, Condagua y Puerto Limón. Son afectados por la reducción de sus territorios ancestrales, la aculturación progresiva, la pobreza por la carencia de recursos necesarios para su supervivencia y la precariedad del apoyo institucional.

La población afro del municipio de Mocoa asciende aproximadamente a 1.334 habitantes con asentamientos principalmente en la Inspección de Puerto Limón y en algunas veredas circunvecinas de población menor como San Pedro, Sardinas, Villa Gloria, Caimán, La Pedregosa. Aunque se ha venido trabajando desde hacer algunos años, aún carecen de un plan de desarrollo integral que promueva la organización para resolver sus necesidades básicas insatisfechas en salud, educación, empleo y vivienda.

3. Turismo¹². Mocoa es un municipio que se caracteriza por su hermosura. Entre sus los atractivos turísticos más conocidos encontramos el parque Santander, cubierto de palmeras de origen africano, y La Loma por tener vistas panorámicas hacia la ciudad. Mocoa se encuentra ubicada en el límite entre el Putumayo y el Cauca, recorriendo más de 500 metros sobre el río Mandiyaco, donde se encuentran inmensas moles de roca que forman especies de laberintos y túneles donde pasa el agua del río con baja intensidad. A continuación mencionamos los atractivos turísticos más reconocidos en Mocoa:

- Parque Mocoa.
- Cerro Churumbelo
- Salto del Churumbelo
- Río Rumiyaco

¹²<http://www.colombiacontact.com>

- Río Mandiyaco
- La quebrada de Hornoyaco
- Parque principal General Santander.

Cada uno de estos lugares representativos de la cabecera municipal posee características geográficas, ambientales que hacen que quienes llegan a este lugar sientan una sensación única y extrema ante la belleza paisajística, por ello a continuación se describe un poco de estos lugares:

A. Serranía Churumbelo: El Churumbelo es una serranía ubicada cerca de Mocoa, tiene una extensión de 12.000 hectáreas aproximadamente. Acerca del Churumbelo se han descrito muchas historias y mitos. Los ríos y la vegetación lo transforman en un lugar misterioso.

B. Salto Del Churumbelo: Está ubicado al oriente de Mocoa, en la serranía que lleva su nombre. En la zona se encuentran gran cantidad de vestigios de civilización antigua correspondiente a la familia de los Ingas, quienes habitaron hace muchos años atrás.

C. Resguardo Indígena Yungullo: Hacia el norte de Mocoa se encuentra una población indígena del pueblo Inga. Quienes visitan esta comunidad podrán apreciar la capilla colonial ubicada en una plaza rodeada de casas, constituyendo un atractivo cultural de la comunidad.

D. Río Rumiayaco: Se encuentra ubicado al sur de Mocoa, está compuesto por varios pozos donde los bañistas pueden disfrutar de sus aguas. Se puede llegar a este sitio en vehículo de 6 a 10 minutos, o a pie en media hora.

E. Río Mandiyaco: Se encuentra ubicado al noroccidente de Mocoa, en la frontera con la Baja Bota Caucana, cerca del puente que une a Putumayo con el Cauca, por la vía a Pitalito, a 15 minutos del mismo, posteriormente realizando una caminata de 30 a 45 minutos.

Es una belleza natural, hay franjas angostas y largas con una serie de entradas y salidas por las que se desplaza el río Mandiyaco. En la desembocadura a 500 metros de la misma, se encuentran inmensas moles de roca que forman laberintos o túneles.

F. Quebrada Hornoyaco: Se encuentra situado al oriente de Mocoa, en la serranía de Churumbelo, en el camino se puede apreciar diversa vegetación en un recorrido de 5 minutos en auto y posteriormente una caminata de alrededor de 90 minutos hasta la quebrada de Hornoyaco. Se aprecia la caída del agua de 60 metros de altura en medio de la quebrada, cayendo con intensidad, formando una hermosa laguna.

Para llegar a la base, hay que recorrer un camino angosto, para después disfrutar de las templadas aguas de la quebrada Hornoyaco.

G.Parque Principal General Santander: Arborizados con palmas traídas desde África, o tal vez, si quiere una panorámica de la ciudad suba al alto de la Loma. Desde allí usted tendrá una vista panorámica de la ciudad y el impresionante fondo de la selva Amazónica.

Figura 8. Sitios Ecoturísticos de Mocoa: Hornoyaco, Cascada del Churumbelo y fin del mundo.



Fuente: Archivos digitales de reserva María Fernanda Porras y Jessica Guzmán

4.2 MARCO HISTORICO

4.2.1 Antecedentes Empíricos. En el municipio de Mocoa, se han realizado desde hace aproximadamente 12 años que se expidió la Política Nacional de Gestión Integral de residuos, diferentes esfuerzos tendientes a fomentar en la ciudadanía la cultura del reciclaje, por parte de varias instituciones, como Corpoamazonia, Alcaldía Municipal, Esmocoa, ONG e Instituciones Educativas, entre otras, en particular sobre la adecuada separación de los residuos en la fuente para facilitar las labores de recuperación de residuos aprovechables, tales como cartones, papeles, metales, vidrios, y plásticos, entre otros.

Sobre el manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos se conocieron las siguientes experiencias:

- **Experiencia de la Empresa Municipal de Servicios Públicos Domiciliarios de Mocoa, ESMOCOA ESP**¹³

En el año 2004, a partir del 15 de enero la Empresa municipal de servicios públicos de aseo ESMOCOA, bajo la gerencia del señor Jorge Humberto Burbano, siguiendo con lo reglamentado en el Proyecto de Manejo Integral de residuos sólidos MIRS, inicia la ejecución de un proyecto de Reciclaje y Reutilización de residuos sólidos y orgánicos en el frente de trabajo “Relleno Sanitario”, ubicado al Noreste de la cabecera municipal de Mocoa, en la Vereda Medio afán a 8.65 Km del casco urbano, su acceso es por la vía que conduce de Mocoa a Pitalito, pavimentado hasta el Km 5+400, se desvía hacia el sur por carretera destapada hasta el Km 7+850 y posteriormente 800m.hacia el oriente por carretera.

El proyecto contaba con el acompañamiento técnico del Jefe Operativo Jairo Yela, y el Técnico de aseo Andrés Rosero Sánchez, y la mano de obra de una cuadrilla conformada por 15 obreros, quienes laboraban de lunes a viernes, en jornada continua de 7:00 a.m. – 3:30 p.m. cuya función era realizar la separación de los residuos sólidos y orgánicos (vidrio de 3 colores, latas, papel, cartón, plásticos y orgánicos) en el frente de trabajo, una vez el carro compactador descargaba los residuos en el vaso.

Para este proceso se contaba con tres (3) módulos con las siguientes dimensiones 12 m. de ancho y 30 m. de largo, los cuales no se encontraban impermeabilizados, no tenían piso en cemento y su infraestructura era deficiente. El primer módulo era destinado para descargue y separación de residuos; el segundo modulo se utilizaba para la elaboración de compost y el tercer modulo era utilizado para el almacenamiento de reciclables.

¹³ Entrevista realizada al Ing. Luis Andrés Rosero, Técnico Operativo Esmocoa ESP.

Durante la ejecución de proyecto, se recolectaban dos (2) Ton diarias de residuos orgánicos y aproximadamente 45 Ton mensuales, los cuales se destinaban para el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante técnica de elaboración de compostaje.

La elaboración del compost a partir de los residuos orgánicos, durante la ejecución del proyecto se realizaba empíricamente, mediante la preparación de inóculos a base de los lixiviados y melaza, aplicando 30 litros cada tres (3) días, durante los dos primeros meses de montaje, además el proceso utilizado era aerobio y anaerobio y no contaba con el adecuado control de los factores ambientales.

Este proyecto, se realizó por el transcurso de dos (2) años y terminó su ejecución debido a que este no cumplía con los lineamientos establecidos en el Decreto 838 de 2005 y sería sancionado por la entidad competente del control y vigilancia CORPOAMAZONIA.

- **Experiencia Proyecto Aurora**¹⁴

Durante el segundo semestre del año 2009 en particular, se ejecutó mediante Convenio Interadministrativo 0214 de 2009 suscrito entre Corpoamazonia, la Alcaldía Municipal de Mocoa y la Empresa Municipal de Servicios Públicos Domiciliarios ESMOCOA E.S.P., la primera fase del Proyecto Aurora (Aprovechamiento y Utilización de Residuos Orgánicos y Reciclables Ahora), que tenía por objeto forjar cultura ciudadana en torno a la gestión integral de los residuos sólidos, enfocada a la aplicación de las 4 R, es decir, la reducción, reuso, reciclaje y responsabilidad frente a este importante tema del desarrollo ambiental.

De acuerdo con lo programado en el plan operativo del convenio, en la ejecución de la primera fase del Proyecto Aurora llevada a cabo entre agosto de 2009 y enero de 2010, se enfatizó nuevamente en recordar e inculcar en la ciudadanía la importancia de hacer la separación en la fuente para facilitar las labores de recuperación de residuos reciclables por parte de los recuperadores, y en una mínima proporción se trabajó en el fomento de la separación de los residuos orgánicos, ya que hasta el momento no existe un sistema definido para el aprovechamiento de los mismos, por lo que éstos se están disponiendo en el relleno sanitario municipal.

El énfasis de la separación de los residuos orgánicos se trabajó esencialmente para fomentar su aprovechamiento en la producción casera de abonos orgánicos para el cultivo de huertas mediante la estrategia de patios productivos liderada por Corpoamazonia.

¹⁴ Convenio Interadministrativo 0214 de 2009, Corpoamazonia, Alcaldía de Mocoa y Esmocoa ESP.

- **Experiencias de particulares**

Por otra parte, es de resaltar que diferentes personalidades de la comunidad Mocoana, como el doctor Jesús Fernando Checa, Dr. Willian Galarza, Zoo. Herald Valledo, entre otros, han venido adelantando procesos de compostación con los residuos orgánicos generados en sus fincas o sistemas agropecuarios, y aunque comentan haber obtenido resultados favorables, ninguno de ellos ha sistematizado y documentado sus experiencias que sirvan de referente para el proceso que se va a adelantar en el presente estudio de investigación.

Entrevistado el doctor Jesús Fernando Checa¹⁵ contó que él viene trabajando procesos de compostaje desde hace aproximadamente 3 años empleando la tecnología Microorganismos Eficientes, el cual lo compra en la ciudad de Bogotá por sobre pedido.

La cantidad de EM que utiliza es:

- Deshidratación: 1 L / Ton
- Proceso de compostaje: 3 L/Ton
- Total por tonelada: 4 L/Ton

El material que utiliza para la transformación son los residuos orgánicos domiciliarios generados por su familia y material ruminal procedente de la empresa Frigomayo, formando pilas con unas dimensiones de 1,50 m. de ancho por 1,20 m. de alto, a las que le adiciona EM proporcionándole una buena estabilización del material, llevando a cabo un manejo adecuado entre 15 a 20 días.

El procedimiento de manejo es el siguiente:

1. Deshidratación del material: Una vez los materiales son acopiados, deben ser inoculados con los Microorganismos Eficientes, a razón de 1 L de EM puro por cada tonelada de material.

Los materiales inoculados permanecerán en la caseta de estabilización durante el tiempo que sea necesario para que pierdan humedad hasta conseguir una temperatura estable ya que después es empleado para el lombricultivo.

2. Armado y manejo de pilas de material orgánico:

El monitoreo de las pilas debe ser diario registrando en una planilla el comportamiento de la temperatura tomada en tres puntos de la pila, dos en los extremos y una hacia el centro de la pila colocando el termómetro inclinado hacia el centro de la misma.

¹⁵ Entrevista concedida por el abogado Jesús Fernando Checa, Vereda Los Guadales, Municipio de Mocoa, Putumayo, a Yoly Yinabel López Ruiz, Integrante Semillero de Investigación, y Yurieth Melo, estudiante ITP.

Una vez el material alcance una temperatura de 70°C se debe hacer un volteo inmediatamente. En este proceso pretende que los materiales que están en el centro de la pila queden en la parte exterior y los que se encontraban en la parte exterior se localicen en la parte interior, esto para que el material final sea lo más homogéneo.

Durante el volteo se realiza reinoculación a la pila con 1 L de EM por tonelada de material inicial, de ésta manera se aplican 3 L de EM en los volteos, por pila. Las aplicaciones deben realizarse con equipo de aplicación adecuado y una bombilla que nebulice el produce.

Se debe realizar un volteo cada vez que el material aumente su temperatura hasta los 70°C, realizando reinoculaciones con EM durante los primeros 3 volteos con la dosis señalada.

3. Al transcurrir este tiempo el material orgánico lo pasa a unas cunas donde le adiciona lombrices para que ayuden a la transformación del material. Este proceso dura entre 2 y 3 meses, luego de lo cual el material se encuentra listo para empacar, para ser vendido o empleado en la misma finca.

4.2.2. Antecedentes bibliográficos. El hombre desde épocas remotas ha utilizado los residuos orgánicos como fuente de materia orgánica para sus cultivos y como acondicionadores de suelos. El compostaje tiene su aplicación desde hace miles de años. Los chinos compostaban todos sus residuos orgánicos de sus campos y casas. En Jerusalén parte de los residuos urbanos se quemaban y con los demás se hacía compost. El primer desarrollo significativo del compostaje en el siglo pasado proviene de una experiencia realizada en la India, llevada a cabo por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947, basado en el método que se conoce como proceso “indore” en homenaje al estado donde se realizaron los experimentos y se marcaron los primeros avances en el sistema de pila con volteo¹⁶.

Fue en el año 1925 cuando en Europa comenzó a estudiarse la posibilidad de descomponer a gran escala las basuras de las ciudades con la puesta en marcha del método indúIndore. Simultáneamente a las experiencias que se obtenían en la india, en Italia en el año de 1922, se desarrollaba un método que utilizaba tanto el proceso aeróbico como anaeróbico en un sistema cerrado, éste proceso se denominó “Beccari”. En 1929 se estableció la primera planta de compostaje en Wijster, Holanda, y en 1932 en la ciudad holandesa de Hanmer se instaló la primera planta de compost hecho con las basuras urbanas con el método

¹⁶ Muñoz T. José Sélimo, Trabajo de grado en ingeniería ambiental: Compostaje en Pescador, Cauca: Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución los problemas medioambientales, 2005.

denominado “Maanen” (modificación del sistema Indore que consistía en usar grandes trincheras).

A principios de la década de los 60, había en Europa 37 plantas. Dicho número aumentó considerablemente durante dicha década, y a comienzos de los 70 se llegó a 230 plantas. En 1955 se construyó otra fábrica en Mierlo, Holanda cuyo sistema se conoce con el nombre de VAM Maanen. Actualmente en Europa existen plantas capaces de procesar más de 1000 toneladas de residuos sólidos urbanos. En la década de los cincuenta, se realizaron estudios de compostación de residuos sólidos urbanos por parte de las Universidades de Michigan y California en EE.UU obteniendo un producto final de buena calidad.

En Colombia específicamente se han reportado experiencias exitosas en el tema que nos ocupa, una de las cuales es la tecnología de Bioabono desarrollada por el Dr. Luis Orlando Castro, investigador Colombiano, quien viene perfeccionando la tecnología desde hace 22 años, y en virtud de lo cual se ha hecho merecedor de importantes premios a nivel nacional, como: Premio Alcatel a La Innovación Tecnológica en abril 1999, Fellow Ashoka 2001, Colombiano Ejemplar en la Categoría de Ciencia y Tecnología en Persona, otorgado por El Periódico el Colombiano, el 17 de septiembre del 2003, entre otros.

Así mismo, lo ha hecho la empresa Sisvita Biotechnologies S.A. quien ha logrado tratar con éxito varias granjas de producción avícola, dado los altos niveles de estiércol que producen, luego de 30 años de investigación, durante los cuales han venido desarrollando procesos para el manejo de la materia orgánica contaminante, incluyendo un paquete microbiano y enzimático capaz de transformar la materia orgánica líquida y sólida en abono orgánico en lapsos de tiempo muy cortos. Esta empresa ha estudiado las interacciones entre los seres vivos y entendiendo cómo funcionan, venden un paquete tecnológico para facilitar el manejo de los desechos de las actividades humanas, promoviendo un futuro limpio para nuestro planeta.

Con la ayuda de Bioterre y el Bioproceso Sivita®, los residuos puede ser transformados y reutilizados en nuevas cadenas productivas, transformándolos en nuevos productos, que usados como abonos orgánicos proveen niveles de energía de hasta 4000 Kcal/kg al suelo, favoreciendo la estimulación biológica de pastos y cultivos superando por mucho a aquellos casos donde se usa fertilizantes comerciales.

4.3 MARCO TEORICO

A nivel mundial, los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición incorrecta y porque cada día aumentan

proporcionalmente al incremento de la población humana, los procesos de transformación industrial, agroalimentarios y a los hábitos de consumo de las personas.

Desde hace aproximadamente dos décadas se ha tratado de solucionar esta problemática implementando el Manejo Integrado de los Residuos Sólidos (MIRS) que implica la separación en la fuente de residuos reciclables, orgánicos y desechos o basura. A partir de la separación en la fuente se han buscado usos alternativos benéficos para la naturaleza, como el proceso de reciclaje para la transformación de los residuos sólidos nuevamente en materia prima y el proceso de compostaje de los residuos orgánicos como biofertilizantes y acondicionadores de suelos.

4.3.1 La problemática de los residuos sólidos municipales. Desde los años 70 se comenzaron a evidenciar los impactos adversos sobre la salud y el medio ambiente que producen los residuos sólidos municipales, ocasionado por la generación, separación en la fuente, transporte, almacenamiento, tratamiento, eliminación e inadecuada disposición final principalmente debido a la falta de responsabilidad por parte de las instituciones generadoras de residuos, de las autoridades municipales y sus operadores de aseo en los procesos de disposición final y de los ciudadanos que no separan los residuos en la fuente, perdiéndose la oportunidad de darles un valor agregado (reutilización, reciclaje, compostaje, entre otros)¹⁷.

En Colombia el Ministerio del Ambiente ha expedido políticas y normas tendientes a controlar los efectos adversos al ambiente y a la salud humana que genera el inadecuado manejo de los residuos, y es así como, de los 1088 municipios que reportaron información al Sistema Único Nacional de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD, el 90,99% informaron que disponen los residuos en rellenos sanitarios o plantas de tratamiento y el 9,01% restante no hace ningún manejo¹⁸.

De acuerdo con el Informe de la SSPD, para el año 2008, se reportaron 254 rellenos sanitarios, de los cuales 43 son regionales y 59 son plantas integrales de residuos sólidos, donde acuden 751 municipios del país, es decir el 69,03% de total de los municipios con información. De este total, 653 municipios realizan la disposición del 88.54% de la producción nacional de residuos sólidos (22.204,26 ton/día) en rellenos sanitarios y 98 municipios lo realizan en plantas integrales, lo que corresponde al 2,45% de la producción (615 ton/día). No obstante, cabe resaltar que este informe se refiere a los sitios que cuentan con el permiso de la

¹⁷ Puerta Echeverri, Silvia M. Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos.

¹⁸ Superintendencia de Servicios Públicos, Informe Manejo de Residuos Sólidos en Colombia 2008.

Autoridad Ambiental para su funcionamiento, pero de los cuales no se tiene certeza sobre su operación.

Por otra parte, 337 municipios del país (30,97 % de total de los municipios de la muestra) continúan disponiendo sus residuos en sistemas inadecuados, representados en 283 botaderos a cielo abierto, 19 enterramientos, 7 quemas y 8 cuerpos de agua, para lo cual es importante que las autoridades municipales competentes se concienticen de los impactos al ambiente y a la salud que conllevan estas prácticas inadecuadas y se ajusten a la normatividad vigente. De igual forma, a las autoridades ambientales corresponde hacer el respectivo seguimiento y exigir con mayor vehemencia el cumplimiento de las normas y de las licencias otorgadas.

Con el propósito de contribuir a la solución de las problemáticas que generan los residuos sólidos, diferentes instituciones de educación superior, como la Universidad Javeriana, Universidad de Caldas, Universidad de La Salle, entre otras y algunas empresas de servicios públicos han realizado investigaciones tendientes a optimizar los procesos de manejo integral y específicamente el aprovechamiento de residuos orgánicos, que sirven de referencia para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

4.3.2 El manejo integral de los residuos sólidos (MIRS). El MIRS es un conjunto de actividades educativas, técnicas, operativas y administrativas relacionadas con la generación, separación en la fuente, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos. Este manejo se logra en las comunidades, con la implementación de la educación ambiental como proceso que le permite a la persona y a la comunidad comprender las relaciones de interdependencia con su entorno, para que a partir de la apropiación de la realidad se generen actitudes de valoración y respeto por el ambiente que lleven al mejoramiento de la calidad de vida basadas en la relación sostenible entre individuo, sociedad y naturaleza¹⁹.

En el manejo integral de los residuos sólidos cobra fundamental importancia el aprovechamiento de los residuos orgánicos y reciclables, ya que pueden ser reincorporados al ciclo económico, social y ambiental, reduciendo de ésta manera su impacto en los recursos naturales y el ambiente.

4.3.3 El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos²⁰. De acuerdo a la Política para la Gestión de Residuos, el aprovechamiento se entiende como el

¹⁹Puerta Echeverri, Silvia M. Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos.

²⁰Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Decreto 1713 de 2002

conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable.

Los residuos aprovechables son aquellos que pueden ser reutilizados o transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial.

La maximización del aprovechamiento de los residuos generados y en consecuencia la minimización de las basuras, contribuye a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir sus costos, así como a reducir la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio contaminando el ambiente.

El aprovechamiento debe realizarse siempre y cuando sea económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente conveniente. De modo tal, que las normas y acciones orientadas hacia los residuos aprovechables deben tener en cuenta lo siguiente:

A. Se trata de materia prima con valor comercial, en consecuencia sujeta a las leyes del mercado y consideradas como insumo.

B. Su destino es el aprovechamiento ya sea de manera directa o como resultado de procesos de tratamiento, reutilización, reciclaje, producción de bioabono, generación de biogás, compostaje, incineración con producción de energía, entre otros.

C. La definición de residuo aprovechable se deberá hacer por las autoridades ambientales y municipales en sus respectivos Planes de Gestión de Residuos Sólidos, que deberán formular.

D. La calificación de residuo aprovechable debe darse teniendo en cuenta que exista un mercado para el residuo, en el cual están comprometidos los generadores de las materias primas y de los productos finales.

E. Deben ser objeto del establecimiento de incentivos de toda índole, en especial económicos y tributarios. Teniendo en cuenta que el análisis del impacto de un producto o proceso debe ser integral, los incentivos que se otorguen deben considerar el proceso productivo en su integridad, de modo que no se distorsionen los objetivos de la gestión ambiental que consisten no sólo el disminuir un impacto ambiental específico - postconsumo -, sino todo lo que se genera durante el proceso productivo.

F. La población que actualmente está realizando las actividades de recuperación debe tener reconocimiento y espacio para su trabajo.

El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos tiene varias alternativas como la alimentación animal, lombricultivo y el compostaje, entre otros.

4.3.3.1 Aprovechamiento de residuos orgánicos para alimentación animal²¹. En muchas partes de nuestro país, principalmente en las zonas rurales, algunos pobladores separan la fracción orgánica generada en el inmueble para la alimentación de animales, en su mayoría ganado y credos.

Los residuos orgánicos tienen un alto contenido en humedad lo que implica dificultades para el almacenamiento, el consumo debe ser rápido con el fin de evitar problemas de fermentación ó descomposición del mismo. Para incorporar el producto orgánico como complemento importante en la alimentación animal, es necesaria una correcta planificación en la que se tenga en cuenta: de qué productos se dispone, en qué cantidades y en que periodos de tiempo.

Puerta Echeverri¹⁸ enuncia que desde hace varios años las universidades han venido realizando investigaciones para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de las excretas de animales en alimentación animal, en especial la porquinaza para la alimentación bovina y se han evaluado ensayos de ganancia de peso en cerdos de levante y ceiba alimentados con una mezcla de concentrado y porquinaza tratada con *Lactobacillus*, disminuyendo la saturación de praderas con porquinaza y lixiviados, mejorando la nutrición de los cerdos debido a la baja absorción y asimilación de nutrientes (30-40%) y disminuyendo el uso del concentrado aproximadamente entre un 20 y 30%.

4.3.3.2 Aprovechamiento de residuos orgánicos para lombricultivo²². Es una biotecnología que utiliza a una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo que recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus, carne y harina de lombriz.

Se trata de una interesante actividad zootécnica que permite perfeccionar todos los sistemas de producción agrícola. La lombricultura es un negocio de expansión

²¹ PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.57.

²² <http://portalforestal.com/información/informes-y-entrevistas/3000-lombricultura-y-aplicaciones-de-humus-de-lombriz.html>

y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos en las zonas rurales.

La lombricultura es la técnica de criar lombrices en cautiverio, logrando obtener una rápida y masiva producción y crecimiento en espacios reducidos, utilizando para su alimentación materiales biodegradables de origen agrícola, pecuario, industrial y casero, produciendo como resultado la transformación de los desechos en biomasa y humus (abono orgánico) de alta calidad.

La lombricultura no sólo produce el lombricompost; también se tiene una producción importante de lombrices con el 60% de proteínas en peso seco aproximadamente. Esto también plantea un recurso valioso para la economía, la cual tiene que sustituir progresivamente la compra de concentrados para nutrición animal en razón de sus costos.

Las heces de la lombriz (humus) son ricas en nutrientes, ya que contienen cinco veces más nitratos que el suelo, 11 veces más potasio y, lo que es más importante, 7 veces más fósforo intercambiable y 3 veces más magnesio intercambiable, lo que favorece notablemente la asimilación de los nutrientes por las plantas.

Las lombrices requieren condiciones ambientales óptimas para su buen desarrollo, uno de estos factores es la humedad, dado que la lombriz requiere de un buen nivel para la alimentación y la respiración, las humedades superiores al 80% les generaría la muerte. En la misma medida se encuentra la temperatura, la cual presenta un rango muy limitado entre 20 y 33 grados centígrados.

4.3.3.3 Compostaje²³. Es someter a la materia orgánica a un proceso de transformación para obtener compost o abono natural. En la transformación se llevan a cabo un proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos).

En la primera etapa del compostaje aparecen las bacterias y hongos mesófilos, con predominio de las primeras. Cuando la temperatura llega alrededor de los 40 °C, aparecen las bacterias, los hongos termófilos y los primeros actinomicetos. Por encima de 75 °C cesa la actividad microbiana. A lo largo del proceso van apareciendo formas resistentes de los microorganismos cuando las condiciones de temperatura hacen imposible su actividad. Al bajar de nuevo la temperatura, reaparecen las formas activas, detectándose también la actividad de protozoos, nemátodos, miriápodos, etc.

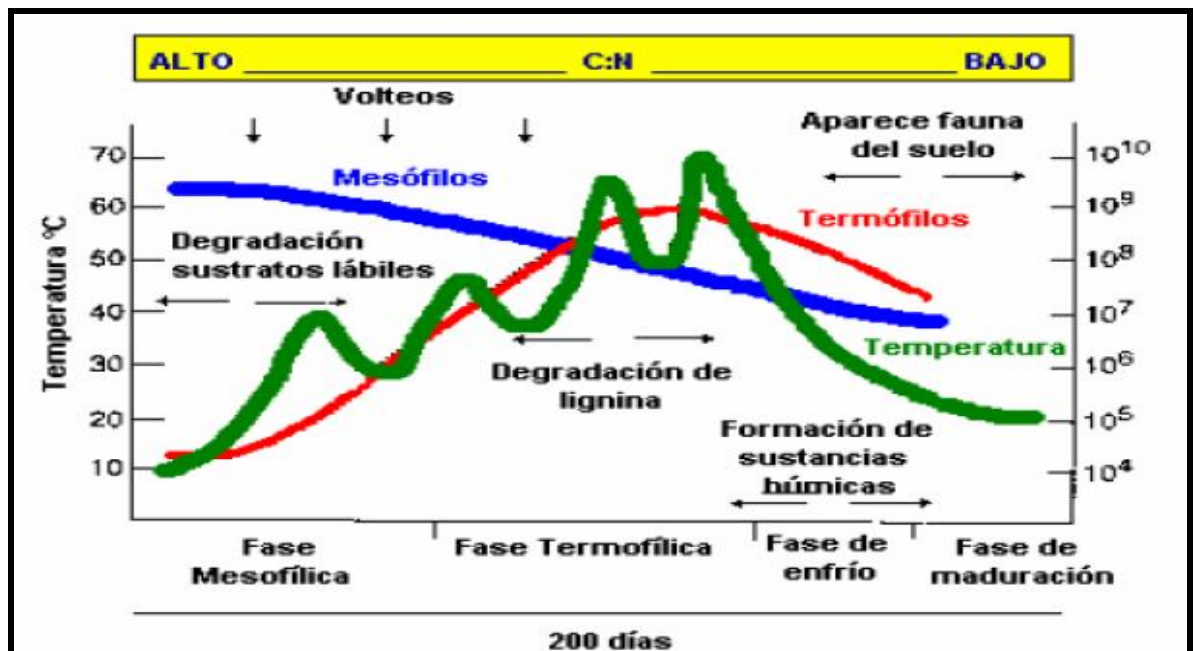
²³http://ctv.es/clean_world_españa/composStar-2-.html

- **Fases del proceso de compostaje**²⁴.

Durante el proceso de compostaje se presentan cuatro (4) fases, las cuales se presentan en la gráfica 1 y se describen a continuación:

A. Mesófila: es la primera fase y se caracteriza por la presencia de bacterias y hongos, siendo las primeras quienes inician al proceso por su gran tamaño; ellas se multiplican y consumen los carbohidratos más fácilmente degradables, produciendo un aumento en la temperatura desde la del ambiente a más o menos 40 grados centígrados.

Gráfica 1. Fases del proceso de compostaje²⁵



B. Termófila: en ésta fase la temperatura sube de 40 a 60 grados centígrados, desaparecen los organismos mesófilos, mueren las malas hierbas, e inician la degradación los organismos termófilos. En los seis (6) primeros días la temperatura debe llegar y mantenerse a más de 40 grados centígrados a efecto de reducción o supresión de patógenos al hombre y a las plantas de cultivo. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos importantes para el proceso mueren y otros no crecen por estar esporulados. En ésta etapa se degradan

²⁴Jaramillo H. Gladys y Zapata M. Liliana. Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia, Monografía para optar el título de Especialistas en Gestión Ambiental, Universidad de Antioquia, 2008.

²⁵Paul y Clark, 1996, citados por Jaramillo H. Gladys y Zapata M. Liliana. Op. Cit., p. 36.

ceras, proteínas y hemicelulosas y, escasamente la lignina y la celulosa; también se desarrollan en éstas condiciones numerosas bacterias formadoras de esporas y actinomicetos.

C. Enfriamiento: la temperatura disminuye desde la más alta alcanzada durante el proceso hasta llegar a la del ambiente, se va consumiendo el material fácilmente degradable, desaparecen los hongos termófilos y el proceso continúa gracias a los organismos esporulados y actinomicetos. Cuando se inicia la etapa de enfriamiento, los hongos termófilos que resistieron en las zonas menos calientes del proceso realizan la degradación de la celulosa.

D. Maduración: la maduración puede considerarse como complemento final de las fases que ocurren durante el proceso de fermentación disminuyendo la actividad metabólica. El producto permanece más o menos 20 días en ésta fase.

- **Factores que condicionan el proceso de compostaje**²⁶

Basados en la actividad de los microorganismos que viven en el entorno, debido a que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación.

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica empleada. Entre los más importantes están:

A. Temperatura. Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados.

B. Humedad. En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60%.

²⁶ <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?idarticulo=644>

C. pH. Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5)

D. Oxígeno. El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.

E. Relación C/N equilibrada. El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Sin embargo una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado.

F. Población microbiana. El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos.

Los microorganismos descomponedores de la materia orgánica (bacterias, actinomicetos, hongos) se pueden clasificar de acuerdo a la manera de alimentarse (autótrofos, como fotosintetizadores o quimiosintetizadores y heterótrofos), a la temperatura óptima de crecimiento (psicrófilos entre 0 y 20°C, mesófilos entre 20 y 45 °C, y termófilos entre 45 y 80 °C.), al pH (acidófilos, neutrófilos y basófilos), al contacto con el oxígeno (anaerobios, facultativos y aerobios).

1. Bacterias. Las bacterias son el tipo de microorganismos más importantes del compost: de un 80 a un 90% de mil millones presentes en un gramo de compost. Utilizan una larga variedad de enzimas para romper químicamente las materias orgánicas. Como lo muestra la tabla 2, a continuación.

Tabla 2. Fases de las bacterias según el grado de temperatura

FASES	TEMPERATURA (°C)
Criófilos	5 a 15
Mesófilos	15 a 45
Termófilos	45 a 70

Fuente: Archivos de la web. Fases Termófilas en el compostaje

En la primera fase de compostaje, las bacterias mesófilas predominan. Cuando la temperatura del compost sobrepasa los 40°C, las bacterias termófilas toman ventaja. La diversidad de bacterias es ligeramente superior cuando la temperatura está comprendida entre 50 y 55°C, pero disminuye rápidamente después de 60°C donde sólo las bacterias termófilas sobreviven.

2. Actinomicetos. Estos microorganismos parecen a los hongos pero son en realidad unas bacterias filamentosas. En el compost, ellos tienen una función importante para la degradación de las materias orgánicas complejas como la celulosa, lignina, quitina y proteínas. Algunas especies aparecen después de la fase termófila y otras durante la fase de enfriamiento.

La técnica que se pretende evaluar con este trabajo investigativo es la degradación de residuos orgánicos (estiércol animal, residuos de alimentos, frutas y jardín) por acción de los microorganismos descomponedores alterando la estructura molecular de los compuestos orgánicos en abono orgánico.

Según el tiempo de descomposición, se da el grado de madurez al realizar biotransformación o degradación parcial (descomposición de un compuesto orgánico en otro similar) y mineralización o degradación completa, considerada ésta como la descomposición total de las moléculas orgánicas en dióxido de carbono, que se incorporan a la estructura del suelo, de los microorganismos y de las plantas²⁷.

3. Hongos. Los hongos son menores en número que las bacterias o actinomicetos, pero con mayor masa. Los hongos son los organismos simples que carecen de pigmento fotosintético (clorofila). Las células individuales tienen un núcleo rodeado por una membrana y pueden agruparse en filamentos largos, llamados hifas. Los hongos viven sobre el material muerto y obtienen energía degradando el material orgánico.

Incluyen a los hongos filamentosos y las levaduras. Típicamente saprofitos (obtienen la energía de la materia orgánica de las plantas y animales muertos) y aeróbicos, encuentran un hábitat ideal en el compost.

Las especies fúngicas son numerosas tanto en las fases mesofílicas como en la termofílica. Crecen como filamentos casi invisibles o como colonias blancas o grises vellosas en la superficie de la pila. Son responsables de la descomposición de polímeros complejos (celulosa, hemicelulosas, pectinas, lignina). En el compost son importantes porque rompen los restos vegetales y animales permitiendo que las bacterias continúen con la descomposición una vez que la celulosa se ha

²⁷DE LA CRUZ RODRÍGUEZ, René Arturo. Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de composteo y lombricomposteo. Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, 1996.

agotado. Pueden atacar material demasiado seco, ácido o con bajo contenido de nitrógeno de difícil descomposición por las bacterias.

- **Propiedades del compost**

a) Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.

b) Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macro nutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

c) Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

d) La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

4.3.4 Tecnologías de compostaje. Para la degradación de la materia orgánica mediante sistemas de compostaje, existen diferentes tecnologías y técnicas que se vienen empleando a nivel mundial y en Colombia; sin embargo, en el presente estudio se traen a colación únicamente aquellas que van a ser sometidas a evaluación mediante los procesos de experimentación que se llevaran a cabo en este estudio; ellas son las tecnologías Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita, y Microorganismos Eficientes.

4.3.4.1. Biostart Aquaclean²⁸. Es un producto compuesto de bacterias, usado para la degradación de la materia orgánica, el cual actúa acelerando los procesos de descomposición logrando de esta manera mejores resultados en el proceso de compostaje a corto tiempo y cumpliendo con la normatividad establecida en el Decreto 1594/ 1984.

Estas Bacterias son aptas para ser usadas como optimización de tratamientos existentes y manejo de lixiviados.

El producto presenta las siguientes características:

²⁸ INGEAGUASOL Y AMBIENTE, NIT. 51742714

1. Composición: Biostart Aquaclean, está compuesto por 10E8 UFC/ml de especies de Bacilos, 10E8 UFC/ml de levaduras, 17.4% de proteínas y 71,4% de complejos carbohidratos.

2. Presentación: Biostart Aquaclean, esta envasada en un cuñete de 50 onzas (1418 gramos), lo que permite preparar la unidad requerida y guardar el concentrado.

3. Manejo: Guardar en un lugar fresco y seco a temperatura ambiente, mantener bien tapado y evitar la humedad y contaminación.

4. Preparación del Incubado: Para la preparación del incubado, se requiere agua pura, puede ser del acueducto o fuente subterránea, preferiblemente sin cloro. Si el agua contiene más de 3ppm de Cloro Residual, se recomienda dejarla airear al sol para degradar el Cloro.

Se mezcla un envase de 50 onzas en 55 galones de agua (207,9 litros) o la proporción deseada. Se deja incubar durante 24 horas, agitando la mezcla mecánica o manualmente.

5. Contraindicaciones y Advertencias: Todo el producto incubado debe ser gastado, no se recomienda almacenar el producto incubado por más de 48 horas, debido al crecimiento exponencial de las Cepas Bacterianas, las cuales requieren Oxígeno para su repoblación.

El producto no es contaminante, ni contiene patógenos, si llegare a haber contacto con los ojos, se recomienda lavar copiosamente estos con agua tratada. Lavar las manos con jabón al finalizar la aplicación.

6. Recomendaciones: Se sugiere realizar dos (2) análisis de DBO₅ y DQO (En caso de tratamiento de aguas residuales o industriales), uno al inicio de la fase de adición de Bacterias y el segundo al final del tratamiento, para de esta manera poder medir la eficiencia del tratamiento.

En el manejo de materia orgánica con el uso de Bacterias Biostart Aquaclean para compostaje y producción de fertilizantes (Humus), se debe tener en cuenta algunas adecuaciones.

✓ Las pilas de compostaje deberán contar con 1.5 m de altura, estas deben ser de madera.

✓ Se debe separar el material en tres (3) cubos, con el fin de hacer monitoreo con diferentes tiempos de dosificación de Bacterias.

✓ Llevar registro de temperatura, gases y lixiviados, máximo cada tres (3) días.

Entre las características más importantes de Biostart Aquaclean, se pueden mencionar:

- ✓ Trabaja eficientemente en un rango de pH de 5.0 a 9.0
- ✓ Las Bacterias son eficientes en ambientes cálidos, temperatura promedio 15°C – 35°C
- ✓ Es de fácil aplicación
- ✓ No es toxico, ni peligroso
- ✓ No requiere equipo adicional para su aplicación
- ✓ El tratamiento no permite la formación de lodos
- ✓ Las Bacterias no degradan arena, madera, toallas y papel higiénico
- ✓ Obtención de resultados a corto plazo (no mayor de 2 meses)

4.3.4.2 Bioterre Sisvita²⁹. Es una sustancia microbiana cuyos fabricantes es Sisvita Biotechnologies S.A. Su Presentación está disponible en Garrafa plástica por 6 galones. Y, a granel en contenedores plásticos de 1.031 kilos netos. Está Compuesto de Ingredientes activos: (acetobacterdiazotrophicus – geotrichumpenicillatum), Carbohidratos No Digeribles, complejo enzimático, levaduras, cocos y bacilos Gram + y Gram - 100 % (Sin contar agua), Heterótrofos < 1 UFC/ml, Levaduras 20 UFC/ml, Hongos < 1 UFC/ml, Pseudomonassp. < 2UFC/100ml, en el producto todas las cepas contenidas son aisladas de la naturaleza y clasificadas como no tóxicas, no patógenas.

1. Propiedades físicas y químicas: Se presenta en estado físico: Líquido, su olor es dulce característico, el punto de ebullición: 145° C, no aplica de fusión, punto de congelación: - 5° C, las Pérdidas por volatilización es de 93%, es soluble en agua destilada en un 100%, su pH 4.25, tiene conductividad Eléctrica de 8.0, los sólidos suspendidos totales son de 2.845mg/L, tiene densidad de 1.0292 g/ml, su demanda química de oxígeno: 8,130mg/l, posee ingredientes activos como Carbohidratos No Solubles, complejo enzimático, especies bacteriales y levaduras no tóxicas, no patógenas.

2. Información legal sobre el producto: El producto denominado Bioterre Sisvita por su composición garantizada, actualmente no es considerado dentro de los insumos que reglamenta tanto fertilizantes y acondicionadores de suelo, como

²⁹Ficha Técnica y Hoja de Seguridad Producto Bioterre Sisvita, SisvitaBiotechnologies S.A.

bioinsumos de uso agrícola y por tanto no requieren de registro de venta ICA Constancia N°119 Subgerencia de Protección y Regulación Agrícola del Instituto Colombiano Agropecuario – ICA de Junio 5 de 2.006. Decreto Min salud 2150 de 1995. Resolución Min agricultura 0074 del 2002.

3. Descripción: Complejo bacterial y enzimático, acelerador de la estabilización y deshidratación de los residuos orgánicos. Combinación única de microorganismos benéficos, enzimas, Carbohidratos no digeribles y otras biomoléculas activas como la vitamina H; obtenido por biosíntesis microbiana. Se desempeña como acelerador de la mineralización, estabilización y de la deshidratación de la materia orgánica en descomposición, sola o mezclada con ciertos minerales, minimizando los olores agresivos propios de estos procesos naturales.

4. Ventajas y beneficios: Minimiza los malos olores propios de la descomposición orgánica, estandariza un producto final, da un valor agregado a un producto de desecho, controla el pasivo ambiental producido por los residuos orgánicos, disminuye la población de moscas y zancudos, disponibilidad permanente a lo largo de todo el año.

5. Recomendaciones: Se recomienda el uso por parte del operario de pantalón plástico, botas de caucho altas, tapabocas para el control de vapores orgánicos, gafas plásticas y guantes de caucho. Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. No comer, beber, ni fumar, durante la aplicación, ni después de ella, hasta lavarse con jabón manos y quitarse la ropa y demás herramientas usadas en la aplicación del tratamiento.

4.3.4.3 Microorganismos Eficientes³⁰. La Tecnología Microorganismos eficientes, fue desarrollada por el doctor Teruo Higa, pH. D, profesor de la universidad de la horticultura de ryukyus en Okinawa, Japón como una opción viable para la producción agrícola y animal dentro de los parámetros orgánicos y biológicos que procuran un manejo razonable de los recursos , para no afectar el medio ambiente y Así lograr productos de alta calidad con bajo costo. Lo cual ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos sobre la salud y bienestar del ecosistema.

Los Microorganismos Eficientes EM son una mezcla de bacterias fotosintéticas o fotos tróficas (Rhodopseudomonassp.), bacterias ácido lácticas (Lactobacillussp.) y levaduras (Saccharomycessp.). Todos ellos benéficos, que poseen propiedades de fermentación, producción de sustancias bioactivas, competencias y antagonismo con patógenos. Siendo importantes como inoculantes microbianos, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones

³⁰FUNDASES, Folleto Microorganismos Eficaces EM.

físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; generando una agricultura sostenible.

Los tipos de microorganismos presentes se describen a continuación.

A. Bacterias Foto Tróficas: Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía.

Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleídos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los meta bolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos eficientes.

B. Bacterias Ácido Lácticas: Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias foto trófica y levaduras.

El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica.

C. Levaduras: Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias foto trófica, materia orgánica y raíces de las plantas.

Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomiceto

D. Hongos de fermentación: Aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánico

4.4 MARCO LEGAL

Algunas de las normas nacionales ambientales que amparan la ejecución de esta investigación son:

4.4.1 Decreto Ley 2811 de 1974. Código Nacional de los Recursos Naturales y de Protección del Medio Ambiente. Expresa en materia de residuos sólidos que se deben utilizar los mejores métodos de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología, para la recolección, tratamiento, procesamiento o disposición final de residuos. Así mismo, promueve la investigación para desarrollar métodos más

adecuados para la defensa del ambiente, del hombre y de los demás seres vivos, de manera que reintegren los residuos sólidos al ciclo productivo.

Artículo 34º: En el manejo de residuos, basuras, desechos y desperdicios, se observarán las siguientes reglas:

A. Se utilizarán los mejores métodos, de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología, para la recolección, tratamiento, procesamiento o disposición final de residuos, basuras, desperdicios y, en general, de desechos de cualquier clase.

B. La investigación científica y técnica se fomentará para:

✓ Desarrollar los métodos más adecuados para la defensa del ambiente, del hombre y de los demás seres vivos.

✓ Reintegrar al proceso natural y económico los desperdicios sólidos, líquidos y gaseosos, provenientes de industrias, actividades domésticas o de núcleos humanos en general.

✓ Sustituir la producción o importación de productos de difícil eliminación o reincorporación al proceso productivo.

✓ Perfeccionar y desarrollar nuevos métodos para el tratamiento, recolección, depósito, y disposición final de los residuos sólidos, líquidos o gaseosos no susceptibles de nueva utilización.

C. Se señalarán medios adecuados para eliminar y controlar los focos productores del mal olor.

Artículo 35º. Se prohíbe descargar, sin autorización, los residuos, basuras y desperdicios, y en general, de desechos que deterioren los suelos o, causen daño o molestia al individuo o núcleos humanos

Artículo 36º.- Para la disposición o procesamiento final de las basuras se utilizarán preferiblemente los medios que permita:

- a. Evitar el deterioro del ambiente y de la salud humana;
- b. Reutilizar sus componentes;
- c. Producir nuevos bienes;
- d. Restaurar o mejorar los suelos.

Artículo 37º. Los municipios deberán organizar servicios adecuados de recolección transporte y disposición final de basuras.

La prestación de este servicio por personas naturales o jurídicas de derecho privado requerirá autorización ajustada a los requisitos y condiciones que establezca el Gobierno.

Artículo 38º. Por razón del volumen o de la calidad de los residuos, basuras, desechos o desperdicios, se podrán imponer a quien los produce la obligación de recolectarlos, tratarlos o disponer de ellos, señalándole los medios para cada caso.

4.4.2 Decreto 1713 de 2002. Entre los propósitos fundamentales establece: la recuperación y aprovechamiento de los materiales contenidos en los residuos sólidos; la recuperación de valores económicos y energéticos que hayan sido utilizados en los diferentes procesos productivos, y la reducción de la cantidad de residuos a disponer finalmente en forma adecuada.

Artículo 67. Propósitos de la recuperación y aprovechamiento. La recuperación y aprovechamiento de los materiales contenidos en los residuos sólidos tiene como propósitos fundamentales:

1. Racionalizar el uso y consumo de las materias primas provenientes de los recursos naturales.
2. Recuperar valores económicos y energéticos que hayan sido utilizados en los diferentes procesos productivos.
3. Reducir la cantidad de residuos a disponer finalmente en forma adecuada.
4. Disminuir los impactos ambientales, tanto por demanda y uso de materias primas como por los procesos de disposición final.

Artículo 70. Formas de aprovechamiento. Como formas de aprovechamiento se consideran, entre otras, la reutilización, el reciclaje, el compostaje, la lombricultura, la generación de biogás y la recuperación de energía.

Artículo 71. Selección de residuos sólidos. El aprovechamiento de residuos sólidos, se puede realizar a partir de la selección en la fuente con recolección selectiva, o mediante el uso de centros de selección y acopio, opciones que deben ser identificadas y evaluadas en el respectivo Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de cada Municipio o Distrito.

Artículo 72. Características de los residuos sólidos para el aprovechamiento. En las actividades de aprovechamiento, los residuos deben cumplir por lo menos con los siguientes criterios básicos y requerimientos, para que los métodos de aprovechamiento se realicen en forma óptima:

1. Para la reutilización y reciclaje los residuos sólidos deben estar limpios y debidamente separados por tipo de material.
2. Para el compostaje y lombricultura no deben estar contaminados con residuos peligrosos, metales pesados, ni bifenilos policlorados.
3. Para la generación de energía, valorar parámetro tales como, composición química, capacidad calorífica y contenido de humedad, entre otros.

Artículo 73. Programa de aprovechamiento. El programa de aprovechamiento de residuos sólidos deberá formularse y desarrollarse en concordancia con el PGIRS.

Artículo 74. Localización de la planta de aprovechamiento. Para la localización de la planta de aprovechamiento de materiales contenidos en los residuos sólidos, se deben considerar entre otros los siguientes criterios:

1. Debe tenerse en cuenta los usos del suelo establecidos en el Plan de Ordenamiento Territorial, POT, Plan Básico o Esquema de Ordenamiento Territorial, EOT, y el Plan de Desarrollo del Municipio o Distrito.
2. Debe ser técnica, económica y ambientalmente viable, teniendo en cuenta las condiciones de tráfico, ruido, olor, generación de partículas, esparcimiento de materiales, descargas líquidas y control de vectores.
3. Debe considerar las rutas y vías de acceso de tal manera que minimice el impacto generado por el tráfico.

Artículo 75. Diseño de edificaciones para el aprovechamiento. En el diseño de edificaciones destinadas al aprovechamiento de residuos sólidos deben considerarse como mínimo los siguientes aspectos constructivos:

1. El diseño arquitectónico de la zona operativa debe ser cerrado a fin de mitigar los impactos sobre el área de influencia.
2. Contar con un área mínima para la recepción de los residuos a recuperar y prever la capacidad de almacenamiento del material recuperado, teniendo en cuenta las situaciones de contingencia y comportamiento del mercado.
3. Tener vías de acceso de acuerdo al tipo de equipos de transporte a utilizar en el servicio ordinario de aseo.
4. Contar con un sistema de ventilación adecuado.
5. Contar con sistema de prevención y control de incendios.

6. Contar con el sistema de drenaje para el control de las aguas lluvias e infiltración y sistema de recolección y tratamiento de lixiviados.

7. Contar con sistemas tendientes a la minimización y control de ruido, generación de olores, emisión de partículas, esparcimiento de materiales y control de vectores.

Artículo 76. Almacenamiento de materiales aprovechables. El almacenamiento de los materiales aprovechables deberá realizarse de tal manera que no se deteriore su calidad ni se pierda su valor.

Artículo 78. Requisitos previos para comercialización de materia orgánica estabilizada. Los productos finales obtenidos mediante procesos de compostaje y lombricultura, para ser comercializados, deben cumplir, previamente, los requisitos de calidad exigidos por las autoridades agrícolas y de salud en cuanto a presentación, contenido de nutrientes, humedad, garantizar que no tienen sustancias y/o elementos peligrosos que puedan afectar la salud humana, el medio ambiente y obtener sus respectivos registros

Artículo 80. Fortalecimiento del aprovechamiento. Con el objeto de fomentar y fortalecer el aprovechamiento de los residuos sólidos, en condiciones adecuadas para la salud y el medio ambiente, el Ministerio del Medio Ambiente en coordinación con el Ministerio de Desarrollo Económico podrá, con apoyo de la industria y la participación de las universidades y/o Centros de investigación, adelantar estudios de valoración de residuos potencialmente aprovechables, con el fin de promover la recuperación de nuevos materiales, disminuir las cantidades de residuos a disponer y reunir la información técnica, económica y empresarial necesaria para incorporar dichos materiales a los procesos productivos.

4.4.3 Política Nacional de Producción Más Limpia – PNPL. Esta política está orientada hacia la prevención y minimización de los impactos y riesgos a los seres humanos y al medio ambiente, garantizando la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad empresarial, a partir de la introducción de la dimensión ambiental en los sectores productivos, como un desafío de largo plazo. Entre los objetivos señala: adoptar tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión ambiental; minimizar y aprovechar los residuos.

4.4.4 Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos. Entre otros objetivos contempla la necesidad de aumentar el aprovechamiento racional y consumo de los residuos generados hasta donde sea ambientalmente conveniente, técnica y económicamente viable.

5. HIPOTESIS

Existen muchas técnicas y tecnologías para la elaboración de compost en forma natural o a través de paquetes microbianos que se convierten en agentes aceleradores de la degradación de la materia orgánica.

De acuerdo con revisiones bibliográficas y recomendaciones profesionales, se conoce que el paquete microbiano denominado Bioterre Sisvita producido por la empresa Sisvita Biotechnologies S.A. presenta una buena eficiencia en la degradación de la materia orgánica, en comparación con otras tecnologías existentes en Colombia, debido a que disminuye el tiempo de compostación, evita o controla la proliferación de vectores, controla la generación de malos olores y reduce la generación de lixiviado, lo que a su vez disminuye costos de producción.

Por las condiciones anteriores se considera que el paquete microbiano Bioterre Sisvita es la mejor tecnología para implementar un sistema de aprovechamiento mediante compostaje de los residuos orgánicos de la ciudad de Mocoa, Putumayo.

6. DISEÑO METODOLOGICO

El trabajo de investigación se desarrolló en dos fases, en las cuales se siguió la metodología que se da a conocer a continuación, aunque en ambos casos se siguieron unas actividades generales que igualmente se presentan más adelante.

6.1 PRIMERA FASE

En la ejecución de la primera fase de la investigación se utilizó material orgánico debidamente picado, organizado en 12 pilas de 333 Kg cada una, empleando 3 réplicas por tratamiento. En esta fase se aplicaron las tecnologías Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita, Microorganismos Eficientes y Testigo, teniendo en cuenta las recomendaciones de preparación sugeridas por los fabricantes o distribuidores de los paquetes microbianos, en las cuales es importante la realización de una mezcla correcta en las proporciones convenientes dándoles un manejo y seguimiento adecuado, lo cual ayuda a que los factores que condicionan el proceso de compostaje sean los más adecuados.

6.2 SEGUNDA FASE

En la ejecución de esta nueva fase de investigación se utilizó la materia orgánica sin picarla, formando ocho (8) pilas de 1.000 Kg cada una, con 2 réplicas por tratamiento. En esta fase se emplearon las tecnologías Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita, Microorganismos Eficientes, y Testigo, igualmente siguiendo los parámetros técnicos de preparación recomendados, a las cuales se les hizo el monitoreo y seguimiento respectivo en cuanto a comportamiento de las temperaturas, generación de lixiviados, generación de olores y gases, proliferación de vectores, hasta lograr su total maduración. Finalmente se tomaron muestras del abono obtenido y se enviaron al laboratorio para valorar la calidad de los productos.

6.3 ACTIVIDADES GENERALES

1. Transporte del material orgánico de la plaza de mercado del municipio de Mocoa, al relleno sanitario: Para la primera fase se hizo mediante gestión en la empresa municipal de servicios públicos domiciliarios de Mocoa, y para la ejecución de la segunda fase el transporte se realizó con recursos propios de los integrantes del Semillero de Investigación Arcoíris.

2. Organización de pilas de compostaje. Para la primera fase se formaran 12 pilas de 333 Kg de material orgánico cada una, para un total de 4.000 Kg utilizados para este proceso. de las cuales 9 pilas se harán mediante la implementación de tecnologías y 3 de ellas como testigo.

Para la segunda se plantea la organización de 8 pilas de material orgánico, de 1.000 Kg cada una; 6 de ellas para aplicación de las tecnologías y 2 de ellas como testigos.

✓ **Testigo:** corresponde a la pila de material de compostaje a la cual no se le aplicará ninguna clase de tratamiento, con el propósito de confrontar los resultados que se obtendrían si no se aplica ninguna técnica para acelerar el proceso de degradación de la materia orgánica.

✓ **Biostart Aquaclean:** Es un producto compuesto de bacterias, usado para la degradación de la materia orgánica, el cual actúa acelerando los procesos de descomposición logrando de esta manera mejores resultados en el proceso de compostaje a corto tiempo. Estas Bacterias son aptas para ser usadas como optimización de tratamientos existentes y manejo de lixiviados.

✓ **Bioterre Sisvita:** El Bioterre es un paquete microbiano que logra actuar sobre una gran cantidad de residuos orgánicos, estabilizándolos, estandarizándolos y, haciéndolos útiles como acondicionadores orgánicos de suelo o como fertilizantes orgánicos u orgánico-minerales. El Bioterre ataca la M.O. con enzimas, formando CO₂ y H₂O y liberando Energía. A partir de estos compuestos forma metabolitos entre los que se destacan azúcares y aminoácidos, iniciando la deshidratación. Los microorganismos toman los metabolitos y los utilizan para multiplicarse y romper cadenas largas, forman precursores de formación de Sustancias Húmicas (Etapa Alifática) y polisacáridos que son los que promueven la estructura del suelo, a la vez que terminan de deshidratar el sustrato cambiándole su densidad aparente.

✓ **Microorganismos Eficientes – EM:** Los microorganismos eficientes son una combinación de microorganismos beneficiosos de origen natural, que se han utilizado tradicionalmente en la alimentación, o que se encuentran en los mismos. Contiene principalmente organismos beneficiosos de cuatro géneros principales: Bacterias fototróficas, Levaduras, Bacterias productoras de ácido láctico, y Hongos de fermentación. Estos microorganismos efectivos cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Además mediante su acción cambian la micro y macro flora de los suelos, y mejoran el equilibrio natural, de manera que los suelos causantes de enfermedades se conviertan en suelos supresores de enfermedades, y éste se transforma a su vez en suelo azimogénico.

3. Control y seguimiento a los procesos. En esta etapa del proceso investigativo se plantea realizar el control diario a cada una de las pilas de compostaje, mediante la toma de los siguientes datos en la planilla de campo que se presenta más adelante: temperatura, generación de lixiviados, generación de olores y gases, vectores asociados, grado de maduración del material orgánico, que permita ir valorando el avance en el proceso de descomposición de la materia orgánica. Estas actividades se realizarán continuamente durante el tiempo que sea necesario hasta lograr la compostación de los residuos orgánicos.

El control de la temperatura se hará empleando termómetros de bulbo, a 2 profundidades: una superficial, aproximadamente a 15 cm y una profunda aproximadamente a 60 cm del borde superior de la pila, o tratando de ubicar el equipo en el centro de la pila.

El control en la generación de lixiviados se hará mediante apreciación visual, determinando si se presenta o no, y la extensión del líquido desde el borde de la pila, o la magnitud del escurrimiento en comparación entre los demás tratamientos.

El control en la generación de gases y olores se hará mediante olfateo de los investigadores y personal de apoyo presente en el momento del volteo o visita de monitoreo.

La metodología para la medición y evaluación de la proliferación de moscas y mosquitos, a emplear, será la recomendada por Héctor Collazos Peñaloza, en su documento titulado: Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios, la cual especifica, así:

$$\frac{\text{Número de moscas en el sitio y en un día dado}}{\text{Número de moscas en el diagnóstico inicial}} * 100$$

Para medir el número de moscas se puede utilizar un pegante en platos desechables que se colocan en sitios definidos previamente, en un lapso determinado, por ejemplo cada media hora y a la misma hora del día; pueden ser 6 platos colocados en sendos sitios diferentes (al norte, al sur, al este, al oeste, en el centro y en el frente del trabajo), de 10 hasta las 10^{1/2} de la mañana (media hora) y se cuentan las moscas que se atrapan en dicho lapso en cada uno de los platos. En el posible caso que sean muchas y se dificulte el conteo sencillamente se anotan como “incontables”; estos datos se comparan y se concluye si aumentan, disminuyen o se mantienen constantes.

Es conveniente anotar si es verano o época de lluvia, temperatura, si hay cosecha de frutas como mangos, café o papayas y si hay basura destapada, ya que puede haber relación con estos parámetros.

4. Toma de muestras para evaluación de los procesos. Finalizado el período investigativo, se tomarán submuestras en diferentes puntos de cada pila de residuos sometidas a compostaje, luego se homogenizarán para tomar una muestra correspondiente a 250 gr, colándolas en bolsas plásticas de cierre hermético, se rotularán para remitirlas al Laboratorio para los análisis físico-químicos y biológicos correspondientes.

5. Procesamiento de Información, análisis y evaluación de resultados. En la etapa final de éste proyecto investigativo se procesarán los datos obtenidos en los resultados de laboratorio y los recolectados durante el período de control y seguimiento, los cuales se analizarán, evaluarán y confrontarán con los resultados obtenidos en experiencias documentadas a nivel nacional e internacional, teniendo en cuenta los siguientes indicadores:

- Grado de temperatura máxima y mínima lograda.
- % humedad de los productos obtenidos.
- Tiempo de maduración.
- Características físicoquímicas, biológicas y de metales pesados.
- Costos versus tiempo de maduración.
- Generación de gases y olores.
- Generación de lixiviados.
- Proliferación de vectores.

Respecto a la valoración de los productos obtenidos, se realizará teniendo en cuenta lo reglamentado en la norma NTC 5167 del 2004 expedida por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC y el Reglamento Técnico de Agua y Saneamiento Básico RAS 2000.

7. TIPO DE INVESTIGACION

El presente trabajo corresponde a una investigación aplicada, ya que se van a someter a procesos de evaluación en las condiciones locales del municipio de Mocoa, algunas tecnologías que se están desarrollando en otras partes de Colombia, con buenos resultados en el tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

Adicionalmente se categoriza como investigación de campo, ya que la fase experimental se va a desarrollar en la caseta de compostaje aledaña al relleno sanitario de Mocoa, donde se van a aplicar las tecnologías a evaluar.

Igualmente se categoriza como una investigación cuantitativa y observacional ya que a partir de la observación del comportamiento de los diferentes tratamientos para el compostaje de la materia orgánica se registrarán datos de la fase experimental que posteriormente serán analizados, lo cual permitirá realizar evaluaciones cuantitativas y analíticas sobre las tecnologías empleadas.

7.1 LÍNEA Y SUBLINEA

A. LINEA: Prevención y Control de la Contaminación Ambiental

B. SUBLÍNEA: Gestión de Residuos Sólidos.

7.2 UNIVERSO

Como universo tomamos las 28 ton/diarias de residuos sólidos generados en la cabecera municipal de Mocoa los cuales se adaptan a los fines de la investigación.

7.3 MUESTRA

Para el proceso de compostaje se usó 14 toneladas de residuos orgánicos procedentes de la plaza de mercado del municipio de Mocoa, de las cuales en la primera fase se utilizaron 4 toneladas picadas de residuos sólidos orgánicos organizadas en 3 pilas por tratamiento (Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita, Microorganismos Eficientes, Testigo), y en la segunda fase se compostó 8 toneladas de material orgánico sin picar, organizadas en 2 pilas por tratamiento.

7.4 FUENTES Y TECNICAS PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION

Las fuentes consultadas para el enriquecimiento en cuanto al conocimiento contextual y cognitivo de la investigación, fueron tanto primarias como secundarias

• Fuente Primaria

✓ Control y seguimiento del proceso de compostaje mediante las tecnologías Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita, y E.M, los datos obtenidos fueron registrados en planillas de campo y archivos fotográficos digitales en la vereda medio afán por los integrantes del semillero de investigación Ligia Stella Peñafiel, Amilkar Muñoz, Emilsen Méndez Alvarado, Ilhianny Gaviria Huaca, Jessica Paola Guzmán Meza, Julissa Alejandra Vera Guerrero, María Fernanda Porras Mejía, Yoly Yinabel López Ruiz.

✓ Entrevistas al personal de las Secretarías de Salud y Planeación de la Alcaldía Municipal de Mocoa para la adquisición de información contextual del territorio municipal.

✓ Entrevista al Abogado Jesús Fernando Checa, específicamente relacionada con el uso que viene realizando del paquete microbiano EM.

• Fuente Secundaria

✓ Archivos virtuales de la web.

✓ Consulta de diferentes documentos en la biblioteca del Instituto Tecnológico del Putumayo, y Centro de Documentación de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia, Corpoamazonia.

8. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

El proyecto de investigación se desarrolló en dos (2) fases con el objeto de obtener diferentes datos de comparación que permitan brindar mayor confiabilidad en los resultados obtenidos.

El 15 de Marzo de 2010 se inició la investigación en la caseta contigua a la zanja de disposición final de los residuos, localizado al interior del predio donde opera el relleno sanitario del municipio de Mocoa en la vereda Medio Afán.

Inicialmente se realizó el descargue de materia orgánica procedente de la plaza de mercado del municipio en la caseta de compostaje, para luego proceder a realizar el estudio de composición física de los residuos que iban a ser evaluados mediante la separación de los diferentes tipos de desechos, obteniendo así el material orgánico para el proceso de compostaje.

En el proyecto inicial se planteó organizar cuatro pilas de 1000 Kg cada una, para la aplicación de los respectivos insumos, pero tras consultas y recomendaciones técnicas se replantea la forma de apilamiento decidiendo formar 3 pilas por tratamiento de 333 kg cada una, de las tecnologías a evaluar (Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita, Microorganismos Eficientes y Testigo), con la condición de que el material debía estar previamente picado, para facilitar los análisis de laboratorio: físicos, químicos y microbiológicos.

El montaje de las doce pilas tardó quince días, debido a una serie de inconvenientes que se presentaron en la recolección del material. Igualmente, por dificultades o fallas mecánicas de la picadora que bajó el rendimiento de trituración diaria de material orgánico.

La aplicación de los paquetes microbianos se hizo en la medida que se iban organizando las 3 pilas requeridas por tratamiento.

En el transcurso de los primeros quince días de la investigación se observó que prácticamente en todas las pilas de compostaje no había presencia de lixiviados ni generación de gases, lo cual hizo suponer que la cantidad de material con que se empezó a trabajar era muy poca, y no garantizaría un estudio apropiado, además se visualizó que esa misma condición del material aceleraría el proceso de descomposición. Por estas razones y con el ánimo de establecer la mejor técnica de compostaje se decide realizar una segunda fase, la cual se haría de forma conjunta para todos los insumos (Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita, Microorganismos Eficientes y Testigo). En esta nueva fase de la investigación se reconsideraron además las condiciones iniciales de picado del material orgánico ya que no se contaba ni con presupuesto para comprar o alquilar la máquina picadora, ni existía un equipo apropiado en la zona, que se lo pudiera contratar

para este fin, y el que se había empleado inicialmente ya se había comprobado que no era el más apropiado.

Para realizar la II fase de investigación, se determinó reunir 8 toneladas de material orgánico, con el objetivo de armar dos pilas de 1000 Kg cada una por cada tecnología (Biostart Aquaclean, Bioterre, Microorganismos Eficientes, y Testigo). El material a utilizar se lo recogió en la plaza de mercado durante 15 días, Para esto el grupo contrató los servicios de dos obreros y un carro recolector, quienes se encargarían de transportar el material orgánico desde la plaza de mercado de la ciudad de Mocoa hasta el relleno sanitario y realizar las labores pertinentes para el montaje de las 8 pilas.

De igual manera que en la fase I, en la medida que se fueron organizando las 2 pilas requeridas por tratamiento, se procedió a preparar los productos y a hacer la aplicación de cada uno de los paquetes microbianos teniendo en cuenta las indicaciones y recomendaciones para cada uno de los productos. Inmediatamente después de aplicar los tratamientos y armar las pilas, se registró en el formato respectivo los datos iniciales de temperatura, número de moscas presentes, presencia de lixiviados, de gases y olores, para cada una de las pilas organizadas.

Siguiendo el orden de secuencia, se presenta a continuación, el detalle de las actividades realizadas en cada una de las dos (2) fases realizadas durante el proceso investigativo.

8.1 ACTIVIDADES GENERALES EN LOS PROCESOS

8.1.1 Asesoría y Capacitación. Previo al desarrollo de la investigación se visitó las instalaciones de los fabricantes y distribuidores de los paquetes tecnológicos Bioterre Sisvita y Microorganismos Eficientes en la ciudad de Bogotá, para recibir de sus representantes las instrucciones pertinentes para la adecuada preparación y aplicación de los productos, y de ésta manera obviar el máximo de errores en los procesos.

La representante de la empresa Ingeaguasol y Ambiente, distribuidora en Putumayo del paquete tecnológico Biostart Aquaclean, Ing. Mary Romero Leal, visitó personalmente la caseta donde se desarrollarían los procesos de compostaje, rindió concepto escrito y dio la instrucción respectiva a la líder del semillero de investigación para la preparación y aplicación del producto.

De igual manera, durante el transcurso de la investigación, la líder del semillero de investigación instruyó y capacitó a los coinvestigadores sobre el tema, quienes a su vez, asumieron el compromiso de autoformación y capacitación permanente acerca del tema, mediante la lectura de documentos bajados de la web y la

discusión en grupo, con el propósito de tener los argumentos necesarios para participar activamente durante la investigación.

El proceso estuvo acompañado y asesorado permanentemente por los Especialistas Nilsa Andrea Silva, Miller Obando Rojas, y Miguel Ángel Cánchala, docentes del Instituto Tecnológico del Putumayo, quienes estuvieron prestos a atender y resolver las dudas e inconvenientes presentados eventualmente.

Figura 9. Asesoría en Fundases y Sisvita Biotechnologies S.A. y Capacitación permanente durante el proceso investigativo.



8.1.2 Preparación del material orgánico para someter a proceso de compostación. El proceso desarrollado consistió básicamente en hacer la separación y posterior pesaje de los diferentes tipos de residuos sólidos que llegaron a la caseta de compostaje.

Por facilidad en la obtención del material orgánico se trabajó básicamente con los residuos de la plaza de mercado, aunque en algunas oportunidades se intentó

extraer el material orgánico de los desechos que llegaban en el carro compactador procedente del sector residencial, pero las siguientes razones impidieron su recuperación:

1. Las bolsas de desecho llegaban compactadas por el vehículo recolector, dificultando la separación de las mismas.
2. El material orgánico llegaba muy revuelto con otro tipo de residuos, haciendo casi imposible su recuperación en la celda de disposición final.
3. La intensidad de las lluvias durante los días de selección de material orgánico, alistamiento y organización de las pilas de compostaje impidió el desempeño de los operarios en la recuperación de material orgánico.

De esta manera, durante los seis días iniciales que fue necesario trabajar en la organización de las pilas de material orgánico para desarrollar los procesos de compostaje de la primera fase de la investigación, se procedió a hacer la separación de los diferentes tipos de materiales, y su posterior pesaje, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Consolidado de caracterización de los residuos sólidos empleados en la organización de las pilas de material orgánico para desarrollar los procesos de compostaje.

Fecha:	17-Mar		18-Mar		19-Mar		20-Mar		23-Mar		24-Mar		30-Mar		31-Mar		Total	
Tipo de Residuos	Peso Kg	%	Peso Kg	%	Peso Kg	%	Peso Kg	%	Peso Kg	%	Peso Kg	%	Peso Kg	%	Peso Kg	%	Peso Kg	%
Vidrios	6,8	1,0	5,0	0,7	8,0	0,9	5,0	0,4	6,2	1,2	7,0	1,0	5,0	0,7	6,5	0,9	49,5	0,8
Plásticos	5,0	0,7	7,0	1,0	11,0	1,3	11,0	0,9	8,0	1,5	6,0	0,9	3,0	0,4	6,2	0,9	57,2	0,9
Cartones	4,0	0,6	9,0	1,3	17,0	2,0	8,0	0,6	6,0	1,1	2,0	0,3	3,0	0,4	5,3	0,7	54,3	0,9
Costalllas	4,0	0,6	5,0	0,7	7,0	0,8	9,0	0,7	3,0	0,6	3,0	0,4	2,5	0,4	3,2	0,5	36,7	0,6
Latas	0,5	0,1	0,5	0,1	1,0	0,1	1,5	0,1	0,5	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,5	0,1	4,7	0,1
Madera	2,0	0,3	1,0	0,1	1,0	0,1	2,0	0,2	4,0	0,8	3,0	0,4	1,6	0,2	1,8	0,3	16,4	0,3
Vástagos	25,0	3,7	23,0	3,2	27,0	3,2	79,0	6,3	27,0	5,1	32,0	4,7	28,0	4,1	27,0	3,8	268,0	4,4
Orgánicos	615,0	90,8	632,0	89,1	752,0	88,6	1.119,0	88,8	458,0	86,5	623,0	92,0	578,0	85,3	615,0	86,7	5.392,0	89,1
Inservibles	15,0	2,2	27,0	3,8	25,0	2,9	26,0	2,1	17,0	3,2	23,0	3,4	23,0	3,4	18,0	2,5	174,0	2,9
Total	677,3	100,0	709,5	100,0	849,0	100,0	1.260,5	100,0	529,7	100,0	699,0	103,2	644,3	95,1	683,5	96,3	6.052,8	100,0

Fuente: Presente investigación.

La tabla 3 permite apreciar que de la totalidad de material recolectado en la plaza de mercado, que se empleó en la primera fase del proyecto de investigación, el 89,1% fue de material orgánico; el 0,8% era de vidrios; el 0,9% de plásticos; el 0,9% de cartones; el 0,6% correspondía a costalillas empleadas para el empacado de los desechos; el 0,1% era de latas; el 0,3% madera; el 4,4% era de vástagos de plátano y el 2,9% eran residuos inservibles.

De todo el material que llegó a la caseta de compostaje, se utilizaron 4.000 Kg. es decir 4 ton de material orgánico para desarrollar los procesos con los tratamientos que se señalan a continuación, aunque el material orgánico sobrante, es decir los 1.392 Kg restantes igual se sometieron a procesos de compostación, pero fuera de la investigación. En el caso del material empleado en la segunda fase, no se realizó la caracterización, ya que se partió de los datos anteriores para definir el número de viajes que se necesitaban para reunir el material orgánico.

Figuras 10. Proceso de picado de material orgánico sometido a proceso de compostaje, pesaje y organización en los sitios donde se aplicarían los tratamientos.



8.1.3 Trituración de material orgánico. Una vez seleccionado el material orgánico se sometió a proceso de trituración (solo en el caso de la primera fase), para lo cual se empleó una desintegradora forrajera PD Sobrinho de disco. Acto seguido se pesó el material necesario por cada pila y se extendió en el sitio respectivo para posteriormente proceder a aplicarle el tratamiento.

Durante el proceso de trituración se presentaron inconvenientes con la máquina, ya que el embudo de recepción era muy angosto y como el sistema era de disco y no de molino, la máquina se obstruía con regularidad.

8.1.4 Aplicación de tratamientos. Una vez reunido el material orgánico necesario, se ubicó en los sitios definidos estadísticamente de acuerdo con el diseño experimental definido, donde se extendió en el suelo para luego ser aplicado el tratamiento; posteriormente se mezcló el material para homogenizar los productos; y finalmente se apiló.

Figuras 11. Aplicación de tratamientos y apilamiento de material orgánico.



En la primera fase, se organizaron 12 pilas para un total aproximado de 4.000 kg sometidos a procesos de compostación con cuatro tipos de tratamiento diferentes: Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita, Microorganismos Eficientes y Testigo. Por cada tratamiento se organizaron 3 pilas de compostaje de 333 Kg. cada una. En la segunda fase se organizaron 8 pilas en una cantidad total de 1.000 Kg cada una, a las cuales se aplicaron los mismos tratamientos

La preparación de cada uno de los aceleradores de degradación de la materia orgánica se realizó de acuerdo con las recomendaciones dadas por los fabricantes o distribuidores de cada uno de los productos, lo cual se indica a continuación.

Las pilas organizadas como testigos no fueron sometidas a ningún proceso de aceleración de la degradación de la materia orgánica, con el propósito de tener el referente comparativo que permita analizar el comportamiento de la materia orgánica con y sin tratamiento.

8.1.5 Volteo en forma regular a las pilas de compostaje. Partiendo que los diferentes tratamientos empleados en la investigación son de tipo aerobio, se realizó el volteo permanente de las pilas de la siguiente manera: durante las primeras 4 a 5 semanas del proceso, el volteo se realizó cada tres días, independientemente de los factores ambientales o del comportamiento que mostrara la materia orgánica; a partir de la 5 a 6 semana los volteos se realizaron cada ocho días. Durante esta actividad, se aprovechó igualmente para desalojar de la materia orgánica en proceso de compostaje, los desechos inorgánicos que quedaron revueltos en la misma, en el momento de la preparación.

8.1.6 Control y registro permanente de los factores ambientales y de comportamiento del material orgánico sometido a compostaje en cada uno de los tratamientos. Para el registro permanente de los factores ambientales y de comportamiento de las pilas de compostaje, se empleó el formato que se presenta en el anexo A. donde se consignó la fecha y hora de la toma de datos, la temperatura y humedad relativa ambiente, las temperaturas superficial y profunda de las pilas, el conteo del número de moscas y la presencia de gases y lixiviados.

Para la medición de la temperatura y humedad relativa ambiente se empleó un thermohigrómetro Modelo 300.

Para la medición de las temperaturas superficial y profunda en las pilas de tratamiento se emplearon termómetros de bulbo de 15 cm y 60 cm respectivamente.

Para el conteo de las moscas se empleó platos desechables con adhesivo atrapa moscas.

La presencia de gases y lixiviados se registró como presente o ausente, y como abundante, poca o nula en comparación con los demás tratamientos.

Figura 12. Volteo regular en las pilas de compostaje de los diferentes tratamientos.



8.1.7 Control de plagas. Considerando que uno de los indicadores de evaluación de los diferentes tratamientos consistía en determinar la eficiencia de las tecnologías en la reducción de la proliferación de moscas, durante el transcurso de la investigación se solicitó a los obreros y celadores del predio donde está ubicada la caseta de compostaje que no se aplicara ninguna clase de insecticidas ni métodos para el control de estas plagas; lo cual así se hizo, aunque se recomendó la adición de cal en los sitios húmedos o sobre el piso, cada vez que se volteaba las pilas, al menos durante los primeros 15 días del tratamiento, para ayudar en el control de olores y gusanos.

Desafortunadamente como al parecer ninguno de los tratamientos fue efectivo en el control de plagas, unido a problemas que se presentaron por algunos días en el tapado de la celda diaria de residuos en el vaso del relleno, conllevó una invasión

de estos vectores, lo cual obligó a tapar las pilas con plástico grueso y fumigar en el interior de la caseta con Cipermetrina, por algunos días.

El calor acumulado en las pilas de compostaje por el tapado con plástico incidió por el contrario en una mayor proliferación de estos bichos, lo cual obligó durante algunos días del tratamiento, a adicionar cal sobre las pilas de compostaje, en una cantidad aproximada de 1 Lb por tratamiento, lo cual fue necesario hacer tanto en las pilas de la primera fase que ya estaban en su fase final, como en las pilas frescas de la segunda fase.

Figura 13. Métodos de control de moscas y mosquitos durante el desarrollo de la investigación.



8.2 RESULTADOS FASE I

8.2.1 Tratamiento con Tecnología Biostart Aquaclean. La preparación inicial del producto se realizó el 17 de marzo a las 2:00 p.m. y se aplicó el 19 de marzo a las 10:30 a.m. es decir, 44 horas y media después. La recomendación del

distribuidor es que no debe pasar de las 48 horas.

La dosificación recomendada fue de 15 gr del producto por metro cúbico de agua, diluido en 2 L. de agua con las características que se indicaron en el numeral 4.3.4.1 de este documento. De acuerdo con lo anterior, se procedió a cubicar el material orgánico a compostar, encontrando que cada pila de 333 Kg ocupaba un volumen de 0,48 m³ a partir de lo cual se procedió a preparar el producto. En consecuencia, se prepararon 7gr de Biostart Aquaclean por cada pila de tratamiento en un litro de agua, que posteriormente se esparcieron con la mano, tratando de que quede lo mejor disperso posible.

Figura 14. Preparación y aplicación del paquete microbiano Biostart Aquaclean.



Una vez aplicado el tratamiento se procedió a mezclar el material orgánico para homogenizar el producto en toda la masa orgánica, y se apiló tratando de que el material quede lo más agrupado posible.

Inmediatamente después de armar las pilas de material orgánico se tomó la

temperatura inicial a 15 cm de la superficie y en el fondo de las mismas, aproximadamente a 60 cm del borde superior. Igualmente se registró el número de moscas y otros parámetros objeto de medición que se presentan más adelante. Los termómetros se dejaron sobre las pilas 15 minutos antes de las lecturas.

- **Comportamiento de temperaturas:** Durante el proceso se registraron datos de los factores ambientales y del comportamiento del material orgánico en temperatura, proliferación de moscas, gases y lixiviados a cada una de las pilas, los cuales se muestran en la tabla 4 y gráficas 2, 3 y 4.

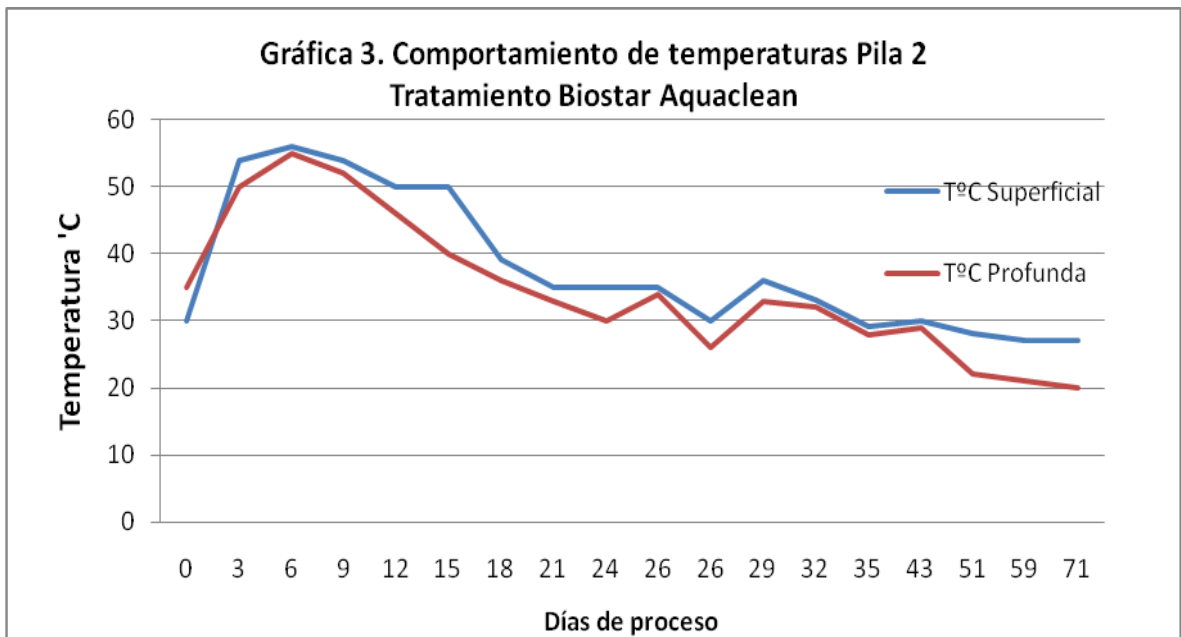
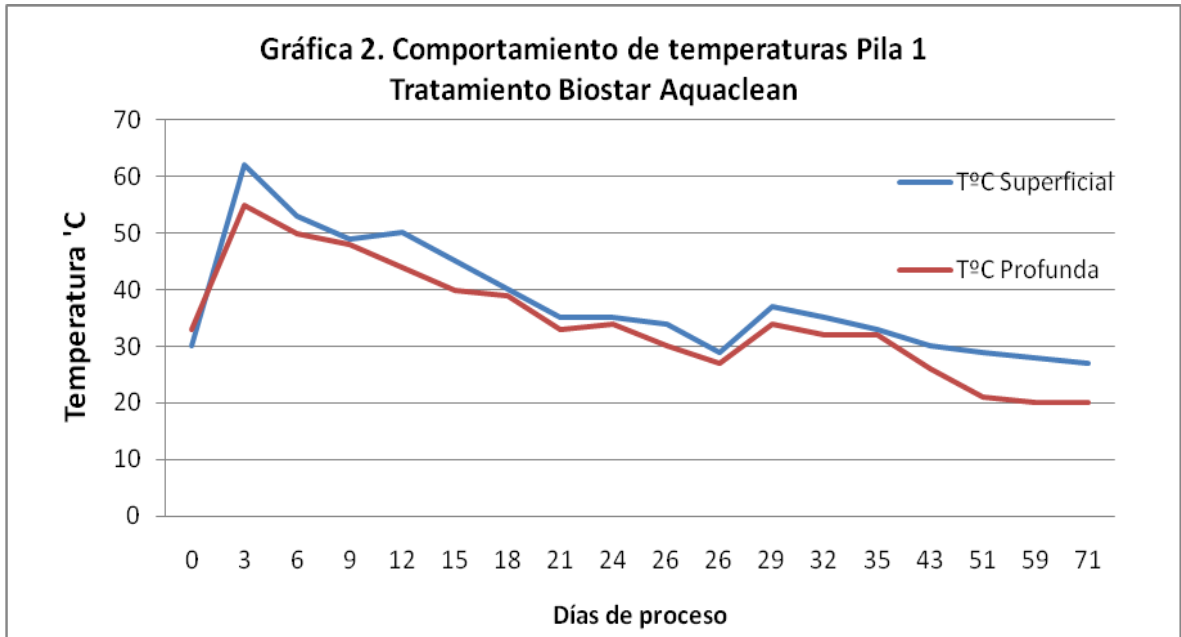
Tabla 4. Registro de temperaturas de las pilas con el tratamiento Biostart Aquaclean. Fuente de los datos: La presente investigación.

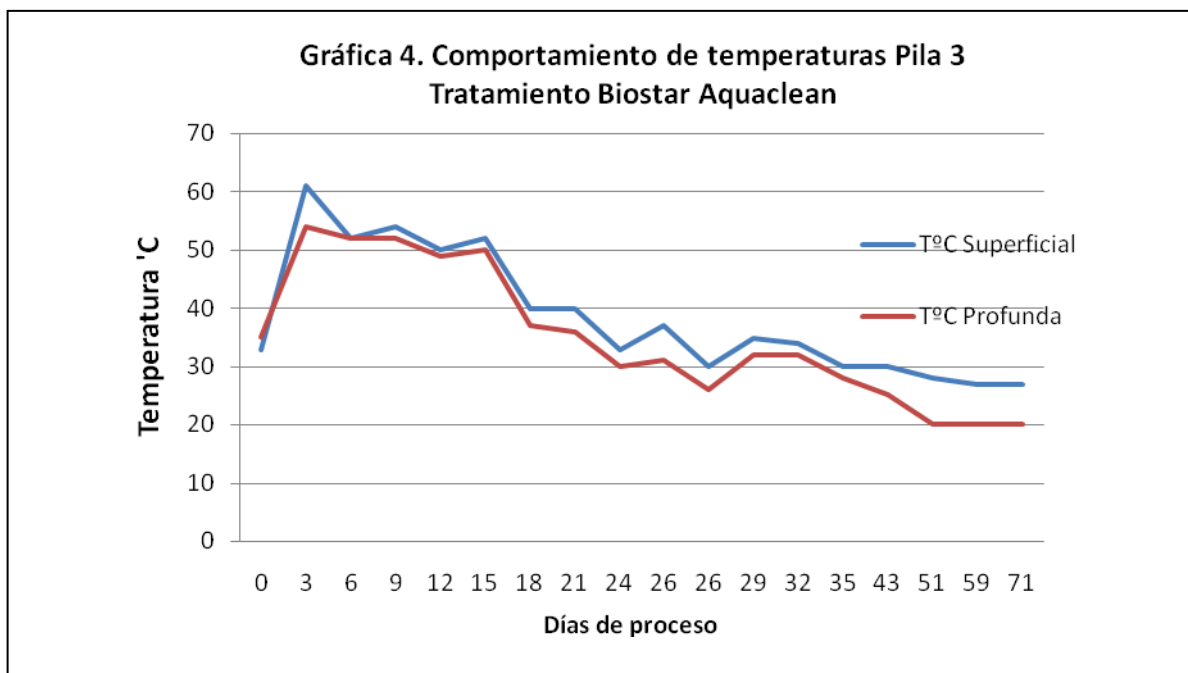
FECHA	DIAS	PILA 1		PILA 2		PILA 3	
		T°C Superficial	T°C Profunda	T°C Superficial	T°C Profunda	T°C Superficial	T°C Profunda
19/03/2010	0	30	33	30	35	33	35
22/03/2010	3	62	55	54	50	61	54
25/03/2010	6	53	50	56	55	52	52
28/03/2010	9	49	48	54	52	54	52
31/03/2010	12	50	44	50	46	50	49
03/04/2010	15	45	40	50	40	52	50
06/04/2010	18	40	39	39	36	40	37
09/04/2010	21	35	33	35	33	40	36
12/04/2010	24	35	34	35	30	33	30
15/04/2010	26	34	30	35	34	37	31
18/04/2010	26	29	27	30	26	30	26
21/04/2010	29	37	34	36	33	35	32
24/04/2010	32	35	32	33	32	34	32
27/04/2010	35	33	32	29	28	30	28
30/04/2010	43	30	26	30	29	30	25
03/05/2010	51	29	21	28	22	28	20
17/05/2010	59	28	20	27	21	27	20
31/05/2010	71	27	20	27	20	27	20

El 14 de abril de 2010, es decir 25 días después de iniciado el proceso, al corroborar que la materia orgánica llevaba 6 días con temperaturas inferiores a los 40°C se decide aplicar nuevamente el producto, para lo cual se extendió el material en proceso de compostación, se esparció el producto, empleando la misma cantidad y técnica anterior, se organizaron nuevamente las pilas y se tomaron nuevamente temperaturas.

A los 3 días siguientes se observó que el incremento en la temperatura no fue significativo y seis días después al medir nuevamente las temperaturas, y registrar datos por debajo de los 40°C se decide aplicarle nuevamente producto, pensando que la cantidad que se le había echado era muy poca, pero finalmente se obtuvieron los mismos resultados; es decir no alzó la temperatura. Posteriormente

se siguieron tomando temperaturas y demás parámetros cada seis a ocho días, (inicialmente se hacía cada 3 días), y el 17 de mayo se considera que el material estaba listo para cernir, por lo que se procede a tamizarlo empleando una zaranda con malla de 1/4 de pulgada de ojo, y a realizar el pesaje respectivo.





- **Generación de lixiviados:** Durante el proceso de experimentación no se registró en ninguna de las pilas del tratamiento generación de lixiviados.
- **Generación de gases y olores:** Durante el proceso de experimentación en este tratamiento, tampoco se registró generación de gases y malos olores. Durante los días fríos, o en horas de la mañana, únicamente se observó ascenso de vapor de agua.
- **Generación y proliferación de moscas:** Para el conteo de moscas se empleó la técnica recomendada por el Ing. Sanitario MgSp Héctor Collazos Peñaloza, en su libro titulado Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios, publicado por la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental ACODAL, en abril de 2001. Los resultados obtenidos en cada una de las pilas del tratamiento se presentan en la gráfica 5 y tabla 5.

Respecto a la proliferación de moscas, es de resaltar que por los días en que se desarrolló el proceso investigativo, se presentaron problemas con la maquinaria que tapa los residuos en la celda diaria del relleno sanitario, por un lapso superior a 3 semanas, lo cual se considera pudo incidir en la cantidad de insectos registrados en el momento del conteo.

Figura 15. Control de factores ambientales en los procesos de compostaje realizados durante la investigación.



Gráfica 5. Comportamiento de la proliferación de moscas en las 3 pilas de tratamiento con Biostar Aquaclean

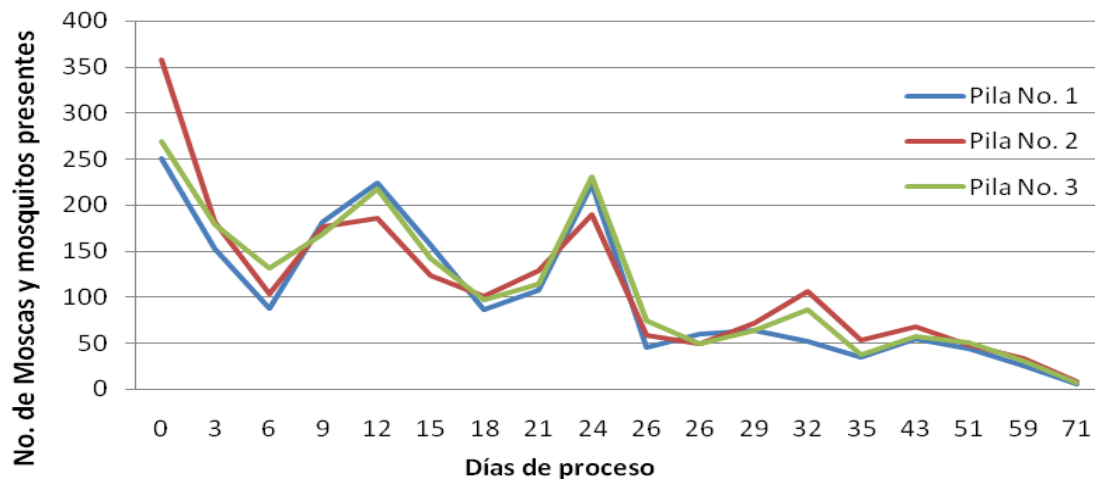


Tabla 5. Registro de generación y proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean.

FECHA	HORA	TºAMB	HR (%)	No. DE MOSCAS Y MOSQUITOS		
				PILA Nº 1	PILA Nº 2	PILA Nº 3
19/03/2010	10:30 a.m.	28°C	73	251	358	269
22/03/2010	02:30 p.m.	24°C	72	153	182	179
25/03/2010	11:00 a.m.	30°C	59	87	103	131
28/03/2010	11:30 a.m.	30°C	61	182	176	169
31/03/2010	10:30 a.m.	23°C	91	224	186	217
03/04/2010	3.30 p.m.	22°C	93	156	123	142
06/04/2010	12:30 p.m.	22°C	94	86	101	97
09/04/2010	02:30 p.m.	22°C	93	107	129	114
12/04/2010	09:20 a.m.	26°C	76	223	189	230
15/04/2010	08:20 a.m.	24°C	78	45	58	75
18/04/2010	09:35 a.m.	24°C	93	60	49	49
21/04/2010	04:00 p.m.	30°C	74	63	71	64
24/04/2010	02:00 p.m.	31°C	65	52	106	86
27/04/2010	04:00 p.m.	28°C	77	34	53	37
30/04/2010	04:40 p.m.	25°C	87	54	67	57
03/05/2010	11:00 a.m.	25°C	86	43	48	51
17/05/2010	02:00 p.m.	29°C	67	25	33	31
31/05/2010	05:00 p.m.	28°C	70	5	8	7

Producción de Abono Orgánico: El día 29 de mayo se procedió a tamizar el abono orgánico obtenido en el proceso, empleando una zaranda de ¼ de pulgada; obteniendo, los resultados que se muestran en la grafica 6.y tabla 6.

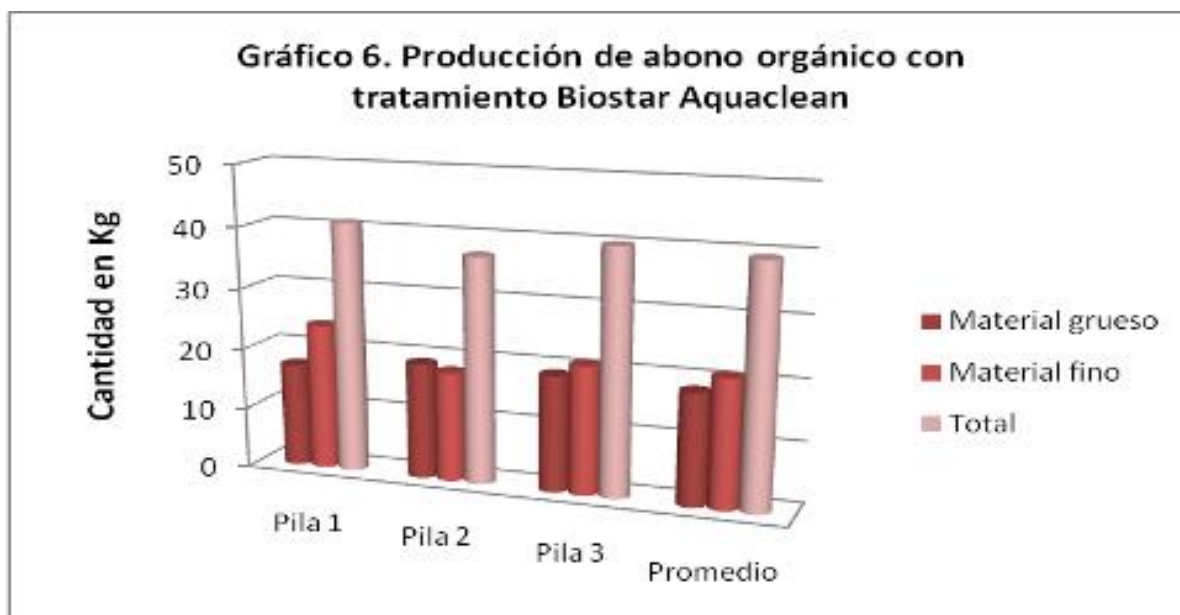


Tabla 6. Producción de abono orgánico obtenido con el tratamiento Biostart Aquaclean.

	CANTIDAD DE ABONO OBTENIDO EN Kg			
	Pila 1	Pila 2	Pila 3	Promedio
Material grueso	17	19	19	18,3
Material fino	24	18	21	21
Total	41	37	40	39,3

- **8.2.2 Tratamiento Con Tecnología Microorganismos Eficientes.** El proceso de investigación con la tecnología Microorganismos Eficientes EM se inició el 25 de marzo de 2010. Al igual que en el tratamiento anterior, inicialmente se procedió a seleccionar el material orgánico procedente de la plaza de mercado, se picó empleando la misma máquina y procedimiento, se pesó y ubicó en el sitio correspondiente, donde se esparció utilizando un rastrillo. Acto seguido se procedió a preparar la dosificación del producto a emplear, siguiendo las recomendaciones dadas por los distribuidores.

Figura 16. Preparación y aplicación del tratamiento Microorganismos Eficientes.



De acuerdo con FUNDASES en la Guía de uso de la tecnología EM en manejo de residuos orgánicos, la dosis recomendada para la aplicación del producto es de 5 L por tonelada de residuos orgánicos frescos durante todo el proceso, el cual se aplica así; 2 L de EM diluidos en 18 L de agua en momento que se arma la pila, y 1 L en 9 L de agua en cada volteo, durante los siguientes tres volteos.

Siguiendo la recomendación anterior, se procedió a preparar el producto, el cual se revolvió en un balde, y posteriormente con un recipiente graduado se repartió equitativamente para ser aplicado en las 3 pilas correspondientes al tratamiento.

La aspersión sobre las pilas se hizo con una bomba manual con capacidad de un galón. Las fotos siguientes permiten apreciar el procedimiento.

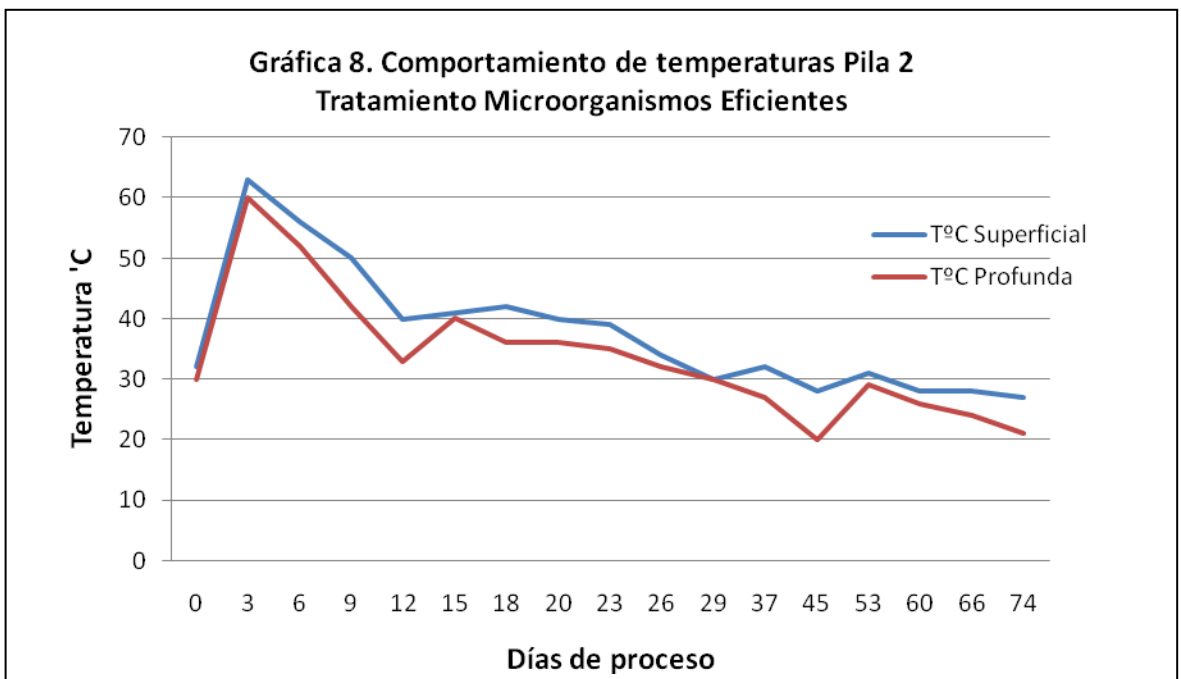
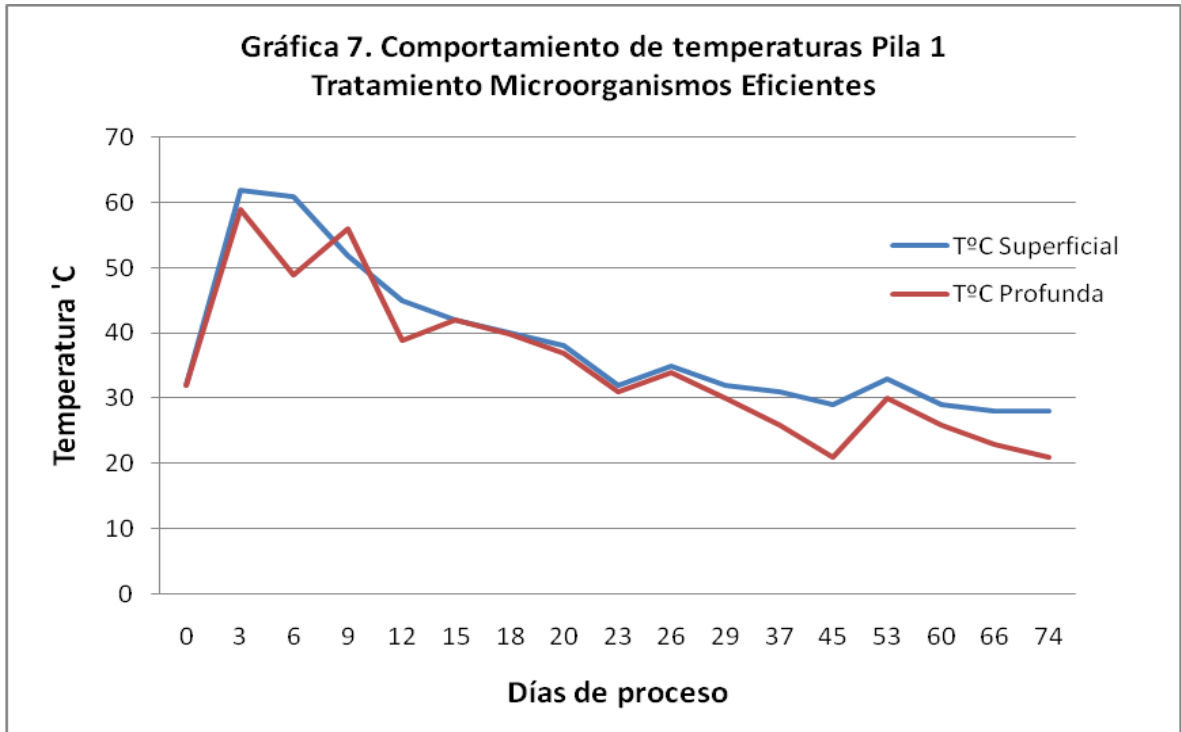
Una vez aplicado el tratamiento sobre cada pila, se procedió a revolver el material tratando de homogenizar el producto en toda la masa orgánica, y luego se apiló.

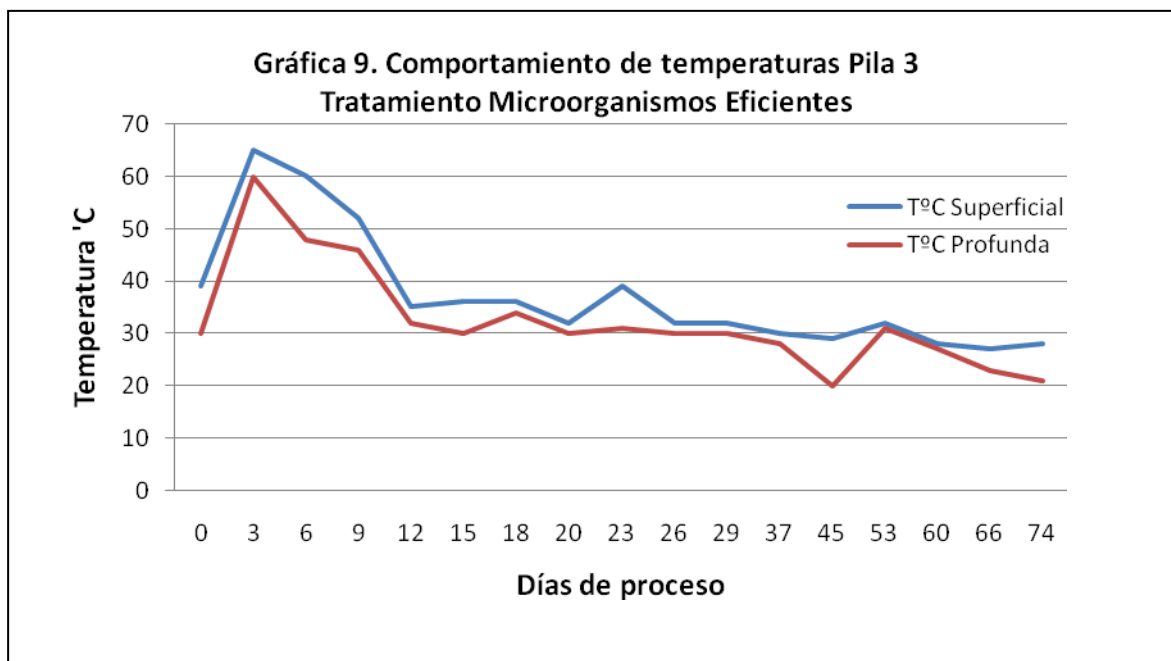
- **Comportamiento de la Temperatura.** Desde el momento del apilado y en lo sucesivo se procedió a registrar las temperaturas alcanzadas por las pilas, y otros factores ambientales, en el formato diseñado para este fin. En la tabla 7 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 7. Registro de temperaturas en las pilas con Tratamiento Microorganismos Eficientes. Fuente de los datos: La presente investigación.

FECHA	HORA	T° AMB	HR (%)	PILA N° 1		PILA N° 2		PILA N° 3	
				T°CSUP	T°C PROF	T°C SUP	T°C PROF	T°C SUP	T°C PROF
25-03-10	10:30 a.m.	30°C	59	32	32	32	30	39	30
28-03-10	11:00 a.m.	30°C	61	62	59	63	60	65	60
31-03-10	10:00 a.m.	23°C	91	61	49	56	52	60	48
03-04-10	3.00 p.m.	22°C	93	52	56	50	42	52	46
06-04-10	12:00 p.m.	22°C	94	45	39	40	33	35	32
09-04-10	2:00 p.m.	22°C	93	42	42	41	40	36	30
12-04-10	9:00 a.m.	26°C	76	40	40	42	36	36	34
14-04-10	9:00 a.m.	24°C	93	38	37	40	36	32	30
17-04-10	3:30 p.m.	30°C	74	32	31	39	35	39	31
20-04-10	1:30 p.m.	31°C	65	35	34	34	32	32	30
23-04-10	3:30 p.m.	28°C	77	32	30	30	30	32	30
01-05-10	4:10 p.m.	25°C	87	31	26	32	27	30	28
09-05-10	10:30 a.m.	25°C	86	29	21	28	20	29	20
17-05-10	1:30 p.m.	29°C	67	33	30	31	29	32	31
24-05-10	10:00 a.m.	28°C	73	29	26	28	26	28	27
30-05-10	3:00 p.m.	23°C	84	28	23	28	24	27	23
07-06-10	2:00 p.m.	24°C	72	28	21	27	21	28	21

En las gráficas 7, 8 y 9 se puede apreciar el comportamiento de las temperaturas en cada una de las pilas del tratamiento.





Los días 20 de abril y 17 de mayo se observa un leve ascenso en la temperatura, en las 3 pilas con este tratamiento, lo cual obedece precisamente a que los días inmediatamente anteriores, al corroborar que las temperaturas habían descendido por debajo de los 40°C se consideró oportuno hacer una nueva aplicación del producto, la cual no se había hecho hasta ese momento, ya que el material estaba demasiado húmedo y expelía un poco de olor putrefacto, indicando que el mismo se estaba pudriendo pese a que regularmente se volteaba.

Se consideró que esta situación fue ocasionada por la gran cantidad de agua que se adicionó al momento de aplicar el producto, ya que, adicionalmente el material orgánico empleado en el tratamiento estaba muy húmedo.

Por esta misma razón, en la segunda aplicación realizada el día 17 de abril de 2010 se empleó únicamente 5 L de agua para disolver el 1 L de EM que se repartió, en cantidad de 2 L por pila de compostaje; y el 9 de mayo se empleó únicamente 2 L de agua para disolver el 1 litro de EM que se repartió en cada una de las pilas de compostaje en la cantidad de 1 L por pila de compostaje.

De acuerdo con lo anterior, se emplearon únicamente 4 L en el proceso con esta tecnología para la tonelada de residuos que se sometieron a proceso de compostaje con microorganismos eficientes en las 3 pilas de 333 Kg cada una.

El día 24 de mayo, al registrar temperaturas por debajo de los 30°C se consideró que las pilas de compostaje estaban llegando a su estado de maduración adecuado, por lo que se decidió esparcir sobre el suelo el material para favorecer

el secado del mismo. El día 7 de junio se tamizó el material orgánico empleando una malla con ojo de $\frac{1}{4}$ de pulgada, y se procedió a pesar el abono obtenido.

Figura 17. Proceso de tamizado y empackado de abono orgánico obtenido en los procesos de compostaje.

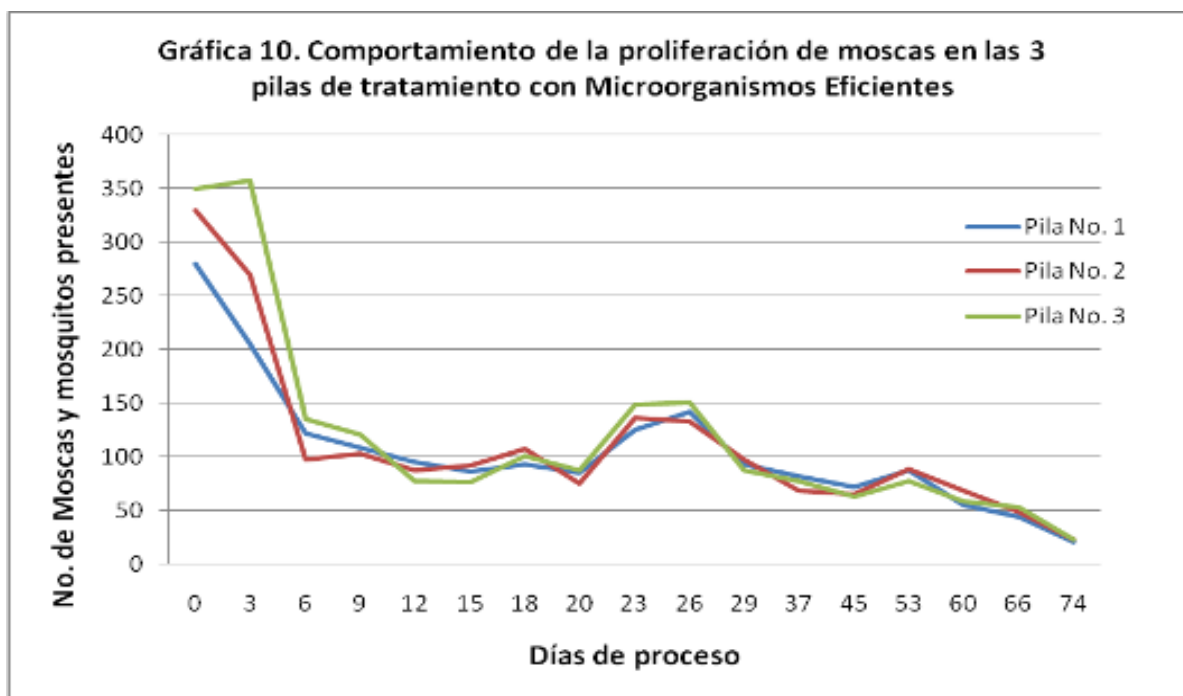


- **Generación y proliferación de moscas:** Durante el proceso con este tratamiento se observó la presencia representativa de moscas y mosquitos sobre las 3 pilas de compostaje, en un número superior a las detectadas en los otros tratamientos, lo cual se dedujo era atribuido a la excesiva humedad del material orgánico.

La tabla 8 y la gráfica 10 presentan los registros logrados sobre la generación y proliferación de moscas y mosquitos en las 3 pilas del tratamiento con Microorganismos Eficientes.

Tabla 8. Registro de la generación y proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con tratamiento Microorganismos Eficientes.

FECHA	HORA	T°AMB	HR (%)	No. DE MOSCAS Y MOSQUITOS		
				PILA N° 1	PILA N° 2	PILA N° 3
25-03-10	10:30 a.m.	30°C	59	280	330	350
28-03-10	11:00 a.m.	30°C	61	206	270	358
31-03-10	10:00 a.m.	23°C	91	122	97	135
03-04-10	3:00 p.m.	22°C	93	109	103	121
06-04-10	12:00 p.m.	22°C	94	95	87	78
09-04-10	2:00 p.m.	22°C	93	87	92	76
12-04-10	9:00 a.m.	26°C	76	93	107	101
14-04-10	9:00 a.m.	24°C	93	85	75	87
17-04-10	3:30 p.m.	30°C	74	126	136	149
20-04-10	1:30 p.m.	31°C	65	142	133	151
23-04-10	3:30 p.m.	28°C	77	93	98	87
01-05-10	4:10 p.m.	25°C	87	82	69	78
09-05-10	10:30 a.m.	25°C	86	72	65	63
17-05-10	1:30 p.m.	29°C	67	88	89	78
24-05-10	10:00 a.m.	28°C	73	56	69	59
30-05-10	3:00 p.m.	23°C	84	44	49	53
07-06-10	2:00 p.m.	24°C	72	21	23	23



- **Generación de lixiviados:** Durante el proceso de compostaje con este tratamiento, en esta etapa de la investigación, no se presentó escurrimiento de lixiviados, pero si se observó que el material estaba muy húmedo, razón por la

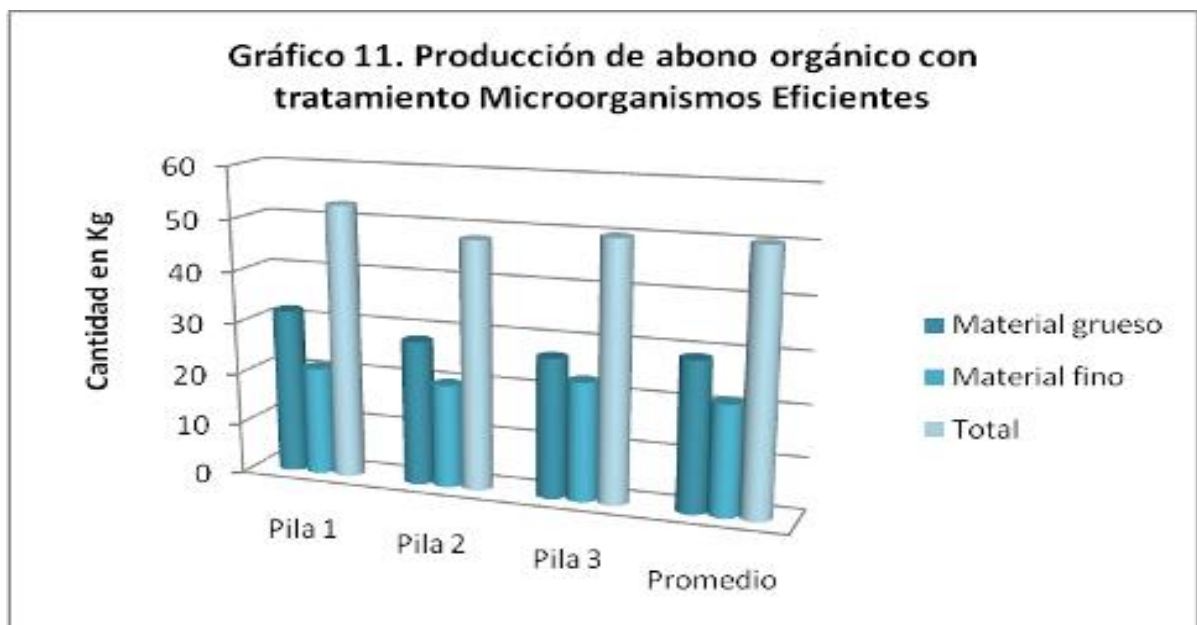
cual no se aplicó el tratamiento en forma regular según lo recomendado por el distribuidor del paquete tecnológico, y en la etapa final hubo la necesidad de esparcirlo sobre el piso para facilitar el proceso de secado.

- **Generación de gases y olores:** En el tratamiento con Microorganismos Eficientes se detectó un leve olor putrefacto, el cual se dedujo que fue generado por la excesiva humedad del material, ya que para la aplicación del producto se requirió adicionarle una cantidad bastante representativa de agua a las pilas. De igual manera que en todos los tratamientos se observó en los días más fríos, ascenso de vapor de agua.

- **Producción de abono orgánico:** El proceso de compostaje con el tratamiento de Microorganismos Eficientes, arrojó los resultados que se muestran en la tabla 9 y gráfica 11, relacionados con la producción de abonos orgánicos.

Tabla 9. Producción de abono orgánico obtenido con el tratamiento Microorganismos Eficientes.

	CANTIDAD DE ABONO OBTENIDO EN Kg			
	Pila 1	Pila 2	Pila 3	Promedio
Material grueso	32	28	27	29,0
Material fino	21	20	23	21,3
Total	53	48	50	50,3



8.2.3 Tratamiento con Tecnología Bioterre Sisvita. El proceso de compostaje con la tecnología Bioterre Sisvita inició el miércoles 31 de marzo de 2010. El proceso previo a la aplicación del paquete microbiano fue exactamente el mismo que el empleado en los tratamientos anteriores.

De acuerdo con las recomendaciones dadas por el fabricante del producto, la dosificación que se debe emplear es de 1 L de Bioterre por 1 Tonelada de material orgánico a compostar. A diferencia de los paquetes tecnológicos anteriores, este producto se aplica directamente sobre el material orgánico, sin revolver con agua u otro líquido.

Para la aplicación del producto se hicieron las siguientes recomendaciones:

1) El producto debía aplicarse empleando un aplicador de ultra bajo volumen para garantizar que las gotas tuvieran un tamaño muy pequeño y el producto quedara mejor esparcido sobre el material orgánico a compostar; sin embargo, como no fue posible obtener los recursos para su adquisición, hubo que aplicarlo con la misma bomba la aspersora manual que se empleó para aplicar los insumos anteriores.

2) Cómo los microorganismos del producto Bioterre Sisvita son altamente eficientes, no podía emplearse el mismo equipo para la aspersion del producto, ni la misma herramienta para el volteo de las pilas, ya que los microorganismos se pasarían a los otros tratamientos y no sería confiable los resultados, o estarían determinados por los microorganismos de éste producto y no del que supuestamente se estaba evaluando. Por este motivo, se consideró dejar la aplicación de este tratamiento de último y se emplearon herramientas diferentes, previamente demarcadas para poderlas identificar fácilmente.

4) Por la misma razón se recomendó que de ser posible, las pilas de compostaje con este tratamiento estuvieran muy alejadas de los otros tratamientos, o de ser posible se ubicaran en una caseta aparte; fue así como tomando en consideración tal recomendación se procedió a ubicar las 3 pilas de tratamiento con Bioterre Sisvita en el extremo más alejado de la caseta de compostaje, separadas aproximadamente 10 metros de las pilas con tratamiento microorganismos eficientes que eran las más cercanas.

De esta manera se dio inicio al tratamiento, aplicando la cantidad aproximada de 350 cc de producto por pila de 333 Kg de material orgánico, el cual se aplicó puro, sin agua, sobre las pilas correspondientes; acto seguido se procedió a tomar los registros de los factores ambientales.

A los seis días de iniciado el tratamiento se registraron temperaturas por debajo de los 50°C, y un olor muy nauseabundo que traspasaba los 20 metros de longitud del sitio donde estaban las pilas de compostaje, por esta razón se decidió aplicar

una nueva cantidad de producto a las pilas, considerando que de pronto la cantidad empleada inicialmente había sido muy poca.

- **Generación de gases y olores:** Como se ha mencionado anteriormente, las pilas que se sometieron a proceso de compostaje con el tratamiento Bioterre Sisvita, presentaron desde el 6 al 12 día de iniciado el proceso, un olor significativamente nauseabundo, que traspasó los 20 metros de distancia desde el sitio donde estaban las pilas.

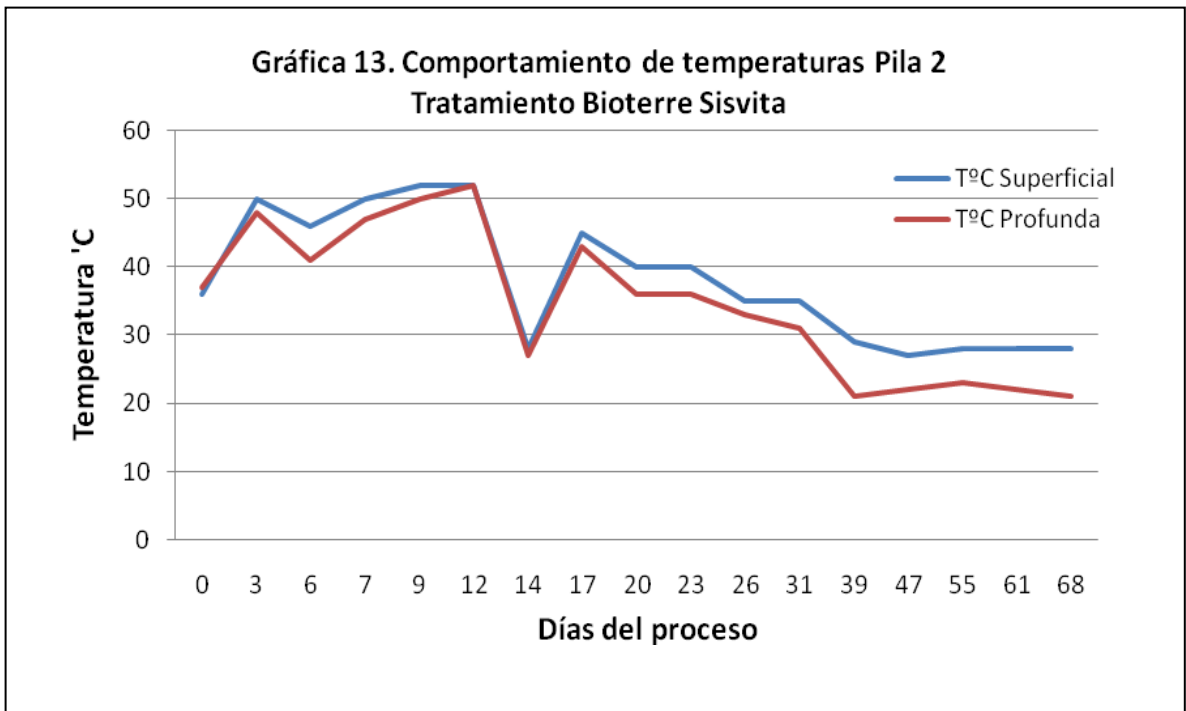
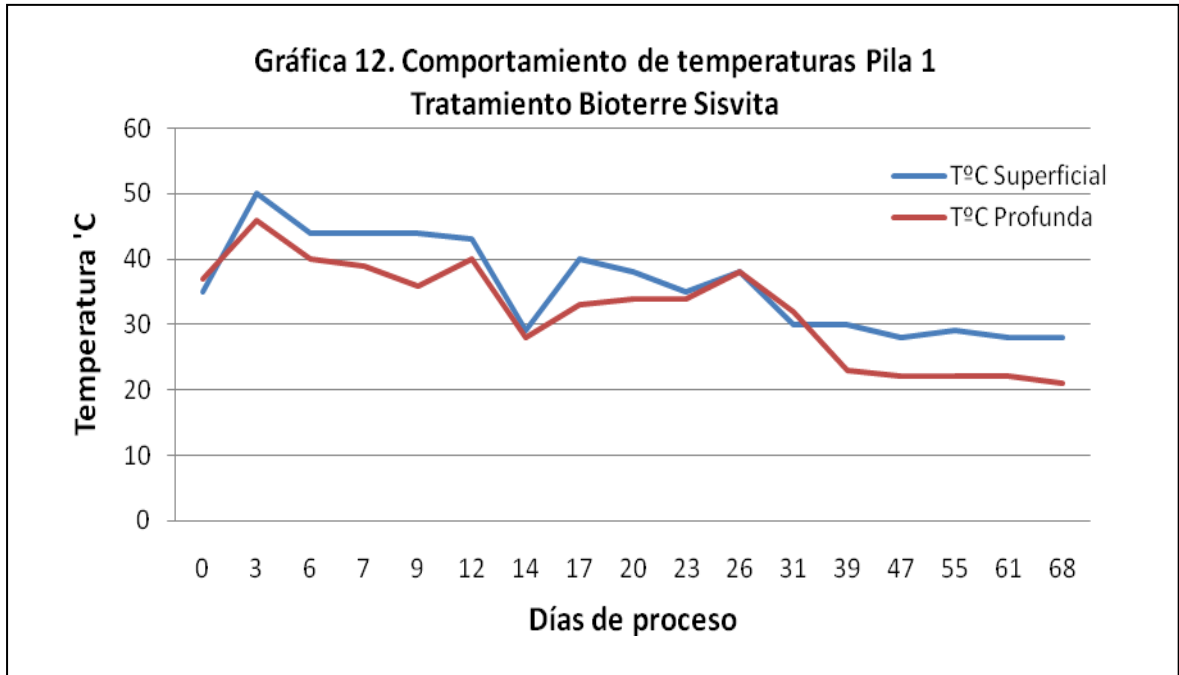
- **Comportamiento en las temperaturas:** En la tabla 10 se presentan los datos que exponen el comportamiento en las temperaturas de cada una de las pilas de compostaje con tratamiento Bioterre Sisvita.

El 12 de abril de 2010, es decir a los 12 días de iniciado el tratamiento, las pilas de compostaje con Bioterre Sisvita continuaban con exceso de humedad y el olor era muy fuerte, se decidió esparcir la materia orgánica en el piso y dejarla de esta manera por unos días para airearla, con el propósito de favorece el secado del material, al menos un poco. Es por esta razón que el 14 de abril se presenta un bajón representativo en el comportamiento de las temperaturas. El 17 de abril, 5 días después de haber esparcido el material orgánico en el piso, se decide apilarlo nuevamente y tres horas después se registra la temperatura, encontrando un alza en la misma.

Tabla 10. Registro de temperaturas de las pilas con el tratamiento Bioterre Sisvita. Fuente de los datos: La presente investigación

FECHA	HORA	Tº AMB	HR (%)	PILA Nº 1		PILA Nº 2		PILA Nº 3	
				T ºC SUP	TC PROF	TºC SUP	TºC PROF	TºC SUP	TºC PROF
31-03-10	10:20 a.m.	23ºC	91	35	37	36	37	38	38
03-04-10	3:10 p.m.	22ºC	93	50	46	50	48	56	50
06-04-10	12:08 p.m.	22ºC	94	44	40	46	41	45	41
07-04-10	3:30 p.m.	23ºC	90	44	39	50	47	49	45
09-04-10	2:10 p.m.	22ºC	93	44	36	52	50	55	51
12-04-10	8:53 a.m.	26ºC	78	43	40	52	52	38	37
14-04-10	8:00 a.m.	24ºC	78	29	28	28	27	29	27
17-04-10	5:00 p.m.	29ºC	77	40	33	45	43	45	39
20-04-10	1:00 p.m.	31ºC	65	38	34	40	36	42	40
23-04-10	3:00 p.m.	30ºC	62	35	34	40	36	40	38
26-04-10	3:00 p.m.	28ºC	74	38	38	35	33	35	35
01-05-10	4:00 p.m.	25ºC	86	30	32	35	31	38	34
09-05-10	11:00 a.m.	25ºC	86	30	23	29	21	30	21
17-05-10	1:30 p.m.	30 ºC	65	28	22	27	22	29	21
24-05-10	9:30 a.m.	28ºC	73	29	22	28	23	28	23
30-05-10	2:40 p.m.	23ºC	84	28	22	28	22	28	23
07-06-10	1:50 p.m.	24ºC	72	28	21	28	21	28	21

A continuación en las graficas 12, 13 y 14, se muestra el comportamiento de las temperaturas superficial y profunda, para las 3 pilas de la tecnología Bioterre Sisvita



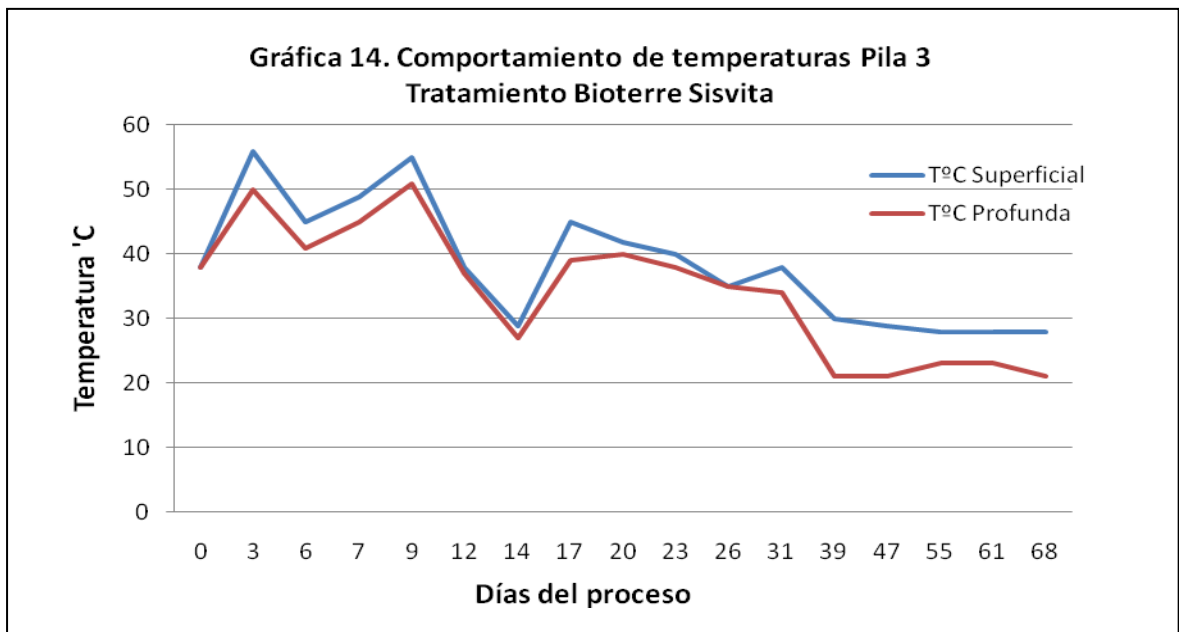


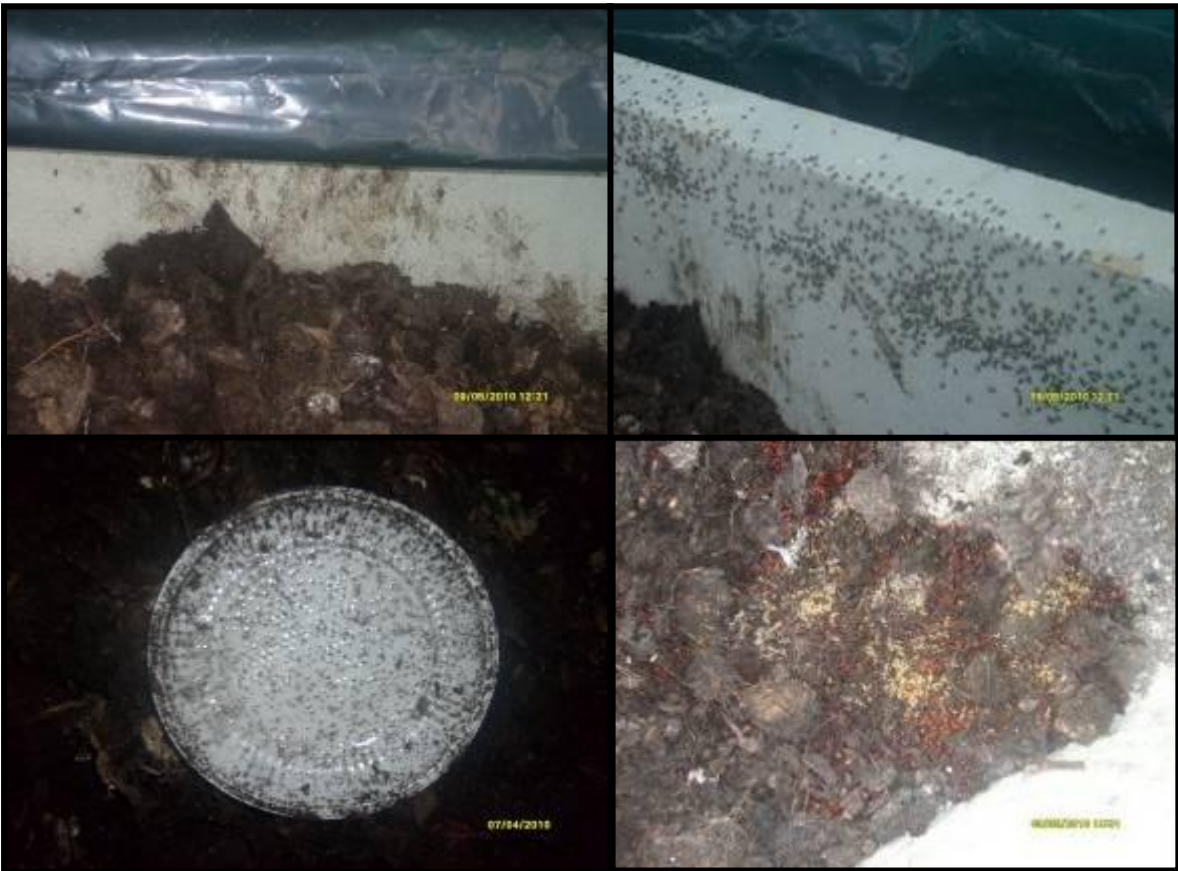
Figura 18. Proceso de alistamiento y aplicación del tratamiento Bioterre Sisvita a las pilas de compostaje.



Figura 19. Excesiva humedad en las pilas con tratamiento de Bioterre Sisvita a los 6 días de iniciado el proceso de compostaje.



Figura 20. Anidación y proliferación de moscas y mosquitos en pilas con tratamiento Bioterre Sisvita.



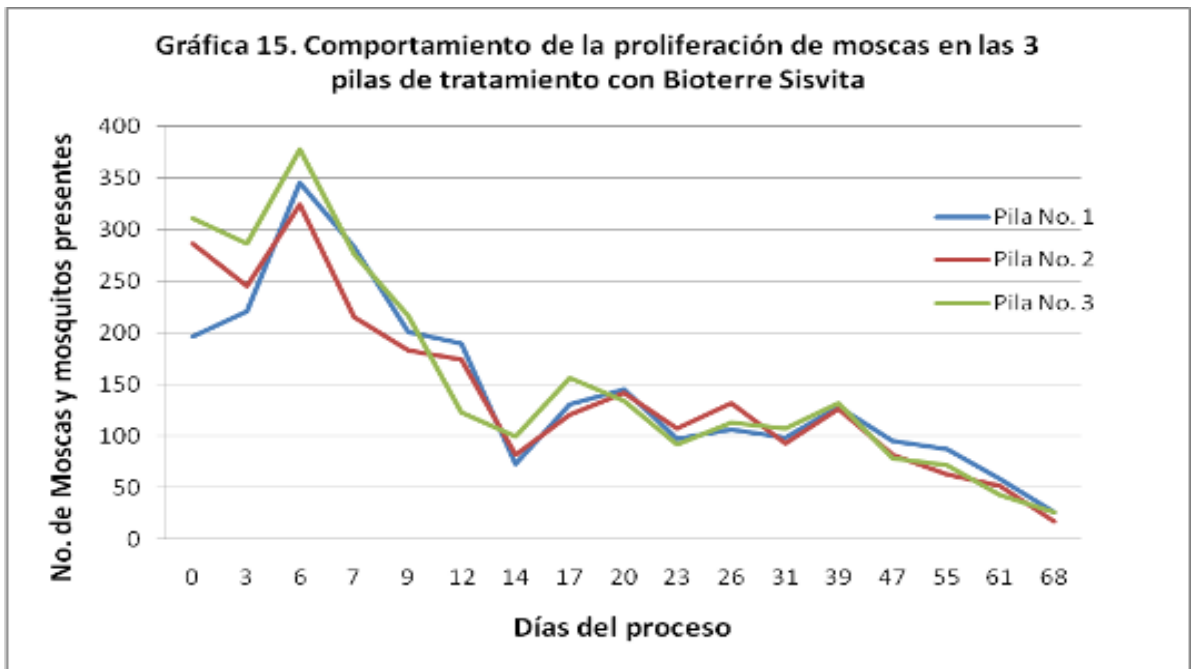
- **Generación de lixiviados:** El tratamiento con Bioterre Sisvita, en las condiciones indicadas, tampoco presentó generación de lixiviados; sin embargo, como se ha señalado con anterioridad, se presentó una acumulación excesiva de humedad en el material orgánico puesto a compostar con éste tratamiento, lo cual se consideró en ese momento, que pudo deberse a que, cómo la temperatura no subió representativamente, el agua no se pudo evaporar, y se quedó estancada en las fibras del material orgánico.

- **Generación y proliferación de moscas y mosquitos:** Pese a que en la ficha técnica del paquete microbiano Bioterre Sisvita, se indica que el producto ayuda a controlar la proliferación de moscas, por mortandad de las larvas, en desarrollo de la fase I de la presente investigación se encontró que inicialmente la cantidad de moscas no era mucha pero si la cantidad de mosquitos, tal como se puede apreciar en la tabla 11, gráfica 15 y 16.

Adicionalmente se encontró que un mes de iniciado el proceso, como el material guardaba mucha humedad, y el olor todavía estaba muy concentrado, al parecer esto favoreció la anidación de moscas y mosquitos, convirtiendo las pilas de este tratamiento en un foco de proliferación excesiva de estos insectos

Tabla 11. Registro de generación y proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con tratamiento Bioterre Sisvita.

FECHA	HORA	T°AMB	HR (%)	No. DE MOSCAS Y MOSQUITOS		
				PILA Nº 1	PILA Nº 2	PILA Nº 3
31-03-10	10:20 a.m.	23°C	91	196	286	311
03-04-10	3:10 p.m.	22°C	93	221	245	287
06-04-10	12:08 p.m.	22°C	94	345	324	378
07-04-10	3:30 p.m.	23°C	90	283	215	277
09-04-10	2:10 p.m.	22°C	93	201	183	216
12-04-10	8:53 a.m.	26°C	78	189	174	123
14-04-10	8:00 a.m.	24°C	78	73	81	99
17-04-10	5:00 p.m.	29°C	77	130	121	156
20-04-10	1:00 p.m.	31°C	65	145	142	134
23-04-10	3:00 p.m.	30°C	62	97	107	92
26-04-10	3:00 p.m.	28°C	74	106	132	113
01-05-10	4:00 p.m.	25°C	86	98	93	107
09-05-10	11:00 a.m.	25°C	86	128	126	132
17-05-10	1:30 p.m.	30 °C	65	95	82	78
24-05-10	9:30 a.m.	28°C	73	87	63	72
30-05-10	2:40 p.m.	23°C	84	58	52	43
07-06-10	1:50 p.m.	24°C	72	26	17	26



- **Producción de abono orgánico:** El pesaje del abono orgánico obtenido con el tratamiento Bioterre Sisvita igualmente se realizó el día 7 de junio de 2010, para ello se utilizó una zaranda de $\frac{1}{4}$ pulgada, obteniendo los resultados que se muestran a continuación, en la tabla 12 y gráfica 16.

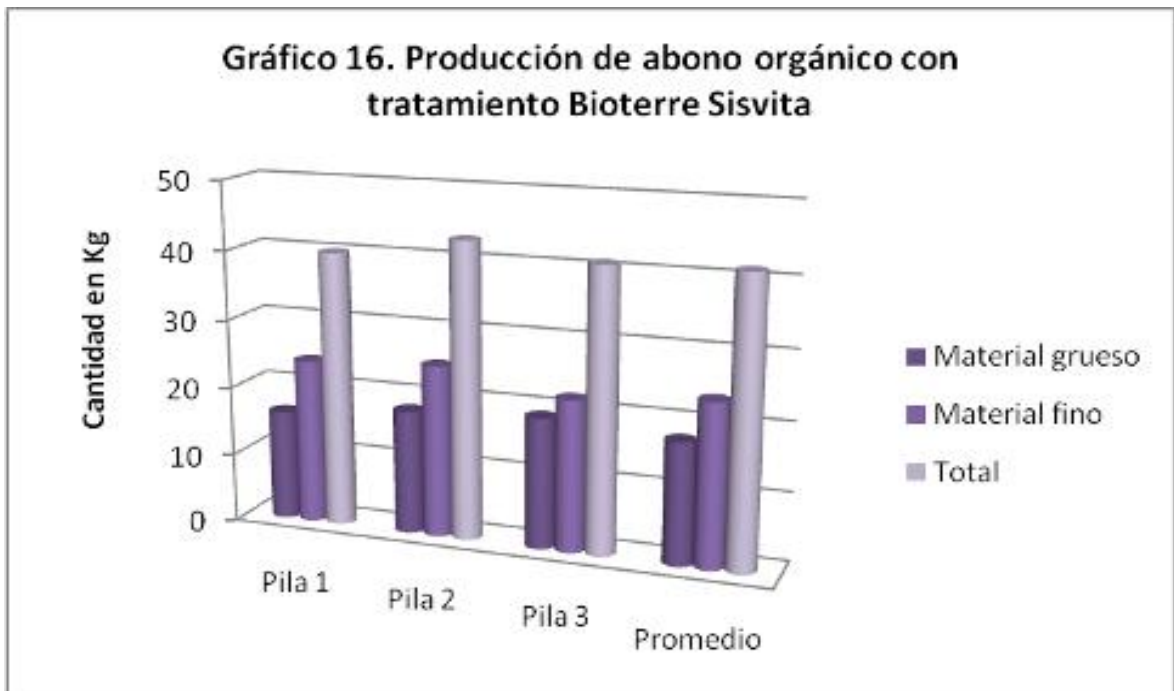


Tabla 12. Producción de abono orgánico con el tratamiento Bioterre Sisvita.

	CANTIDAD DE ABONO OBTENIDO EN Kg			
	Pila 1	Pila 2	Pila 3	Promedio
Material grueso	16	18	19	17,7
Material fino	24	25	22	23,7
Total	40	43	41	41,3

8.2.4 Tratamiento Testigo. El proceso del tratamiento testigo inició el 20 de marzo de 2010.

El material orgánico previamente picado fue colocado en el sitio respectivo e inmediatamente después se organizó las pilas, y se procedió a tomar los datos de temperatura y demás factores ambientales, que se consignaron en el formato diseñado para tal fin.

Todo ello con el fin de verificar el comportamiento de la temperatura, la generación de gases y lixiviados y la proliferación de vectores, en el transcurso del tratamiento.

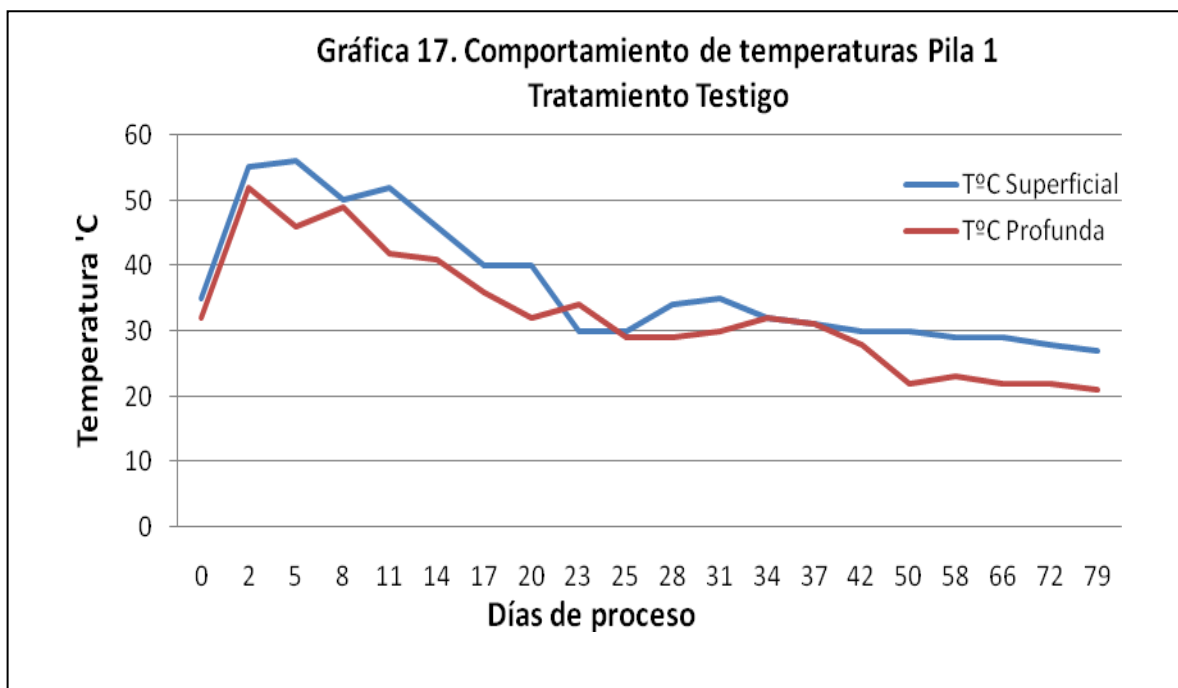
Figura 21. Escurrimiento de lixiviado en las pilas con tratamiento Testigo.



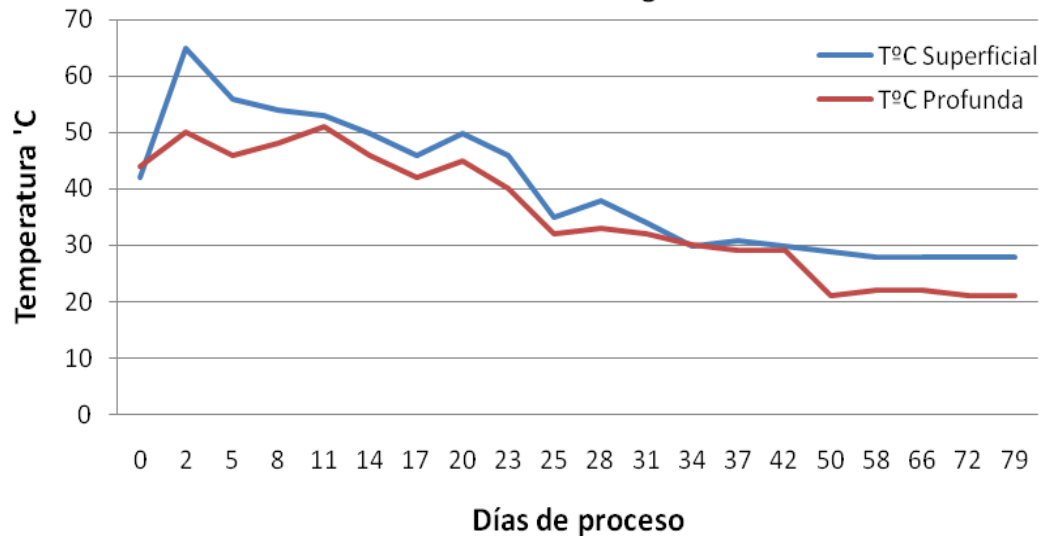
- **Comportamiento en las temperaturas:** En la tabla 13 y gráficas 17 a 19 se presentan los datos que dejan ver el comportamiento en las temperaturas superficial y profunda de cada una de las pilas de compostaje con el tratamiento Testigo durante cada una de las fases de compostaje.

Tabla 13. Registro de temperaturas en las pilas con el tratamiento Testigo.

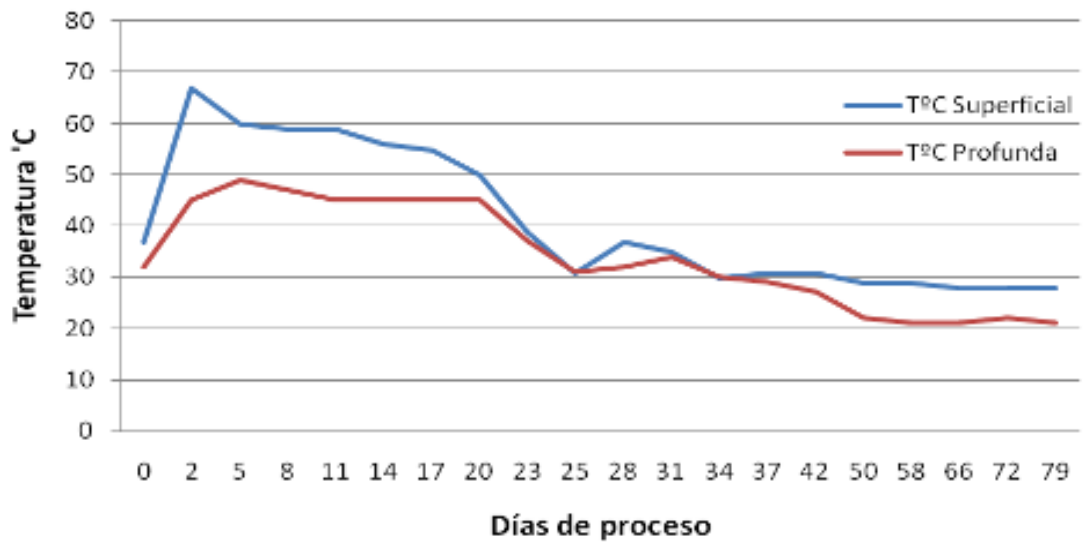
FECHA	HORA	T° AMB	HR (%)	PILA N° 1		PILA N° 2		PILA N° 3	
				T°C SUP	T°C PROF	T°C SUP	T°C PROF	T°C SUP	T°C PROF
20-03-10	11:00 a.m.	28°C	73	35	32	42	44	37	32
22-03-10	3:15 p.m.	24°C	79	55	52	65	50	67	45
25-03-10	11:20 a.m.	30°C	59	56	46	56	46	60	49
28-03-10	12:10 a.m.	31°C	59	50	49	54	48	59	47
31-03-10	11:35 a.m.	23°C	91	52	42	53	51	59	45
03-04-10	3:50 p.m.	22°C	93	46	41	50	46	56	45
06-04-10	12:54 p.m.	22°C	92	40	36	46	42	55	45
09-04-10	2:32 p.m.	23°C	92	40	32	50	45	50	45
12-04-10	10:20 a.m.	28°C	71	30	34	46	40	39	37
14-04-10	9:00 a.m.	24°C	93	30	29	35	32	31	31
17-04-10	5:30 p.m.	29°C	77	34	29	38	33	37	32
20-04-10	1:25 p.m.	31°C	65	35	30	34	32	35	34
23-04-10	3:30 p.m.	30°C	62	32	32	30	30	30	30
26-04-10	3:30 p.m.	28°C	74	31	31	31	29	31	29
01-05-10	4:20 p.m.	25°C	86	30	28	30	29	31	27
09-05-10	11:30 a.m.	25°C	86	30	22	29	21	29	22
17-05-10	1:30 p.m.	30 °C	65	29	23	28	22	29	21
24-05-10	10:30 a.m.	29°C	68	29	22	28	22	28	21
30-05-10	3:00 p.m.	23°C	84	28	22	28	21	28	22
07-06-10	2:20 p.m.	24°C	72	27	21	28	21	28	21



**Gráfica 18. Comportamiento de temperaturas Pila 2
Tratamiento Testigo**



**Gráfica 19. Comportamiento de temperaturas Pila 3
Tratamiento Testigo**



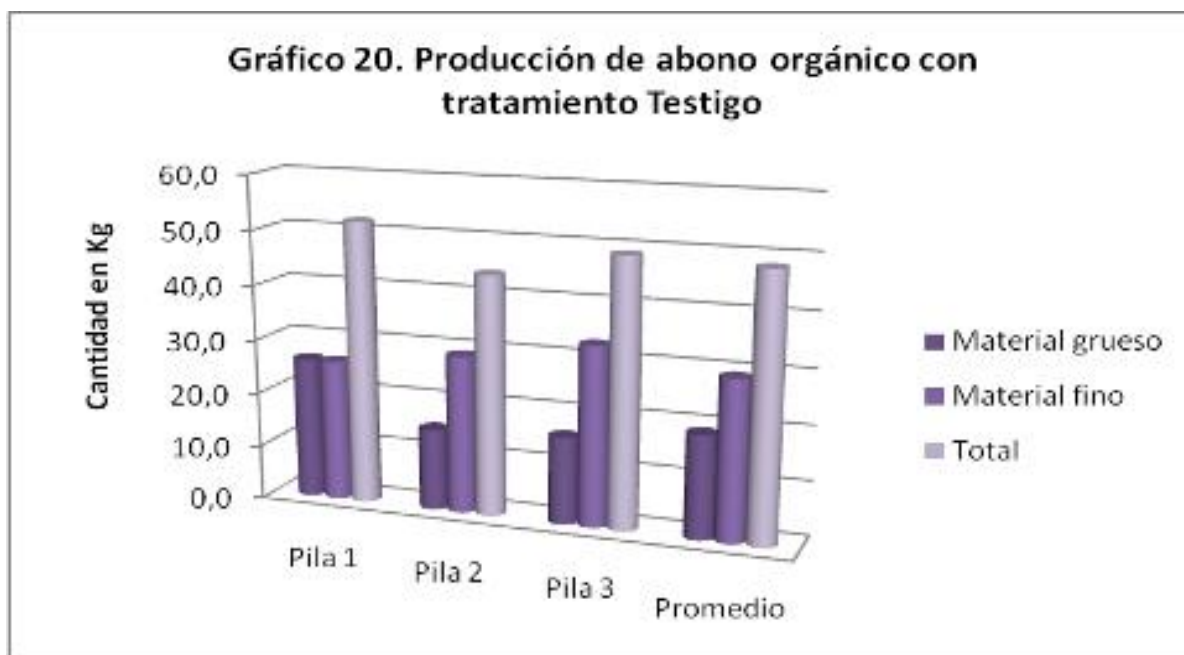
- **Generación de gases y olores:** Las pilas con tratamiento testigo no presentaron problemas de generación de gases y olores. Únicamente se observó el ascenso de vapor de agua en los días más fríos o en horas de la mañana.

- **Generación de lixiviados:** El tratamiento testigo a diferencia de los tratamientos anteriores, presentó una leve generación de lixiviados en 2 de las 3 pilas, que alcanzaron a escurrir entre 30 a 40 cm del borde de la pila; situación que no se presentó por más de dos (2) días. La figura 18 permite apreciar el escurrimiento presentado.

- **Producción de abono orgánico:** la cantidad de abono que se logro producir con las pilas testigo, durante la primera fase de investigación, se muestra en la tabla 14 y grafica 20

Tabla 14. Producción de abono orgánico con el tratamiento Testigo.

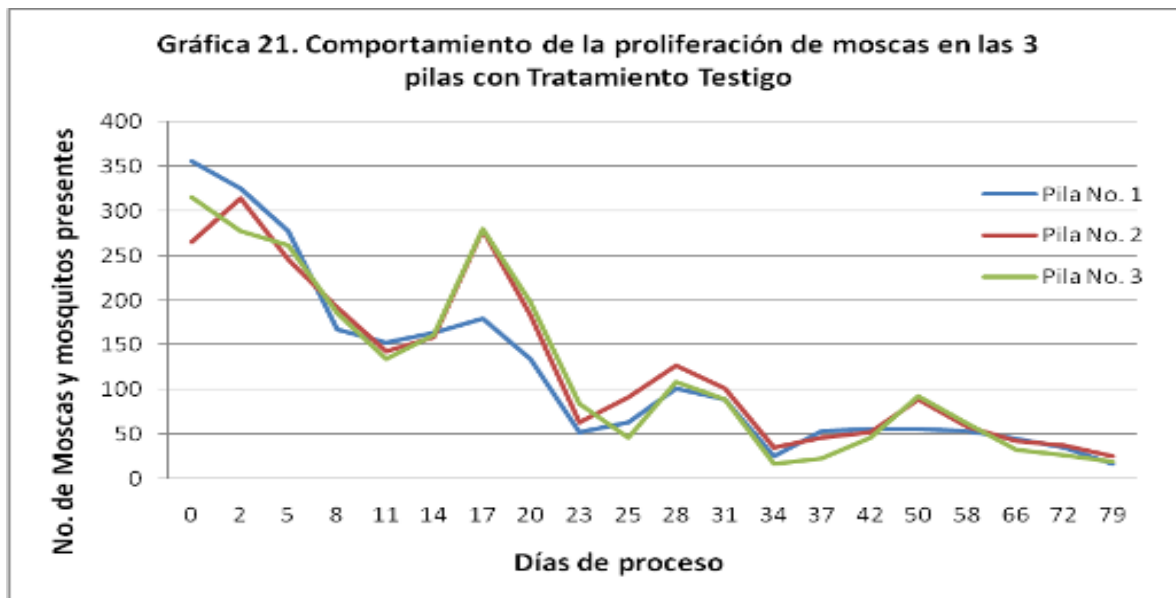
	CANTIDAD DE ABONO OBTENIDO EN Kg			
	Pila 1	Pila 2	Pila 3	Promedio
Material grueso	26	15	16	19,0
Material fino	26	29	33	29,3
Total	52	44	49	48,3



- **Generación y proliferación de moscas y mosquitos:** En la tabla 15 y grafica 21 se presentan los registros de proliferación de moscas en las pilas con tratamiento testigo. Al igual que en los demás tratamientos se presentó anidación de moscas, pero en este caso, siendo igualmente significativo como en el caso del tratamiento Bioterre Sisvita y Microorganismos Eficientes.

Tabla 15. Registro de generación y proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con Tratamiento Testigo.

FECHA	HORA	T°AMB	HR (%)	No. DE MOSCAS Y MOSQUITOS		
				PILA N° 1	PILA N° 2	PILA N° 3
20-03-10	11:00 a.m.	28°C	73	356	265	316
22-03-10	3:15 p.m.	24°C	79	325	314	278
25-03-10	11:20 a.m.	30°C	59	278	245	262
28-03-10	12:10 a.m.	31°C	59	167	192	186
31-03-10	11:35 a.m.	23°C	91	153	142	135
03-04-10	3:50 p.m.	22°C	93	164	158	162
06-04-10	12:54 p.m.	22°C	94	180	278	281
09-04-10	2:32 p.m.	23°C	92	135	183	198
12-04-10	10:20 a.m.	28°C	71	53	63	84
14-04-10	9:00 a.m.	24°C	93	64	91	46
17-04-10	5:30 p.m.	29°C	77	102	127	109
20-04-10	1:25 p.m.	31°C	65	89	101	89
23-04-10	3:30 p.m.	30°C	62	26	35	17
26-04-10	3:30 p.m.	28°C	74	54	46	23
01-05-10	4:20 p.m.	25°C	86	56	52	46
09-05-10	11:30 a.m.	25°C	86	56	89	93
17-05-10	1:30 p.m.	30 °C	65	54	58	62
24-05-10	10:30 a.m.	29°C	68	45	42	33
30-05-10	3:00 p.m.	23°C	84	35	37	27
07-06-10	2:20 p.m.	24°C	72	17	25	19



8.3 RESULTADOS FASE II

8.3.1 Tratamiento con Tecnología Biostart Aquaclean. Para realizar el proceso de compostaje, primero se reunió toda la información referente al producto a utilizar, luego se procedió a reunir el material orgánico a compostar, teniendo en cuenta que para el desarrollo del proceso de esta nueva fase de la investigación se necesitaba armar dos pilas de 1.000 Kg cada una, para un total de 2.000 Kg de residuos orgánicos, sin proceso de picado.

El proceso inició el jueves 22 de abril de 2010. Para ello el miércoles 21 de abril de 2010, se prepararon 40 gr de Biostart Aquaclean en 3 L de agua (20 gr en 1,5 L por cada pila) mezclando manualmente el producto y se dejó en un recipiente al aire libre por 24 horas, para su posterior aplicación.

Para la preparación y aplicación del paquete microbiano Biostart Aquaclean, se utilizaron los siguientes materiales:

- ✓ Paquete microbiano Biostart Aquaclean
- ✓ Pesa gramera
- ✓ Recipiente plástico de 3 litros
- ✓ Agua de lluvia limpia
- ✓ Bomba manual

Para la aplicación del tratamiento en las pilas de compostaje, se extendió el material orgánico, se esparció el producto, y se procedió a mezclarlo para que quede disperso; finalmente se tomó la temperatura y se hizo el conteo del número de moscas.

Se determinó luego hacer el control de temperatura, lixiviados, gases, conteo de moscas y volteo del material cada tres (3) días durante el primer mes de montaje de las pilas hasta el 22 de mayo de 2010, en el segundo mes cada 8 días y a partir del mes de julio el control de factores ambientales se realizó cada 15 días.

De acuerdo con las recomendaciones dadas por la distribuidora del producto, la temperatura en las pilas de compostaje debía mantenerse por encima de los 40°C, y en caso de ser inferior al valor establecido se debía hacer una nueva aplicación del producto Biostart Aquaclean, por esta razón se procedió a aplicar el producto en tres ocasiones más, con el propósito de garantizar un mejor rendimiento.

El viernes 14 de mayo de 2010, a las 4:00 pm se volvió a aplicar la tecnología Biostart Aquaclean a las dos (2) pilas de material orgánico, ello porque el rango de temperatura se encontraba por debajo de los 40°C. Para esto el jueves 13 de mayo se prepararon 30 gr de Aquaclean en 2 L de agua (15 gr en un litro por cada pila) y se dejó al aire libre por 24 horas, antes de realizar la aplicación.

Figura 22. Toma de temperatura y volteo de las pilas durante la primera semana de montaje.



Figura 23. Presentación de elementos utilizados en la aplicación del producto Biostart Aquaclean a las pilas de material orgánico.



Luego de realizada la aplicación se continuó el proceso de forma continua, según se lo había estipulado, llevando un control de la temperatura, y un manejo adecuado de las pilas cada tres días, teniendo en cuenta que a partir del 22 de Mayo de 2010, el control de factores ambientales a las pilas se haría cada 8 días, para así determinar los pasos a seguir en el proceso de elaboración del compost.

Siguiendo el proceso antes descrito para el caso de la tecnología Biostart Aquaclean y las recomendaciones e indicaciones del producto, el día viernes 18 de junio de 2010, se decide realizar una nueva aplicación del producto.

Figura 24. Segunda aplicación del producto a las pilas, el día 14 de mayo de 2010.



Figura 25. Tercera aplicación de la tecnología Biostart Aquaclean el día 18 de junio de 2010.



Igualmente, el viernes 18 de junio de 2010, se retira todo el material desechable de cada una de las pilas, reuniendo un total de 7.5 Kg, los cuales fueron depositados en el relleno sanitario para su debida disposición final; esto se realizó con el fin de obtener un abono orgánico limpio. El mismo día se procedió a dejar preparando 30 gr de Aquaclean en 2 L de agua (15 gr en un litro de agua por cada pila), por las mismas razones anteriores.

Figura 26. Control de temperatura, lixiviados, y moscas a las pilas durante el primer mes de montaje.



- **Generación y proliferación de moscas y mosquitos:** Para realizar el conteo de forma eficaz y sencilla, se utilizaron platos desechables cubiertos de pegante para moscas, estos platos se colocaron sobre cada una de las pilas durante un tiempo de 30 minutos, en el transcurso de ello se adherían las moscas y finalmente se procede a realizar el conteo de cada uno.

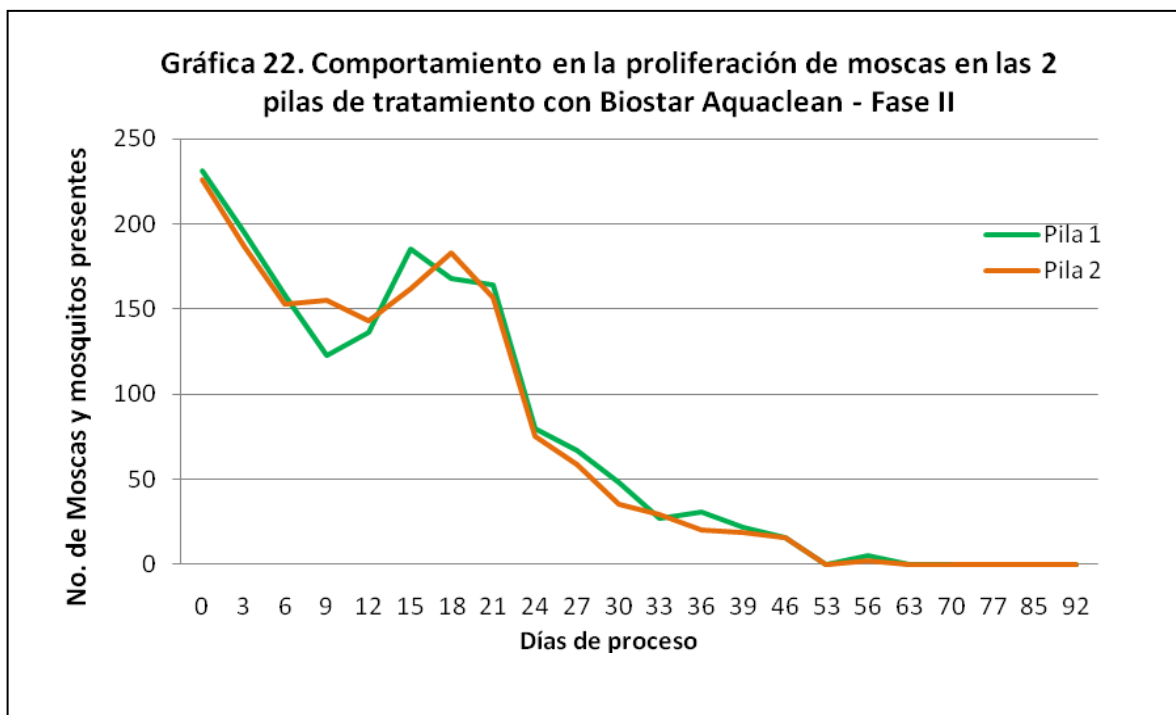


Tabla 16. Registro de generación y proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con Tratamiento Biostart Aquaclean durante la Fase II.

FECHA	DIAS	T° AMB	HR (%)	No. DE MOSCAS Y MOSQUITOS	
				Pila N° 1.	Pila N° 2.
22/04/2010	0	31	60	231	226
25/04/2010	3	26	87	195	187
28/04/2010	6	26	81	158	153
01/05/2010	9	27	79	123	155
04/05/2010	12	28	71	136	143
07/05/2010	15	25	86	185	162
10/05/2010	18	23	93	228	183
13/05/2010	21	22,6	88	164	157
16/05/2010	24	26	81	80	75
19/05/2010	27	28	76	67	59
22/05/2010	30	30.2	67	48	35
25/05/2010	33	29	70	27	29
28/05/2010	36	26	67	31	20
31/05/2010	39	25.5	87	22	19
07/06/2010	46	26	82	16	16
14/06/2010	53	29	61	0	0
17/06/2010	56	27	69	5	2
24/06/2010	63	24	85	0	0
01/07/2010	70	22	85	0	0
08/07/2010	77	29	60	0	0
16/07/2010	85	29	61	0	0
23/07/2010	92	20	94	0	0

Figura 27. Limpieza de las pilas y retiro de residuos sólidos, el día 18 de junio de 2010 a las pilas del compost de la Tecnología Biostart Aquaclean.



- **Generación De Lixiviados.** Durante el primer mes, hubo alta presencia de lixiviados, ello porque el material estaba fresco y en proceso de descomposición, también se presentó un aumento de lixiviados durante la semana que se determinó tapar las pilas con el objetivo de disminuir la propagación de vectores y proliferación de olores. En general durante los 45 días la presencia de lixiviados fue significativa.
- **Generación De Gases Y Olores:** Las pilas con tratamiento Biostar Aquaclean presentaron generación de olor durante un período de 15 días, comprendido desde el 3 a los 18 días de proceso.
- **Comportamiento En Las Temperaturas.** El control de temperatura se realizó teniendo en cuenta la temperatura superficial y profunda de cada una de las pilas. Obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 17 y las gráficas 23 y 24. A partir de estos datos, se determinó la temperatura máxima y mínima de cada pila,

durante los 2 meses del proceso, teniendo en cuenta que la temperatura y humedad relativa promedio, del medio en el que se está llevando a cabo el proceso de elaboración de compost fue 27.45 °C y 74.5% respectivamente.

Tabla 17. Comportamiento de temperatura en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean durante la fase II de la Investigación.

FECHA	DIAS	T° AMB	HR (%)	PILA 1		PILA 2	
				T°C Superficial	T°C Profunda	T°C Superficial	T°C Profunda
22/04/2010	0	31	60	38	42	30	30
25/04/2010	3	26	87	40	39	55	49
28/04/2010	6	26	81	36	36	46	36
01/05/2010	9	27	79	36	35	45	36
04/05/2010	12	28	71	35	30	40	36
07/05/2010	15	25	86	36	30	41	34
10/05/2010	18	23	93	38	30	42	29
13/05/2010	21	22,6	88	34	26	34,5	24
16/05/2010	24	26	81	39	27	36	27
19/05/2010	27	28	76	40	33	37	31
22/05/2010	30	30.2	67	39	33	36	34
25/05/2010	33	29	70	38	32	37	33
28/05/2010	36	26	67	35	28	37	31
31/05/2010	39	25.5	87	39	32	39	29
07/06/2010	46	26	82	36	30	37	26
14/06/2010	53	29	61	30	23	30	24
17/06/2010	56	27	69	30	28	30	30
24/06/2010	63	24	85	30	29	30	29
01/07/2010	70	22	85	29	23	28	23
08/07/2010	77	29	60	28	22	28	21
16/07/2010	85	29	61	29	23	30	23
23/07/2010	92	20	94	24	23	24	23

Tabla 18. Valor de las temperaturas máximas y mínimas registradas en las pilas de compostaje con Tratamiento Biostart Aquaclean.

T°	T° SUPERFICIAL		T° PROFUNDA	
	PILA N° 1	PILA N° 2	PILA N° 1	PILA N° 2
MAXIMA	40°C	55°C	42°C	49°C
MINIMA	24°C	24°C	22°C	21°C

Producción De Abono Orgánico: El día 10 de agosto se procedió a tamizar el abono orgánico obtenido en la segunda fase del proceso de Biostart Aquaclean, empleando una zaranda de ¼ de pulgada. Se obtuvieron los siguientes resultados.

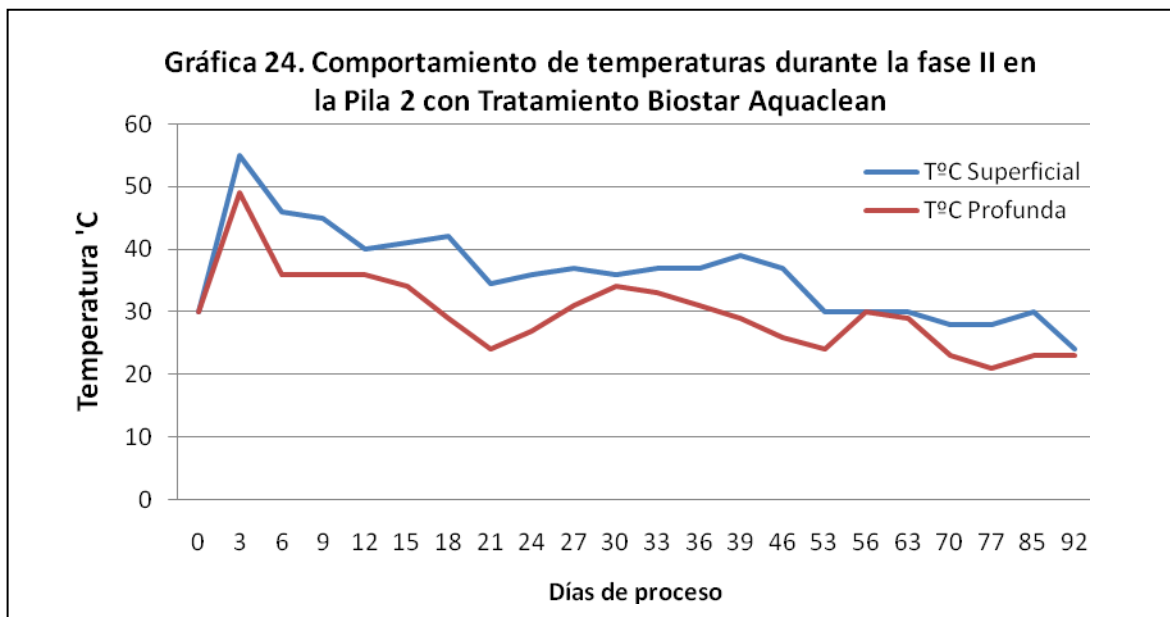
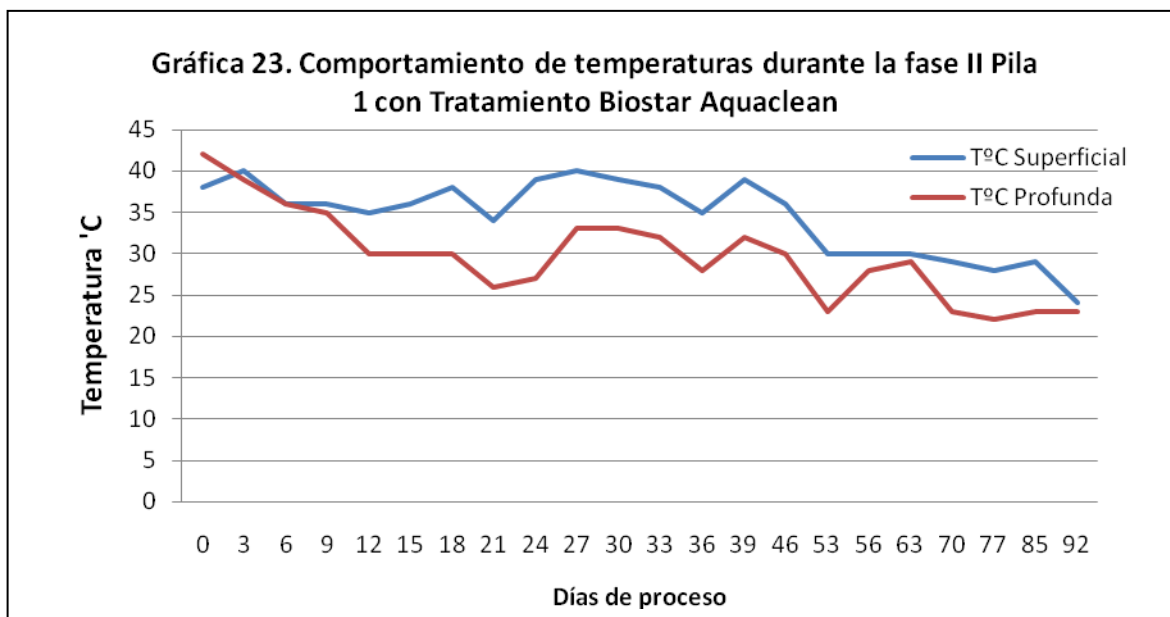
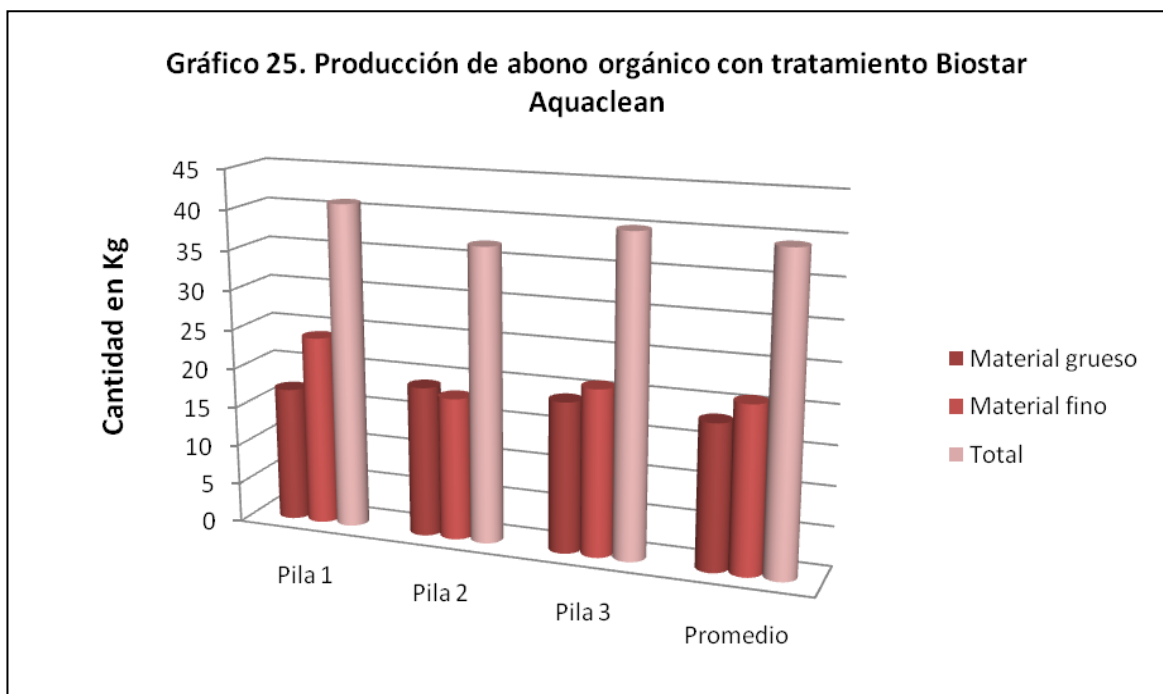


Tabla 19. Producción de abono orgánico obtenido con el tratamiento Biostart Aquaclean.

	CANTIDAD DE ABONO OBTENIDO EN Kg		
	Pila 1	Pila 2	Promedio
Material grueso	59	60	59,5
Material fino	58	60	59,0
Total	117	120	118,5



8.3.2 Tratamiento con Tecnología Bioterre Sisvita. La segunda fase del proceso de compostaje con la tecnología Bioterre Sisvita inicio el dos (2) de Mayo del 2010. Los residuos orgánicos a compostar provenían de la acumulación generada en la plaza de mercado del municipio de Mocoa. Se optó por emplear estos residuos porque eran los más susceptibles para la recolección, la cual antecedió dos días a la fecha de aplicación del producto.

En el lugar del montaje de las composteras se seleccionó el material retirándole pequeños residuos inservibles, acción que se realizaría durante repetidas ocasiones en los días posteriores de su tratamiento. La cantidad estimada para este tratamiento corresponde a 2 toneladas del material orgánico sin picar. Esta cantidad fue repartida en 2 secciones de la caseta de compostaje de 3 m de largo por 2 m de ancho, para facilitar su aplicación y remoción.

Para la aplicación de paquete microbiano Bioterre Sisvita se extrajo de un recipiente de 6 galones de producto, 2 litros para ser empleados en una ración de 1 L por tonelada de residuos, la cual obedece a las recomendaciones de aplicación del producto y a su vez, es cantidad suficiente para tratar directamente la proporción seleccionada. El método de aplicación consistió en utilizar un equipo de aspersión manual rociando el producto por todo el material. Los residuos acumulados se removían a medida que se le aplicaba el Bioterre Sisvita. Esta acción se realiza con el fin de homogenizar el producto en todo el material a compostar para que los organismos quedaran bien distribuidos y agilizaran su descomposición.

Figura 28. Pila 1 y pila 2 de residuos orgánicos seleccionados para compostar con tratamiento Bioterre Sisvita.



Las pilas a compostar estaban conformadas en mayor cantidad por productos alimenticios como: restos de frutas y verduras sin cocinar, cepas de plátano, flores marchitas, servilletas, cascaras de huevos, espinas de pescado, restos de huesos y desperdicios animales del lavado de gallinas.

Figura 29. Aplicación del producto Bioterre Sisvita y homogenización en el material orgánico en las pilas de compostaje.



Antes de la aplicación del producto se tomo respectivamente las temperaturas superficial y profunda a cada pila de material orgánico, igualmente se contó la cantidad de moscas presentes en el sitio a un lapso de tiempo de 30 minutos por pila, empleando un plato plástico con adherente de éste tipo de insectos.

Figura 30. Conteo de moscas y toma de temperaturas del material en proceso de compostación con tratamiento Bioterre Sisvita.



Una vez homogenizado el material se procede al apilamiento en forma de pirámide para incrementar su temperatura y así mismo facilitar el escurrimiento de lixiviados. El volteo, control y seguimiento de temperaturas, gases, lixiviados y conteo de moscas de las pilas se realizó cada 3 días durante el primer mes; en los 2 meses siguientes se realizó el mismo proceso cada 8 días. Los volteos se realizan para mantener la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme de toda la pila, maximizando de esta manera la actividad microbiana y por consiguiente evitar la putrefacción y compactación de los residuos.

1. Generación de gases. Los gases aparecieron desde el mismo instante en que se apilaron los residuos e incrementaron su presencia durante las primeras tres semanas del proceso, debido a que en esta etapa las bacterias termófilas actúan sobre la materia aumentando la temperatura y liberando el agua de los residuos en forma de gas.

2. Encalado. Se realizó en algunas ocasiones después del proceso de volteo, en el cual se aplicaba una fracción mínima que correspondía entre 0,5 a 1 kg de cal viva por pila; Esto se realizó con el fin de crear una barrera que impidiera el asentamiento de vectores y evitar que depositaran sus huevos entre los residuos, además porque la cal elimina las larvas impidiendo la procreación de más moscas.

3. Generación de lixiviados. La presencia de líquidos fue excesiva durante los primeras tres semanas del montaje, notándose mayor presencia en la pila uno. El escurrimiento se notaba con mayor relevancia después de los volteos del material ocasionado por que al revolver el material éste se soltaba ayudando a que el agua en forma de lixiviado drenara con facilidad.

Figura 31. Registro de presencia de lixiviados en las pilas con tratamiento Bioterre Sisvita en compostación.



4. Control de temperaturas. Durante el proceso de degradación se tomaban y registraban las temperaturas superficial y profunda de cada pila, antes del volteo. Según los datos obtenidos, la temperatura superficial inicial en las 2 pilas de compostaje fue de 39°C y 38°C al inicio del proceso, pero en el intermedio de éste tiempo el material en proceso de compostación alcanzó una máxima de 50 y 51°C, en cuanto a la temperatura superficial; del mismo modo, los datos obtenidos para la temperatura profunda fue inicialmente de 41°C y 40°C en las 2 pilas de compostaje, alcanzando un máximo de 43 y 45°C en el intermedio del primer mes.

En la tabla 20 se establecen las temperaturas máxima y mínima durante el proceso de compostaje para cada pila de Tratamiento Bioterre Sisvita, durante la fase II de la investigación.

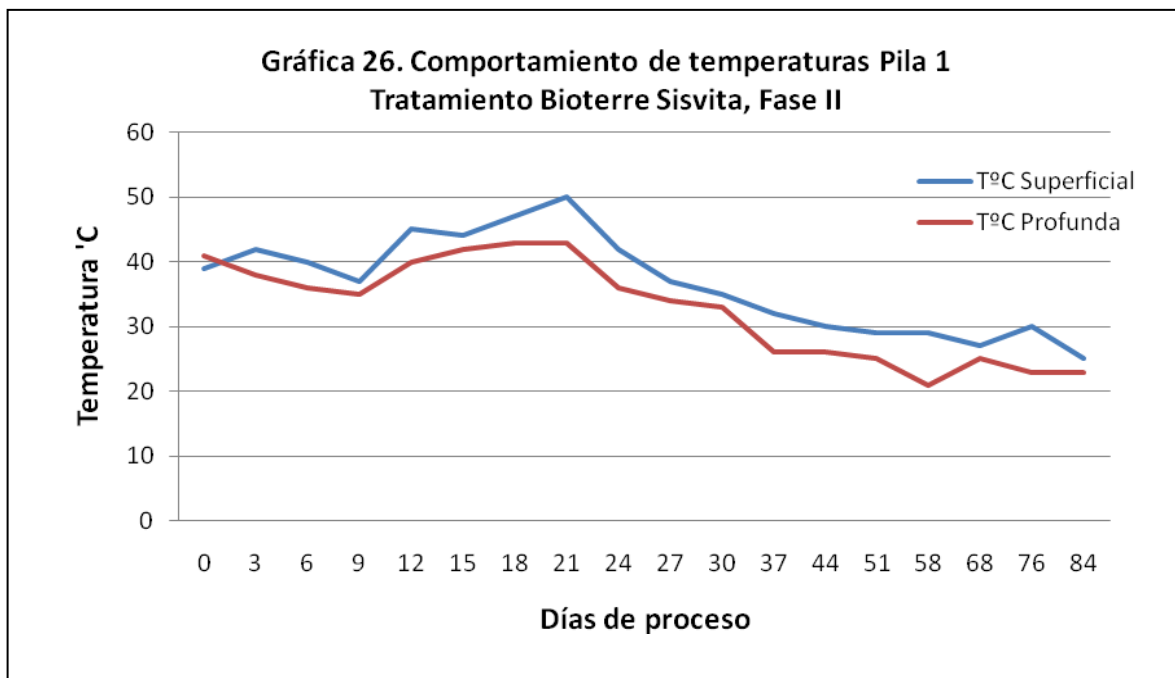
En las graficas 26 y 27 se muestran el comportamiento de las temperaturas superficial y profunda en las dos pilas del tratamiento de Bioterre Sisvita en la segunda fase de la investigación.

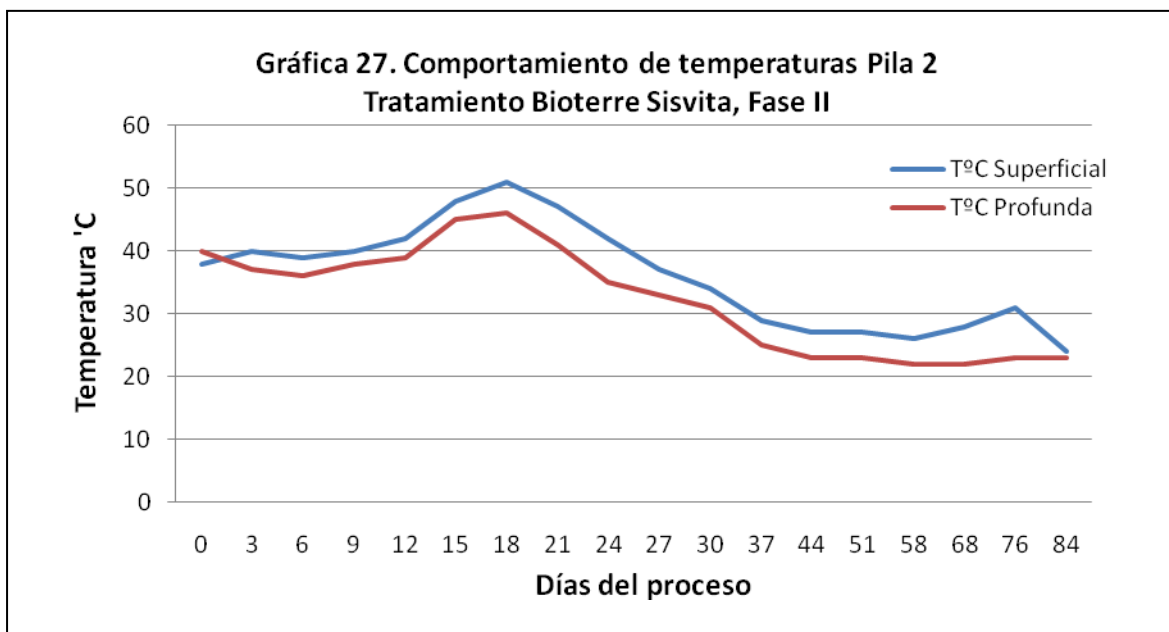
Tabla 20. Valor de las temperaturas máximas y mínimas registradas en las pilas de compostaje con Tratamiento Bioterre Sisvita.

T°	T° SUPERFICIAL		T° PROFUNDA	
	PILA Nº 1	PILA Nº 2	PILA Nº 1	PILA Nº 2
MAXIMA	50°C	51°C	43°C	45°C
MINIMA	27°C	26°C	25°C	23°C

Tabla 21. Datos de temperaturas registrados durante el proceso de compostaje mediante Tratamiento Bioterre Sisvita.

FECHA	HORA	T° AMB (°C)	HR (%)	PILA 1		PILA 2	
				T° SUPERF	T° PROF	T° SUPERF	T° PROF
02/05/2010	09:00 a.m.	30	65	39 °C	41°C	38°C	40°C
05/05/2010	03:30 p.m.	26	86	42°C	38°C	40°C	37°C
08/05/2010	10:25 a.m.	26	81	40°C	36°C	39°C	36°C
11/05/2010	02:00 p.m.	27	72	37°C	35°C	40°C	38°C
14/05/2010	08:45 a.m.	29	75	45°C	40°C	42°C	39°C
17/05/2010	01:10 p.m.	25	79	44°C	42°C	48°C	45°C
20/05/2010	09:00 a.m.	25	86	47°C	43°C	51°C	46°C
23/05/2010	03:00 p.m.	26	76	50°C	43°C	47°C	41°C
26/05/2010	10:00 a.m.	28	81	42°C	36°C	42°C	35°C
29/05/2010	02:15 p.m.	29	75	37°C	34°C	37°C	33°C
31/05/2010	02:45 a.m.	27	67	35°C	33°C	34°C	31°C
07/06/2010	01:50 p.m.	25	70	32°C	26°C	29°C	25°C
14/06/2010	12:50 p.m.	24	88	30°C	26°C	27°C	23°C
21/06/2010	09:20 a.m.	27	67	29°C	25°C	27°C	23°C
28/06/2010	08:00 a.m.	21	88	29°C	21°C	26°C	22°C
08/07/2010	02:00 p.m.	29	60	27°C	25°C	28°C	22°C
16/07/2010	05:00 p.m.	30	63	30°C	23°C	31°C	23°C
23/07/2010	02:30 p.m.	20	94	25°C	23°C	24°C	23°C





5. Conteo de moscas. Para determinar la cantidad de moscas se utilizaron platos adhesivos a los cuales los insectos se adherían, luego de un tiempo determinado de 30 minutos, se procedía al conteo de los insectos. En la grafica 28 tabla 22 se detalla la cantidad de moscas registradas en cada una de las pilas de compostaje durante la fase 2 del proceso de descomposición del material orgánico para la obtención del compost.

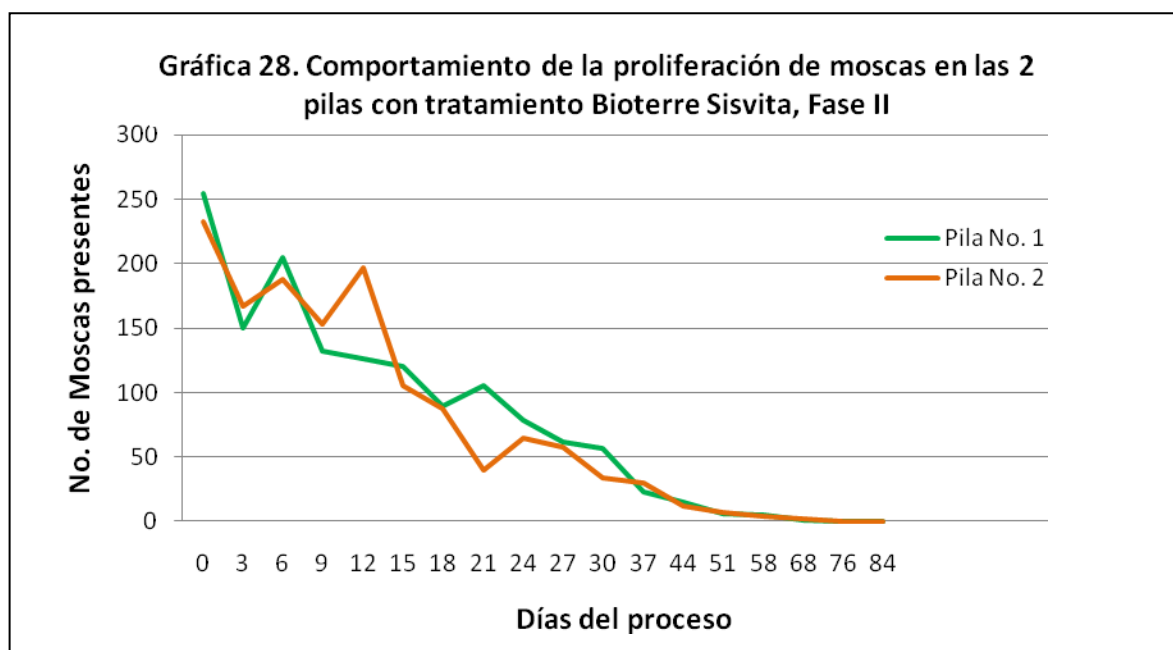


Tabla 22. Numero de moscas contadas en el control del proceso de compostaje mediante la tecnología Bioterre Sisvita durante la segunda fase de la investigación.

FECHA	HORA	T° AMB	HR (%)	No. DE MOSCAS Y MOSQUITOS	
				Pila N° 1.	Pila N° 2.
02/05/2010	09:00 a.m.	30	65	255	233
05/05/2010	03:30 p.m.	26	86	150	167
08/05/2010	10:25 a.m.	26	81	205	188
11/05/2010	02:00 p.m.	27	72	132	153
14/05/2010	08:45 p.m.	29	75	126	197
17/05/2010	01:10 p.m.	25	79	120	105
20/05/2010	09:00 a.m.	25	86	89	87
23/05/2010	03:00 p.m.	26	76	105	40
26/05/2010	10:00 a.m.	28	81	78	65
29/05/2010	02:15 p.m.	29	75	62	58
31/05/2010	02:45 a.m.	27	67	57	34
07/06/2010	01:50 p.m.	25	70	23	30
14/06/2010	12:50 p.m.	24	88	15	12
21/06/2010	09:20 a.m.	27	67	6	7
28/06/2010	08:00 a.m.	21	88	5	4
08/07/2010	02:00 p.m.	29	60	1	2
16/07/2010	05:00 p.m.	29	61	0	0
23/07/2010	02:30 p.m.	20	94	0	0

- **Producción de abono orgánico.:** Una vez se completó la fase de maduración, se procedió a tamizar el material el día 10 de agosto del 2010, utilizando una zaranda de ¼ pulgada, con el propósito de conocer la cantidad de abono que se obtuvo con el tratamiento Bioterre Sisvita.

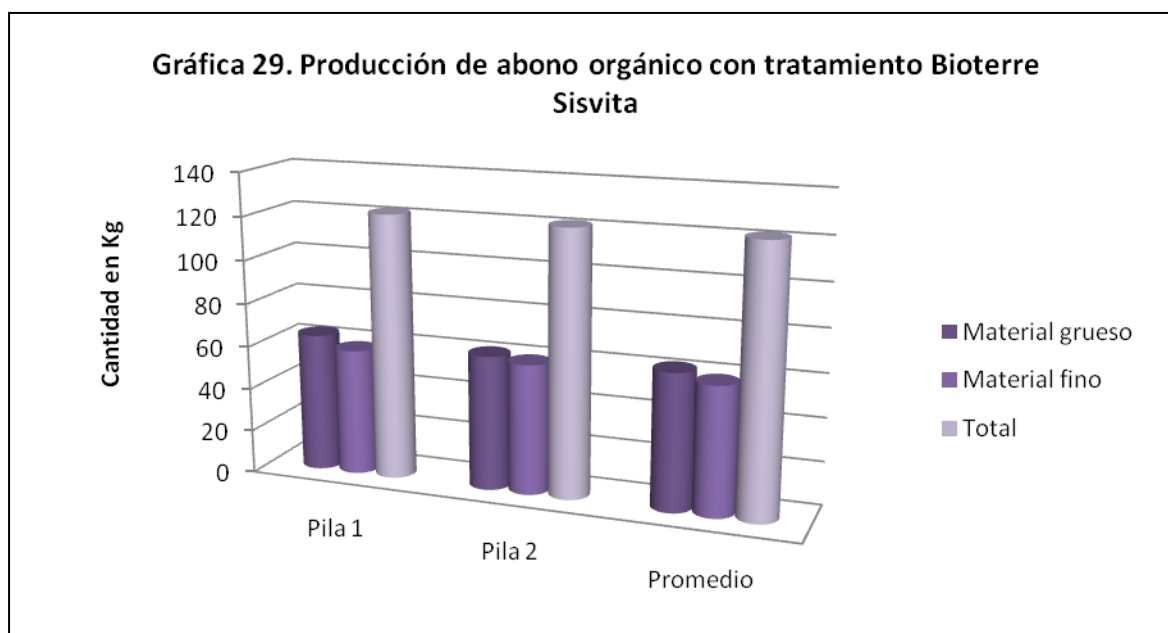


Tabla 23. Producción de abono orgánico obtenido con el tratamiento Bioterre Sisvita

	CANTIDAD DE ABONO OBTENIDO EN Kg		
	Pila 1	Pila 2	Promedio
Material grueso	64,0	62,0	63,0
Material fino	58,5	60,0	59,3
Total	122,5	122,0	122,3

8.3.3. Tratamiento con Tecnología Microorganismos Eficientes. Para la elaboración del compostaje mediante la tecnología de Microorganismos Eficientes, el día miércoles 28 de abril 2010 se inicio el proceso con la recolección del material orgánico del relleno sanitario ubicado en la vereda medio Afán, prosiguiendo el día jueves 29 abril del 2010, realizándose con la ayuda de dos trabajadores los cuales llevaron el materia a la caseta en la cual se hace la debida caracterización y pesado del material para la organización de las 2 pilas de 1000 Kg cada una para un total de material de 2000 Kg siendo éste necesario para la investigación, el cual se encontraba sin picar.

Luego se siguió con la preparación y aplicación del producto; para esto se utilizaron los siguientes materiales:

- 16 Litros de agua
- 4 Litros de EM
- 1 bomba manual
- 1 balde
- 1 embudo

Figura 32. Montaje de las pilas para el proceso de compostaje mediante la tecnología Microorganismos Eficientes.



Para la preparación se agregó los 2 litros de EM en 8 litros de agua por cada pila, revolviendo constantemente hasta obtener una mezcla homogénea; posteriormente se adicionó el producto a la bomba manual por medio de un embudo, y acto seguido se procedió a esparcir el tratamiento en las pilas de compostaje revolviendo el material en la medida que se lo aplicaba, para garantizar que quede bien esparcido.

Una vez formadas las pilas de material a compostar y aplicado el producto se realiza un manejo adecuado, ya que de esto dependerá la calidad del compost. Se hace posteriormente registro en la generación de lixiviados, gases, moscas, comportamiento de la temperatura tanto superficial como profunda y el volteo de las pilas cada 3 días por 30 días; luego se realizó el volteo cada 8 días y después del segundo mes, cada 15 días. Para esto se contó con la ayuda de un trabajador.

La alta acumulación de material orgánico en la caseta de compostaje, atrajo la generación de gran cantidad de moscas, por lo cual fue necesario tapar por algunos días las pilas de compostaje con plástico, dado que se presentaron protestas por parte de la comunidad. El día 5 de abril del 2010, al realizar el debido control se notó una gran generación de lixiviado lo cual se dedujo fue porque el vapor de agua, al no poder ascender a la atmosfera por el plástico, se condensaba y precipitaba nuevamente sobre el material orgánico, produciendo el escurrimiento de lixiviado. Por este motivo, se optó por retirar el plástico, y fue necesario continuar el control de las moscas adicionándole cal a las pilas, en una cantidad aproximada de 500 a 1000 gr por pila, en especial en los lugares donde se notaba la alta presencia de larvas, como en los rincones y junto a la pared.

El día 23 de mayo del 2010 se notó que el volumen de las pilas había disminuido considerablemente. La producción de lixiviados no se presentó más en la pila número 1 pero en la pila 2 todavía se encontró alguna presencia; igualmente al realizar el conteo de las moscas se notó que había pocas moscas y mosquitos.

Además, también se notó que el material en proceso de compostación había perdido humedad; ya no se registró presencia de lixiviados, pero en esta ocasión se registró alta presencia hongos.

Este día se realiza limpieza de las pilas de todo el material inorgánico que se encontraba en ellas, reuniendo un total de 9 Kg de los cuales 5.6 kg fueron de la pila 1 y 3,4 Kg eran de la pila 2. Estos residuos se depositaron en el relleno sanitario para la debida disposición final. Esta actividad se hizo con el objeto de obtener un abono orgánico más limpio de plásticos.

Figura 33. Proceso de la preparación del Tratamiento con Microorganismos Eficientes EM



Figura 34. Reducción del volumen del material orgánico en las pilas con Tratamiento Microorganismos Eficientes, luego de un mes de proceso.



Figura 35. Aplicación del Tratamiento con Microorganismos Eficientes y volteo del material orgánico.



Figura 36. Material orgánico en proceso de compostaje con tratamiento Microorganismos Eficientes, con presencia de hongos.



Figura 37. Toma de temperatura y sistema de conteo de moscas durante las primeras semanas de tratamiento con Microorganismos Eficientes.



- **Generación de Lixiviados.** Durante las tres (3) primeras semanas de proceso hubo presencia de lixiviados, debido a que el material estaba fresco y en proceso de descomposición; también se registró un aumento de lixiviados durante la semana que se taparon las pilas con plástico, como medida de control de la proliferación de moscas.
- **Generación de gases y olores.** No se percibieron en forma significativa durante la fase experimental; únicamente el vapor de agua, cuando las pilas no se taparon con el plástico para el control de moscas.
- **Conteo de Moscas.** Para el conteo de moscas se utilizaron platos desechables con pegante para moscas en cada pila. Estos platos se colocaron sobre cada una de las pilas durante un tiempo de 30 minutos, y luego se procedió a realizar el conteo de cada uno, registrando los datos que se presentan en la grafica 30 y tabla 24.

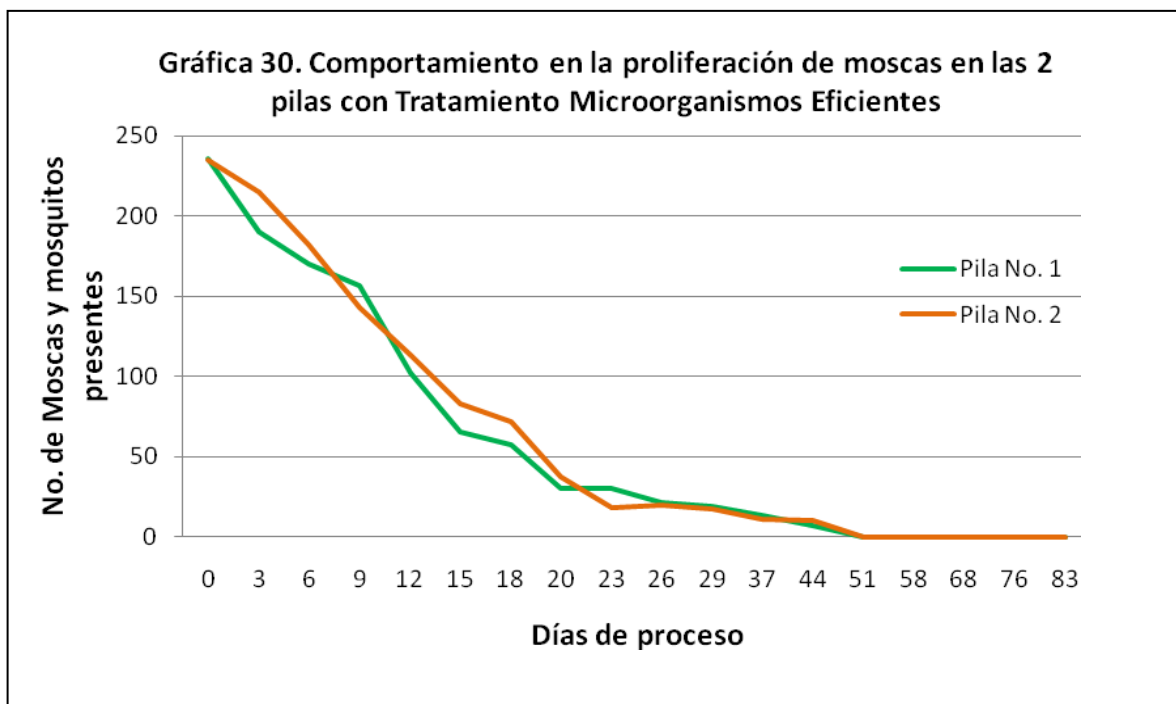


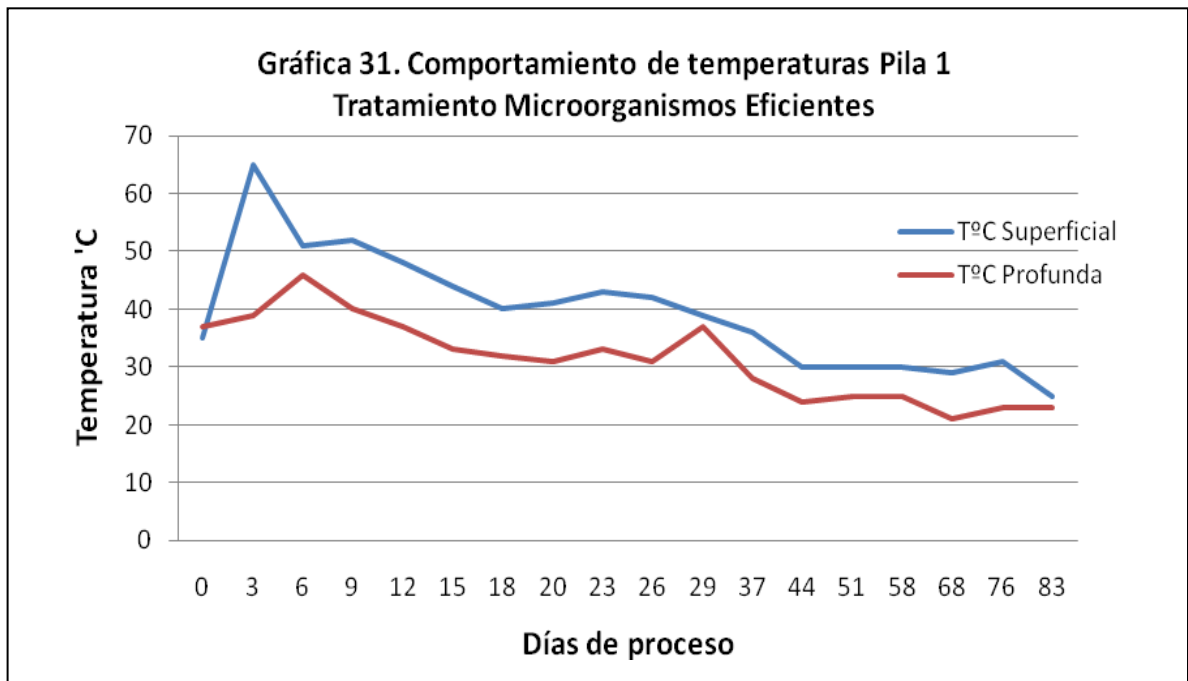
Tabla 24. Control del número de moscas de las pilas de la tecnología microorganismos eficientes

FECHA	HORA	T° AMB (°C)	HR (%)	No. De Moscas y Mosquitos	
				Pila 1	Pila 2
29/04/2010	10:30 a.m.	27	81	236	235
02/05/2010	09:33 a.m.	28	77	190	215
05/05/2010	02:00 p.m.	28	72	170	182
08/05/2010	08:00 a.m.	22	95	157	143
11/05/2010	02:00 p.m.	27	72	102	113
14/05/2010	09:20 a.m.	21	91	65	83
17/05/2010	08:00 a.m.	23	94	57	72
20/05/2010	12:49 p.m.	30	69	30	37
23/05/2010	08:00 a.m.	23	94	30	18
26/05/2010	01:00 p.m.	27	76	21	20
29/05/2010	12:55 p.m.	24	92	19	17
07/06/2010	01:50 p.m.	25	70	13	11
14/06/2010	12:50 p.m.	28	67	7	10
21/06/2010	09:20 a.m.	24	77	0	0
28/06/2010	08:00 a.m.	22	85	0	0
08/07/2010	02:00 p.m.	29	55	0	0
16/07/2010	05:00 p.m.	28	68	0	0
23/07/2010	02:30 p.m.	20	94	0	0

- **Comportamiento en las Temperaturas.** Se realizó teniendo en cuenta la temperatura superficial y profunda en cada una de las pilas. Obteniendo los resultados que se presentan en la tabla 25 y gráficas 31 y 32.

Tabla 25. Registro de temperaturas en las pilas con Tratamiento Microorganismos Eficientes durante la Fase II de la Investigación.

FECHA	HORA	T° AMB (°C)	HR (%)	PILA 1		PILA 2	
				T°C SUPERFICIAL	T°C PROFUNDA	T°C SUPERFICIAL	T°C PROFUNDA
29/04/2010	10:30 a.m.	27	81	35	37	36	37
02/05/2010	09:33 a.m.	28	77	65	39	49	48
05/05/2010	02:00 p.m.	28	72	51	46	55	45
08/05/2010	08:00 a.m.	22	95	52	40	45	35
11/05/2010	02:00 p.m.	27	72	48	37	37	32
14/05/2010	09:20 a.m.	21	91	44	33	34	30
17/05/2010	08:00 a.m.	23	94	40	32	40	26
20/05/2010	12:49 p.m.	30	69	41	31	40.5	31
23/05/2010	08:00 a.m.	23	94	43	33	40	28
26/05/2010	01:00 p.m.	27	76	42	31	38	29
29/05/2010	12:55 p.m.	24	92	39	37	35	30
07/06/2010	01:50 p.m.	25	70	36	28	33	28
14/06/2010	12:50 p.m.	28	67	30	24	30	25
21/06/2010	09:20 a.m.	24	77	30	25	30	24
28/06/2010	08:00 a.m.	22	85	30	25	29	25
08/07/2010	02:00 p.m.	29	55	29	21	29	21
16/07/2010	05:00 p.m.	28	68	31	23	30	23
23/07/2010	02:30 p.m.	20	94	25	23	25	23



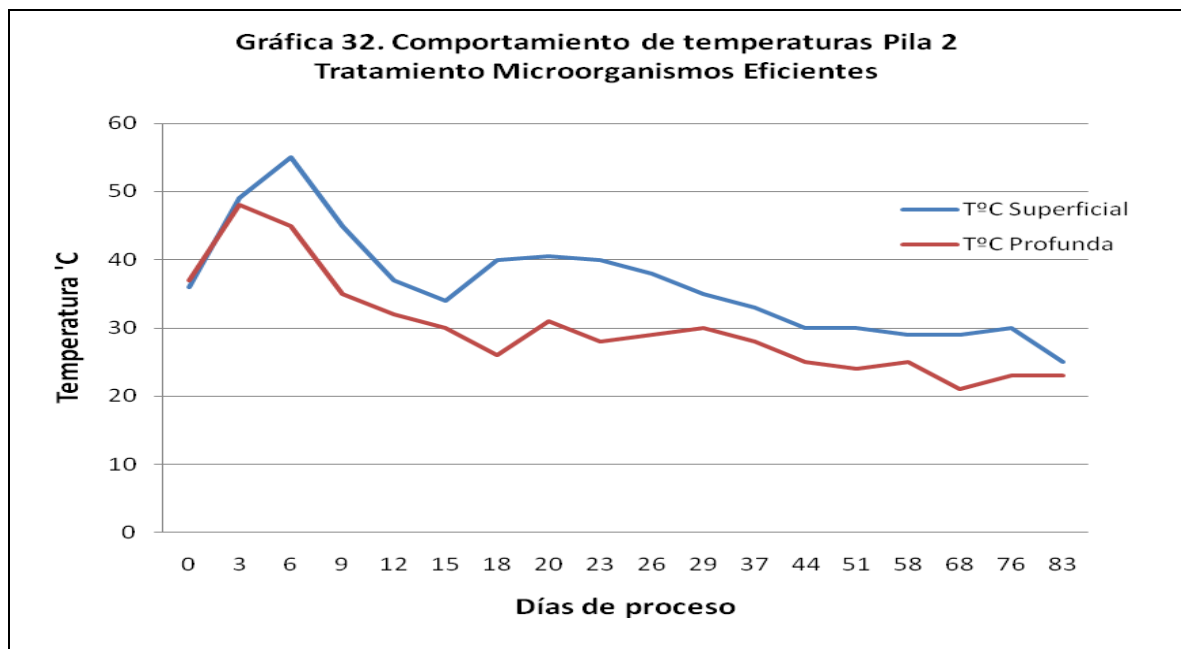


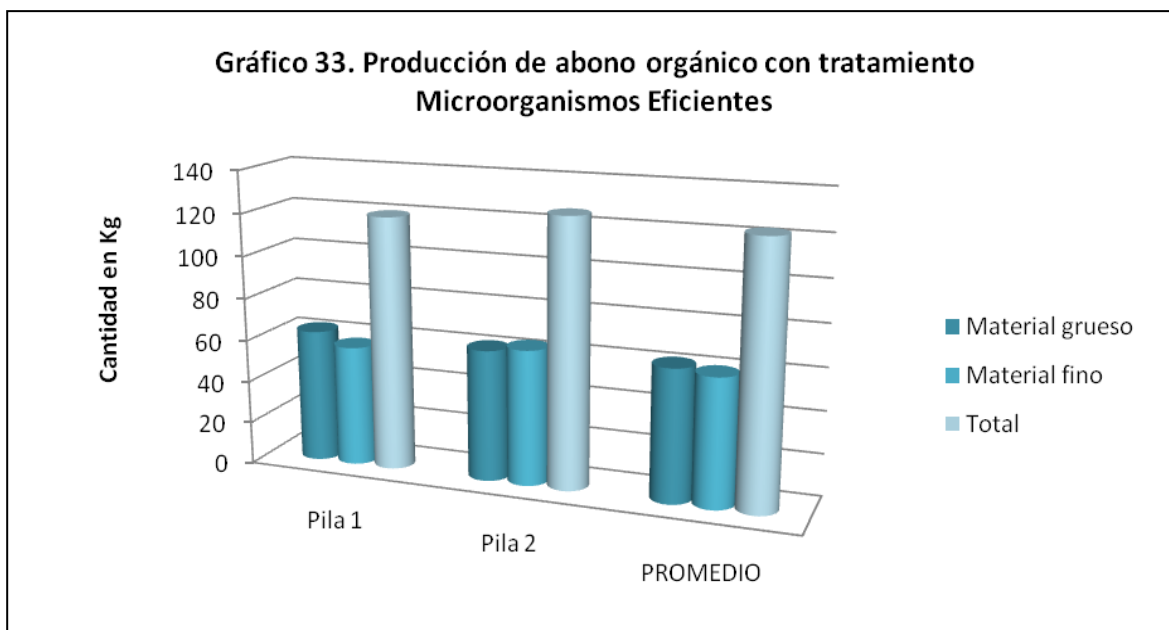
Tabla 26. Temperaturas máximas y mínimas registradas en las pilas con Tratamiento Microorganismos Eficientes

Tº	Tº SUPERFICIAL		Tº PROFUNDA	
	PILA Nº 1	PILA Nº 2	PILA Nº 1	PILA Nº 2
MAXIMA	65 ^a c.	49 ^a c.	46°C	48°C
MINIMA	30 ^a c	34°C	24 ^a °C	25°C

- **Producción de abonos orgánicos.** Para determinar la cantidad de producción de abono, durante la II fase, en las pilas con EM, se procedió a tamizar el material el día 10, empleando una zaranda de ¼ de pulgada; obteniendo, los resultados que se muestran en la tabla 27, y grafica 33 referentes a producción de abono.

Tabla 27. Producción de abono orgánico obtenido con el Microorganismos Eficientes.

	CANTIDAD DE ABONO OBTENIDO EN Kg		
	Pila 1	Pila 2	Promedio
Material grueso	63	62	62,5
Material fino	57	64	60,5
Total	120	126	123



8.3.4 Tratamiento Testigo. Con el propósito de tener un punto de comparación o referencia de la efectividad de los tratamientos con las tecnologías Biostar Aquaclean, Bioterre Sisvita, Microorganismos Eficientes y Caldos Microbianos, se realizó igualmente un tratamiento testigo, que consistió en poner a compostar igual cantidad de materia orgánica a la cual no se le aplicó ningún producto; únicamente cal, en su fase inicial como medida de control de moscas, dado que por los días del experimento había una gran invasión de estas plagas en el sitio, lo cual conllevó muchas quejas por parte de la comunidad de los alrededores del lugar. El proceso realizado fue igual al anterior, en lo referente a la realización de los volteos, toma de temperaturas y registro de factores ambientales y del comportamiento de las pilas de compostaje.

- **Generación de lixiviados.** Al igual que en los procesos anteriores, durante la segunda y tercera semanas del proceso se registró gran cantidad de lixiviado proveniente del material orgánico, especialmente en los días en que se taparon las pilas con plástico como medida de control de la proliferación de moscas.
- **Generación de Gases y Olores.** Durante el proceso de compostaje, no se registró presencia de gases y olores significativos, únicamente el vapor de agua en los primeros días del proceso cuando no se cubrió las pilas con plástico para el control de las moscas.

- **Proliferación de moscas y mosquitos.** La tabla 28 y gráfica 34 permiten apreciar el comportamiento en la proliferación de moscas durante los 3 meses del proceso de compostaje con Tratamiento Testigo.

Tabla 28. Registro de generación y proliferación de moscas y mosquitos en las pilas con Tratamiento Testigo durante la Fase II.

FECHA	DIAS	Tº AMB	HR (%)	No. DE MOSCAS Y MOSQUITOS	
				Pila 1	Pila 2
27/04/2010	0	31	62	281	212
30/04/2010	3	27	85	152	175
03/05/2010	6	25	91	107	121
07/05/2010	10	25	86	119	99
10/05/2010	13	23	93	68	63
13/05/2010	16	23	88	40	51
16/05/2010	19	26	81	29	32
19/05/2010	22	28	76	36	53
22/05/2010	25	30	67	17	46
25/05/2010	28	29	70	18	27
28/05/2010	31	26	67	14	17
07/06/2010	40	26	82	11	10
14/06/2010	47	29	61	0	0
21/06/2010	54	27	67	0	0
28/06/2010	61	21	88	0	0
08/07/2010	71	29	60	0	0
16/07/2010	79	29	61	0	0
23/07/2010	86	20	94	0	0

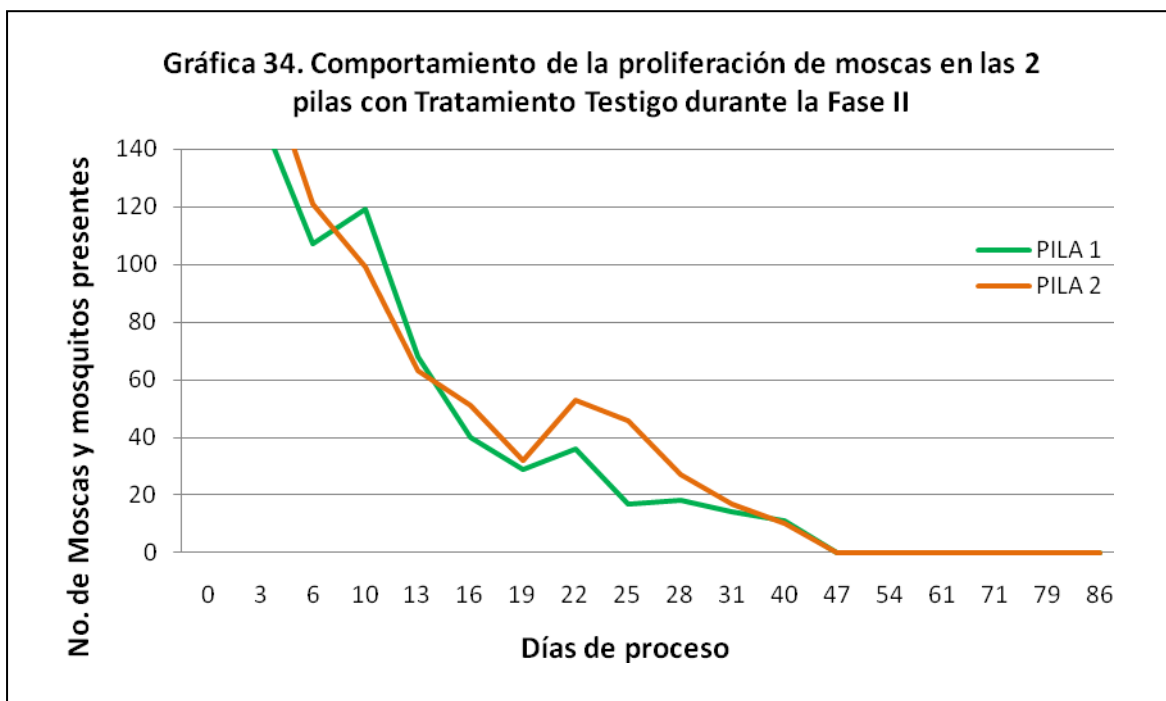


Figura 38. Retiro de material inorgánico del material a compostar.



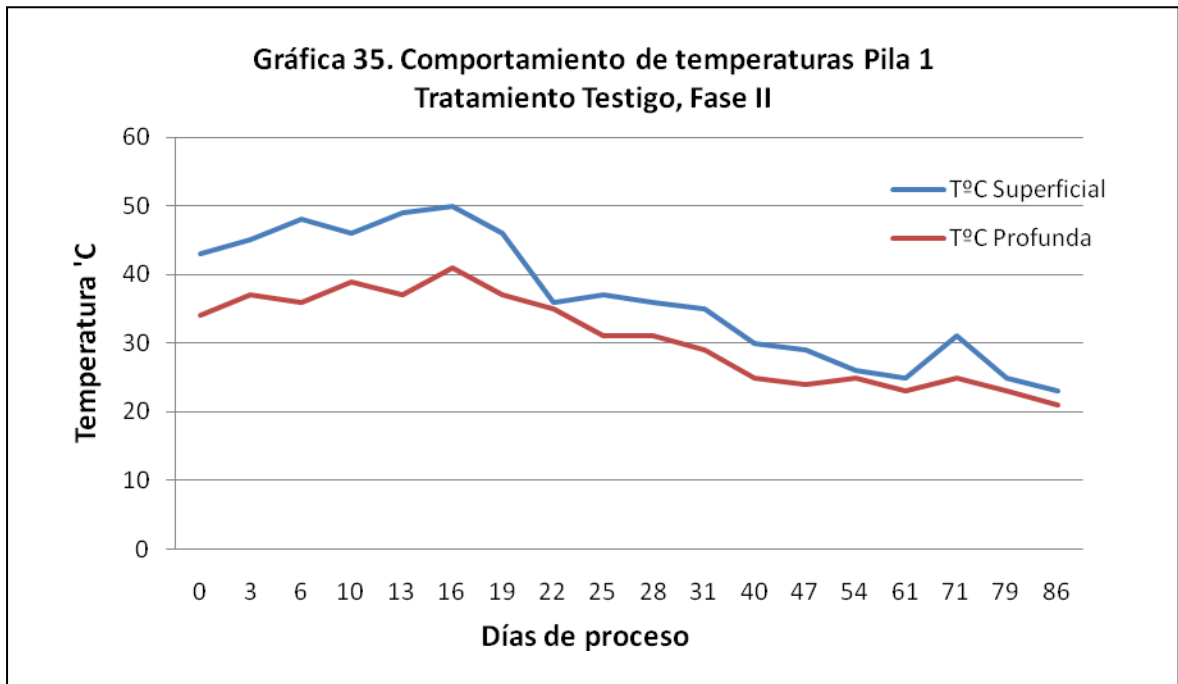
Figura 39. Organización inicial de pilas de compostaje, conteo de moscas, y verificación de generación de lixiviados luego de la aplicación de cal para el control de las moscas.

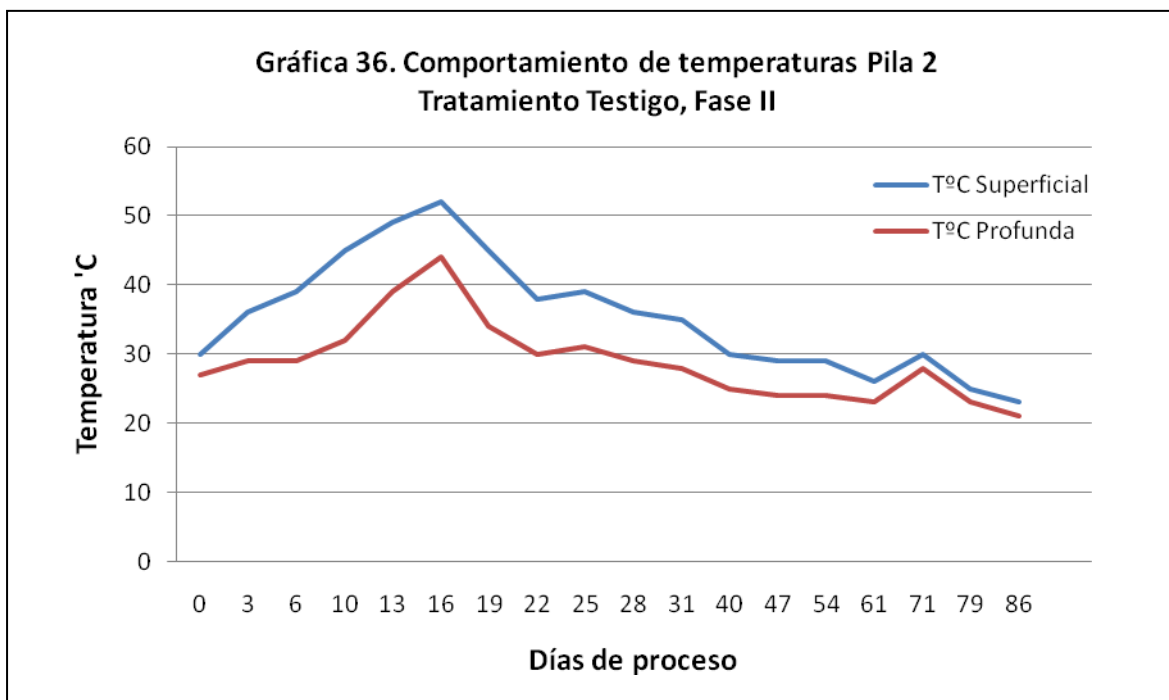


- **Comportamiento de las temperaturas.** En la tabla 29 y gráficas 35 y 36 se indica el comportamiento de las temperaturas obtenidas durante los 3 meses del proceso de compostaje, mediante los continuos controles realizados

Tabla 29. Comportamiento de temperaturas en las pilas con tratamiento Testigo durante la fase II de la Investigación.

FECHA	DIAS	T° AMB	HR (%)	PILA 1		PILA 2	
				T°C Superficial	T°C Profunda	T°C Superficial	T°C Profunda
27/04/2010	0	31	62	43	34	30	27
30/04/2010	3	27	85	45	37	36	29
03/05/2010	6	25	91	48	36	39	29
07/05/2010	10	25	86	46	39	45	32
10/05/2010	13	23	93	49	37	49	39
13/05/2010	16	23	88	50	41	52	44
16/05/2010	19	26	81	46	37	45	34
19/05/2010	22	28	76	36	35	38	30
22/05/2010	25	30	67	37	31	39	31
25/05/2010	28	29	70	36	31	36	29
28/05/2010	31	26	67	35	29	35	28
07/06/2010	40	26	82	30	25	30	25
14/06/2010	47	29	61	29	24	29	24
21/06/2010	54	27	67	26	25	29	24
28/06/2010	61	21	88	25	23	26	23
08/07/2010	71	29	60	31	25	30	28
16/07/2010	79	29	61	25	23	25	23
23/07/2010	86	20	94	23	21	23	21





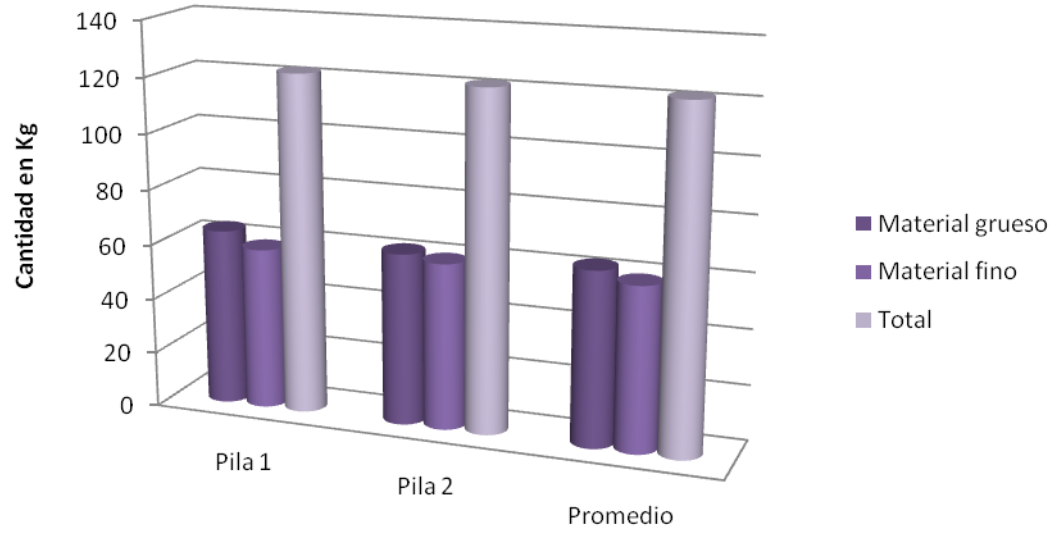
- **Producción de abono orgánico.** la cantidad de abono orgánico, obtenido durante la II fase de la investigación con tratamiento testigo, se determinó mediante el tamizaje del material el día 10 de agosto empleando una zaranda de ¼ de pulgada;

En la tabla 30 y la grafica 37, se aprecia e ilustra los valores totales obtenidos en el cierre de la segunda fase mediante la tecnología del compostaje natural.

Tabla 30. Producción de abono orgánico obtenido con el testigo.

	CANTIDAD DE ABONO OBTENIDO EN Kg		
	Pila 1	Pila 2	Promedio
Material grueso	62,0	59,0	60,5
Material fino	65,0	63,0	64,0
Total	127,0	122,0	124,5

Gráfico 37. Producción de abono orgánico con tratamiento Testigo



9. ANALISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados obtenidos durante el proceso investigativo se realiza inicialmente por fases para cada uno de los tratamientos, y finalmente se conjugan los resultados obtenidos en las 2 fases; a partir de lo cual se plantean las conclusiones respectivas.

Los parámetros analizados son:

- Grado de temperatura máxima y mínima lograda
- Proliferación de vectores
- Generación de gases y olores
- Generación de lixiviados.
- Tiempo de maduración
- Costos versus tiempo de maduración
- Características fisicoquímicas, biológicas y de metales pesados de los productos obtenidos

Respecto a la calidad de los productos obtenidos, se realizará teniendo en cuenta lo reglamentado en la norma NTC 5167 del 2004 expedida por el ICONTEC y el Reglamento Técnico de Agua y Saneamiento Básico RAS 2000.

9.1 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA FASE I

9.1.1 Grado de temperatura máxima y mínima lograda. De acuerdo con Jaramillo H. Gladys y Zapata M. Liliana³¹, en el proceso de compostaje, son los microorganismos los responsables de la transformación del sustrato; por lo tanto, todos aquellos factores que puedan inhibir su crecimiento y desarrollo, afectarán también el proceso. Uno de tales factores es la temperatura que como se citó en el marco teórico, durante el proceso de compostaje se presentan diferentes etapas, en las cuales intervienen organismos diferentes cumpliendo un papel importante en cada caso.

Diferentes actores consultados, difieren en la amplitud del rango de temperatura que oscila entre las diferentes fases del compostaje, por éste motivo, para los análisis pertinentes se tomarán de referencia las citadas por las investigadoras citadas en su monografía *Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia*.

³¹Jaramillo H. Gladys y Zapata M. Liliana, Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia, Monografía para optar el título de Especialistas en Gestión Ambiental, Universidad de Antioquia, 2008.

Por esta razón, para cada uno de los tratamientos desarrollados en las fases I y II de la investigación, se promedió los datos registrados para las temperaturas superficiales (a 15 cm del borde de la pila) y profunda (a 60 cm del borde de la pila), para posteriormente comparar los resultados obtenidos en todos los tratamientos por fase, y en última instancia entre las dos fases realizadas, a partir de lo cual se hacen los juzgamientos respectivos.

De esta manera, se presentan a continuación en las tablas y gráficas siguientes, los datos promediados de las temperaturas superficial y profunda en las pilas de cada uno de los tratamientos realizados durante la fase I.

Los datos consignados en la tabla 31 y gráfica 38 permiten apreciar que en las 3 pilas con tratamiento Biostar Aquaclean la fase mesófila se presentó antes de los 3 primeros días del proceso donde la temperatura subió de los 30 a los 50 grados centígrados; la fase termófila duró aproximadamente 12 días, presentandose entre el 3 y 15 día del proceso, con temperaturas que oscilaron entre los 59°C y 49°C.

La fase de enfriamiento duró 28 días y se presentó entre el 15 y 43 día del proceso donde las temperaturas descendieron de los 43°C a los 30°C; y la fase de maduración duró aproximadamente 28 días, presentandose entre el 43 y 71 días del proceso, en la cual la temperatura de las pilas descendió de los 30°C a los 25°C estabilizando el material orgánico.

Tabla 31. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean, durante el desarrollo de la fase I.

FECHA	DIAS	PROMEDIO		FECHA	DIAS	PROMEDIO	
		T°C Superficial	T°C Profunda			T°C Superficial	T°C Profunda
19/03/2010	0	31,0	34,3	14/04/2010	26	35,3	31,7
22/03/2010	3	59,0	53,0	14/04/2010	26	29,7	26,3
25/03/2010	6	53,7	52,3	17/04/2010	29	36,0	33,0
28/03/2010	9	52,3	50,7	20/04/2010	32	34,0	32,0
31/03/2010	12	50,0	46,3	23/04/2010	35	30,7	29,3
03/04/2010	15	49,0	43,3	01/05/2010	43	30,0	26,7
06/04/2010	18	39,7	37,3	09/05/2010	51	27,3	21,0
09/04/2010	21	36,7	34,0	17/05/2010	59	25,3	19,7
12/04/2010	24	34,3	31,3	29/05/2010	71	25,3	20,0

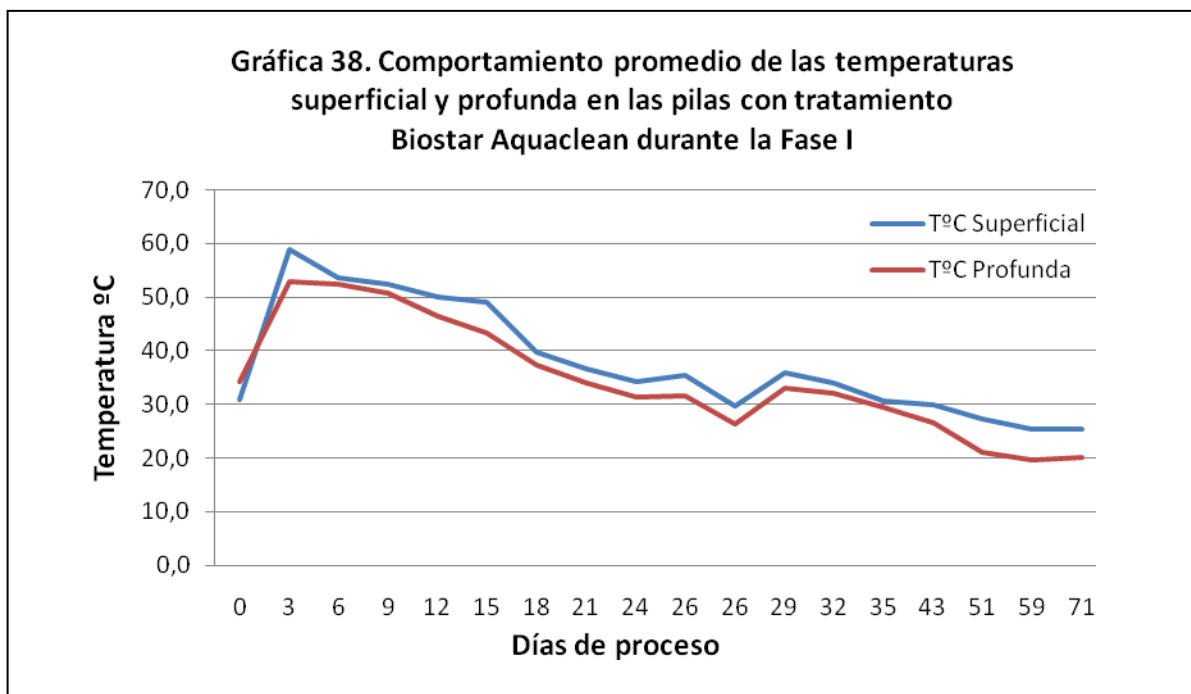


Tabla 32. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Microorganismos Eficientes, durante el desarrollo de la fase I.

FECHA	DIAS	PROMEDIO		FECHA	DIAS	PROMEDIO	
		T°C Superficial	T°C Profunda			T°C Superficial	T°C Profunda
25/03/2010	0	34,3	30,7	17/04/2010	23	36,7	32,3
28/03/2010	3	63,3	59,7	20/04/2010	26	33,7	32,0
31/03/2010	6	59,0	49,7	23/04/2010	29	31,3	30,0
03/04/2010	9	51,3	48,0	01/05/2010	37	31,0	27,0
06/04/2010	12	40,0	34,7	09/05/2010	45	28,7	20,3
09/04/2010	15	39,7	37,3	17/05/2010	53	32,0	30,0
12/04/2010	18	39,3	36,7	24/05/2010	60	28,3	26,3
14/04/2010	20	36,7	34,3	30/05/2010	66	27,7	23,3
17/04/2010	23	36,7	32,3	07/06/2010	74	27,7	21,0

En las pilas con tratamiento Microorganismos Eficientes, se encontró que la fase mesófila igualmente se presentó antes de los 3 días del proceso, donde las temperaturas ascendieron desde los 30°C hasta los 63°C; la fase termófila duró aproximadamente 9 días del 3 al 12 día del proceso, en los cuales la temperatura descendió desde los 63°C hasta aproximadamente los 40°C; la fase de enfriamiento duró aproximadamente 25 días desde el 12 al 37 día del proceso, en la cual la temperatura descendió desde los 40°C hasta los 31°C; y la fase de

maduración duró aproximadamente 37 días, en los cuales, las temperaturas de las pilas de compostaje descendieron desde los 31°C hasta los 27°C.

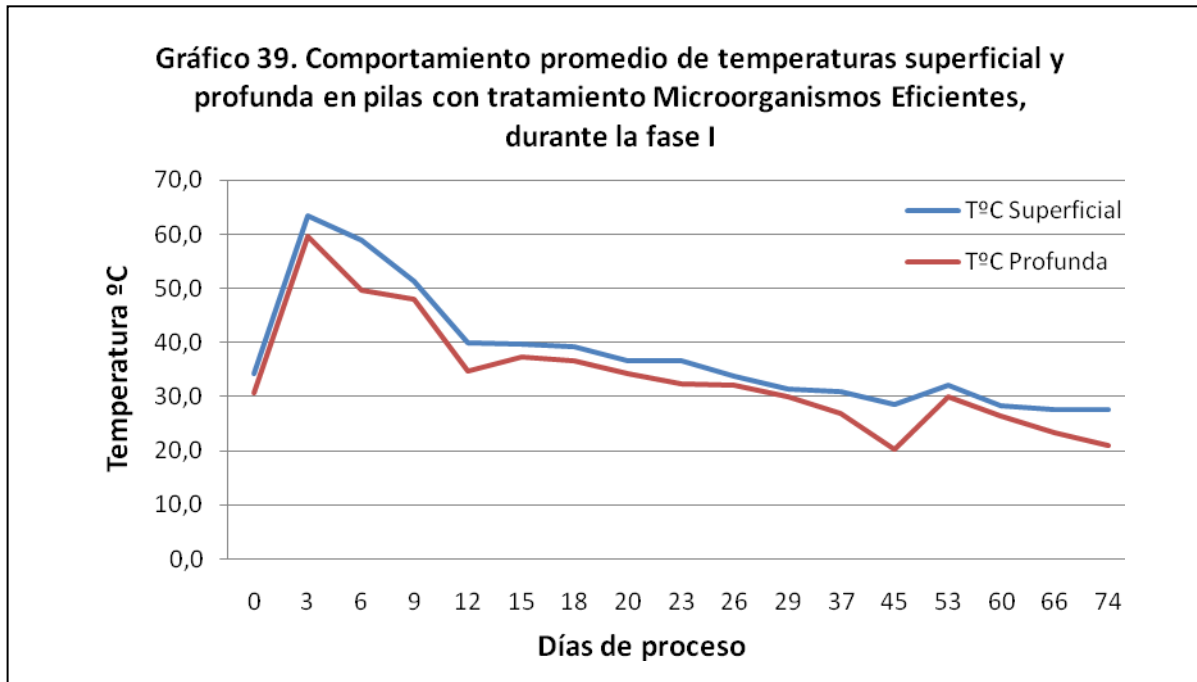


Tabla 33. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Bioterre Sisvita, durante el desarrollo de la fase I.

FECHA	DIAS	PROMEDIO		FECHA	DIAS	PROMEDIO	
		T°C Superficial	T°C Profunda			T°C Superficial	T°C Profunda
31/03/2010	0	36,3	37,3	20/04/2010	20	40,0	36,7
03/04/2010	3	52,0	48,0	23/04/2010	23	38,3	36,0
06/04/2010	6	45,0	40,7	26/04/2010	26	36,0	35,3
07/04/2010	7	47,7	43,7	01/05/2010	31	34,3	32,3
09/04/2010	9	50,3	45,7	09/05/2010	39	29,7	21,7
12/04/2010	12	44,3	43,0	17/05/2010	47	28,0	21,7
14/04/2010	14	28,7	27,3	24/05/2010	55	28,3	22,7
17/04/2010	17	43,3	38,3	30/05/2010	61	28,0	22,3
20/04/2010	20	40,0	36,7	07/06/2010	68	28,0	21,0

En las pilas con tratamiento Bioterre Sisvita, se encontró que la fase mesófila igualmente se presentó antes de los 3 días del proceso, donde las temperaturas ascendieron desde los 36°C hasta los 52°C; la fase termófila duró aproximadamente 9 días del 3 al 12 día del proceso, en los cuales la temperatura descendió desde los 52°C hasta aproximadamente los 44°C; la fase de enfriamiento duró aproximadamente 27 días desde el 12 al 39 día del proceso, en

la cual la temperatura descendió desde los 44°C hasta los 29°C; y la fase de maduración duró aproximadamente 29 días, en los cuales, las temperaturas de las pilas de compostaje descendieron desde los 29°C hasta los 28°C.

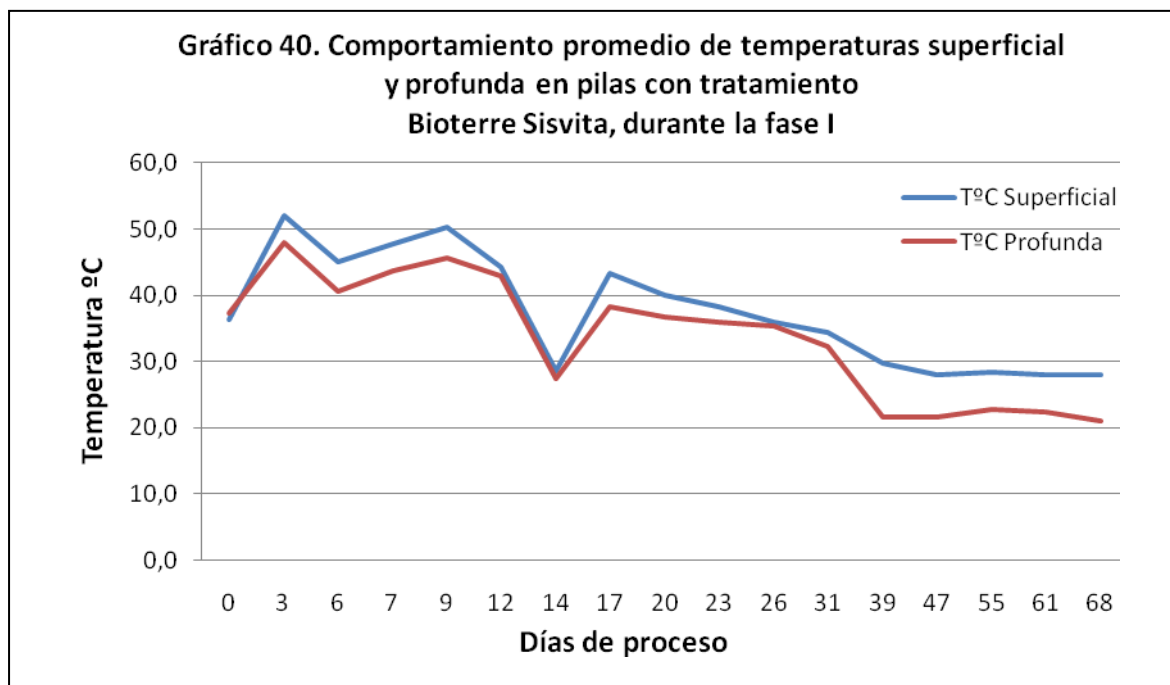
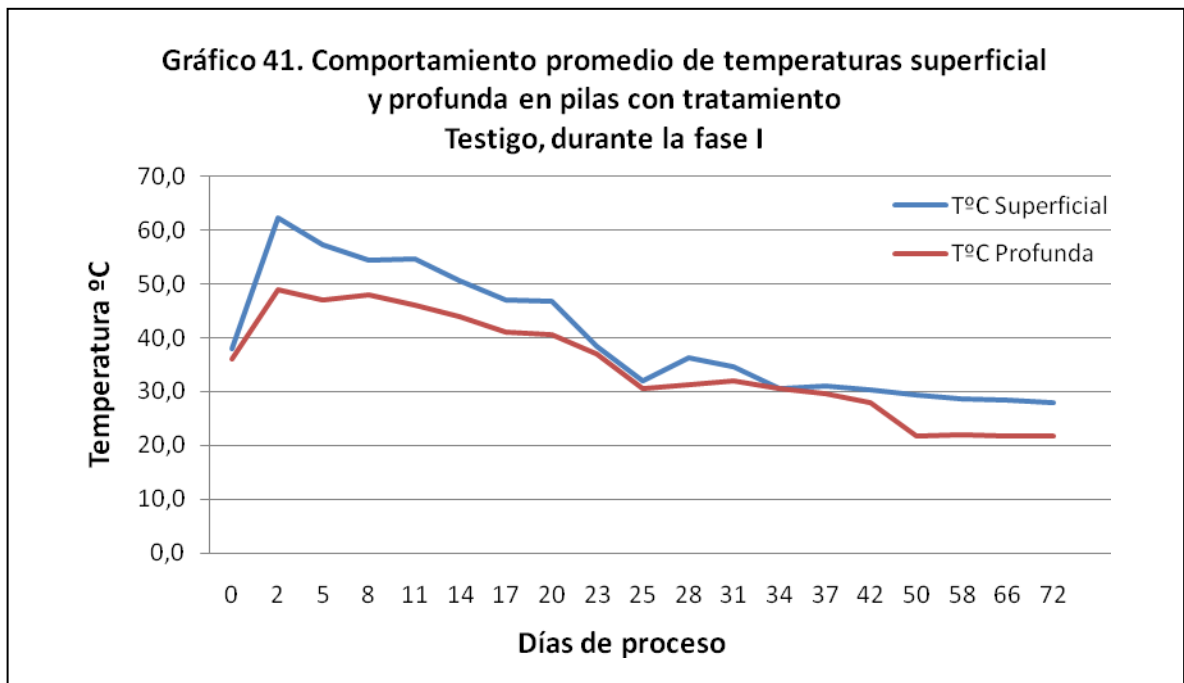


Tabla 34. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Testigo, durante el desarrollo de la fase I.

FECHA	DIAS	PROMEDIO		FECHA	DIAS	PROMEDIO	
		T°C Superficial	T°C Profunda			T°C Superficial	T°C Profunda
20/03/2010	0	38,0	36,0	14/04/2010	25	32,0	30,7
22/03/2010	2	62,3	49,0	17/04/2010	28	36,3	31,3
25/03/2010	5	57,3	47,0	20/04/2010	31	34,7	32,0
28/03/2010	8	54,3	48,0	23/04/2010	34	30,7	30,7
31/03/2010	11	54,7	46,0	26/04/2010	37	31,0	29,7
03/04/2010	14	50,7	44,0	01/05/2010	42	30,3	28,0
06/04/2010	17	47,0	41,0	09/05/2010	50	29,3	21,7
09/04/2010	20	46,7	40,7	17/05/2010	58	28,7	22,0
12/04/2010	23	38,3	37,0	24/05/2010	66	28,3	21,7
14/04/2010	25	32,0	30,7	30/05/2010	72	28,0	21,7

En las pilas con tratamiento Testigo, se encontró que la fase mesófila igualmente se presentó antes de los 3 días del proceso, donde las temperaturas ascendieron desde los 36°C hasta los 62°C; la fase termófila duró aproximadamente 17 días

del 3 al 20 día del proceso, en los cuales la temperatura descendió desde los 62°C hasta aproximadamente los 46°C; la fase de enfriamiento duró aproximadamente 22 días desde el 20 al 42 día del proceso, en la cual la temperatura descendió desde los 46°C hasta los 30°C; y la fase de maduración duró aproximadamente 30 días, en los cuales, las temperaturas de las pilas de compostaje descendieron desde los 30°C hasta los 28°C.

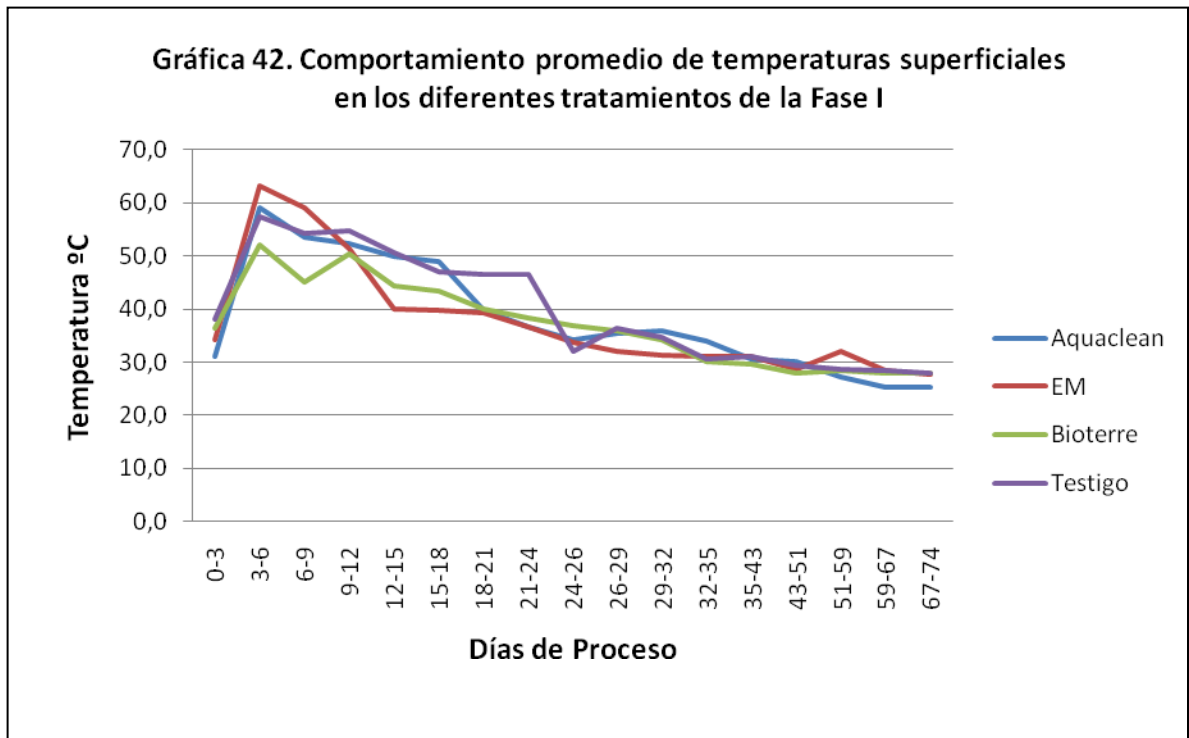


En la tabla 35 se consolidan los días de duración de cada una de las fases del proceso de compostaje para los diferentes tratamientos, a partir del comportamiento de las temperaturas superficiales que se muestra en la gráfica 42.

Tabla 35. Comparación de la duración de las diferentes fases del compostaje en los tratamientos empleados en la fase I. en relacion con la temperatura superficial.

Tratamiento	DURACIÓN DE LAS FASES DEL COMPOSTAJE EN DÍAS			
	Fase Mesófila	Fase Termófila	Fase de Enfriamiento	Fase de Maduración
Biostar Aquaclean	< 3 días	12 días	28 días	28 días
Microorganismos Eficientes - EM	< 3 días	9 días	25 días	37 días
Bioterre Sisvita	< 3 días	9 días	27 días	29 días
Testigo	< 3 días	17 días	22 días	30 días

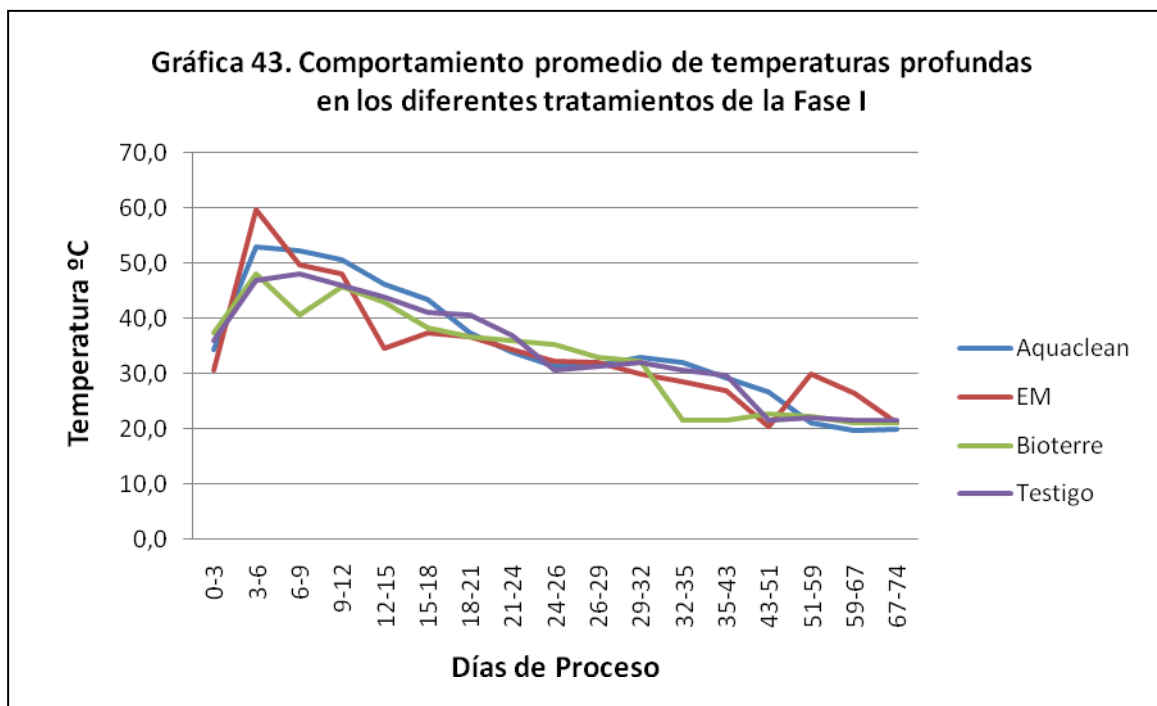
Como puede apreciarse en la tabla 35, la fase mesófila de todos los tratamientos se presentó antes del 3 día de proceso; la mayor variación se presentó en la duración de las fases termófila, donde se presentó una duración menor en el caso de los tratamientos EM y Bioterre Sisvita con 3 y 8 días de diferencia de los tratamientos Biostar Aquaclean y Testigo; y la variación en las fases de enfriamiento y maduración que fue de 6 y 9 días respectivamente.



Mediante el análisis del comportamiento de las temperaturas profundas, se determina la duración de todas las fases del proceso de compostaje para los diferentes tratamientos, como se muestra en la tabla 36 y grafica 43.

Tabla 36. Comparación de la duración de las diferentes fases del proceso de compostaje en los tratamientos empleados en la fase I, respecto a la temperatura profunda.

Tratamiento	Duración de las fases del compostaje en días			
	Fase Mesófila	Fase Termófila	Fase de Enfriamiento	Fase de Maduración
Biostar Aquaclean	< 3 días	9 días	23 días	34 días
Microorganismos Eficientes - EM	< 3 días	9 días	20 días	42 días
Bioterre Sisvita	< 3 días	12 días	20 días	42 días
Testigo	< 3 días	18 días	17 días	39 días



El análisis de los datos de la tabla 35 y la gráfica 43 permiten deducir que la duración de la fase mesofila en los 4 tratamientos duró menos de 3 días; la duración de las fases termofila en los tratamientos Biostar y Microorganismos eficientes duró 9 días, 12 días en el caso del tratamiento Bioterre y 18 días en el caso del tratamiento testigo. En el caso de la fase de enfriamiento no hubo diferencia significativa en todos los tratamientos, pues ésta duró de 17 a 23 días, con tan solo 6 días de diferencia entre los tratamientos Biostar y Testigo, que fueron los tratamientos que presentaron mayor variación, y duró de 34 a 42 días entre los diferentes tratamientos, con una diferencia poco significativa, tan solo de 8 días entre los tratamientos que registraron los tiempos extremos.

9.1.2. Proliferación de vectores. Para el análisis sobre la proliferación de vectores, igualmente se procedió a promediar la cantidad registrada en todas las pilas de cada tratamiento.

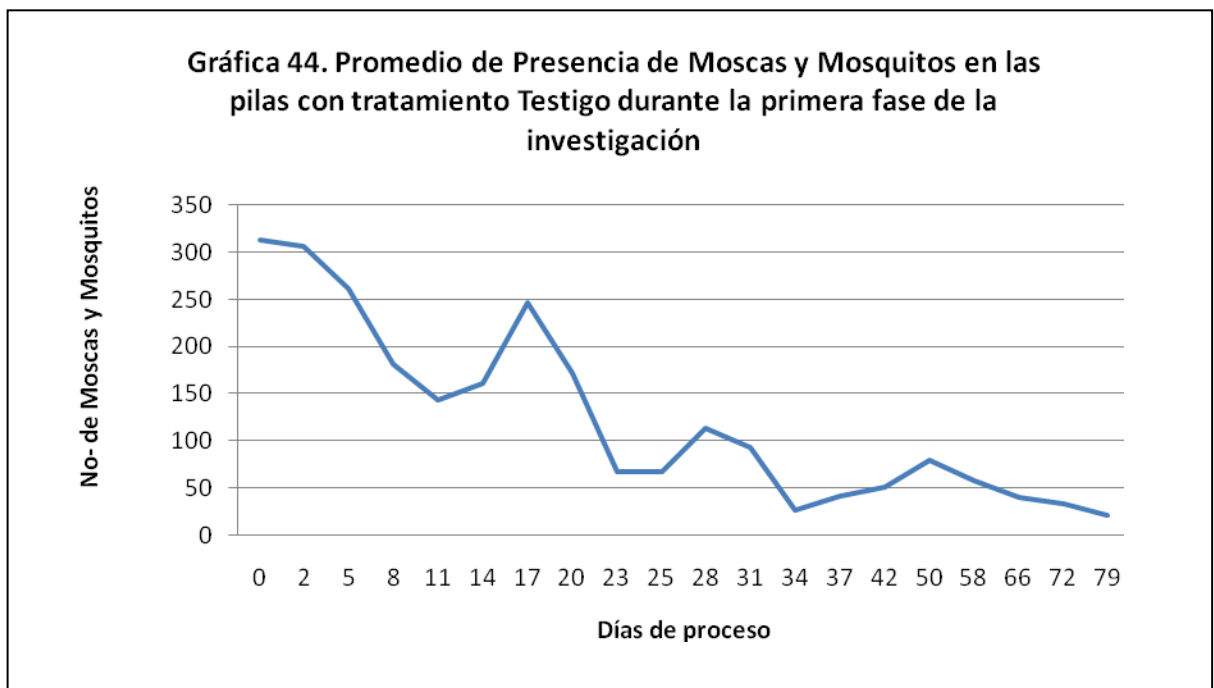
En las tablas y gráficas siguientes se presentan los promedios calculados para cada uno de los tratamientos empleados en la investigación.

La proliferación de vectores durante la fase I, en las pilas con tratamiento Testigo tuvo grandes variaciones durante todo el proceso de descomposición de la materia orgánica, encontrándose el mayor número de vectores durante los primeros 5 días, y unas elevaciones significativas durante los días 15 y 28. También se puede decir que la presencia de vectores disminuyó y se estabilizó durante los días 50 a

79 del proceso, es decir cuando el proceso de compostaje se encontraba en la fase de maduración y la descomposición de la materias orgánica se había completado en su totalidad. Véase tabla 37 y gráfica 44.

Tabla 37. Proliferación de vectores en el tratamiento Testigo durante la fase I.

FECHA	DIAS	PROMEDIO		FECHA	DIAS	PROMEDIO	
		N° VECTORES	N° VECTORES				
20/03/2010	0	312		17/04/2010	28	113	
22/03/2010	2	306		20/04/2010	31	93	
25/03/2010	5	262		23/04/2010	34	26	
28/03/2010	8	182		26/04/2010	37	41	
31/03/2010	11	143		01/05/2010	42	51	
03/04/2010	14	161		09/05/2010	50	79	
06/04/2010	17	246		17/05/2010	58	58	
09/04/2010	20	172		24/05/2010	66	40	
12/04/2010	23	67		30/05/2010	72	33	
14/04/2010	25	67		07/06/2010	79	20	

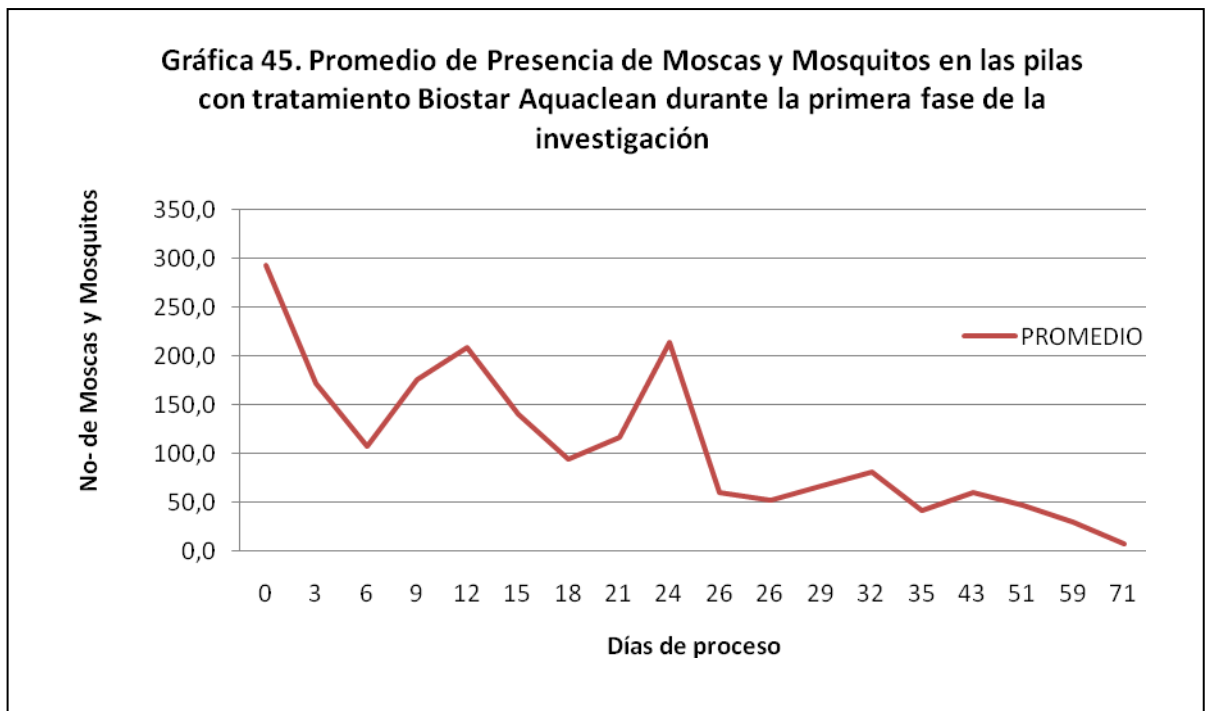


El número de vectores encontrados en cada una de las pilas de la tecnología Biostart Aquaclean, fue muy significativo a lo largo de todo el proceso de compostación, encontrándose datos muy variables y diferenciados. Se puede

afirmar que el mayor numero de vectores se obtuvo durante los primeros 3 dias de iniciado el proceso, ello porque el material estaba fresco y contenia gran humedad ademas porque en la fecha de montaje de las pilas se caracterizaba por un invierno fuerte y constante. Se puede interpretar tambien que el numero de vectores tendio a estabilizarse a partir del dia 26 hasta el 51, registrandose el minimo numero de vectores entre los dias 59 y 79 del proceso, tal como se puede apreciar en la tabla 38 y gráfica 45.

Tabla 38. Proliferación de vectores, en el tratamiento Biostart Aquaclean, durante la fase I.

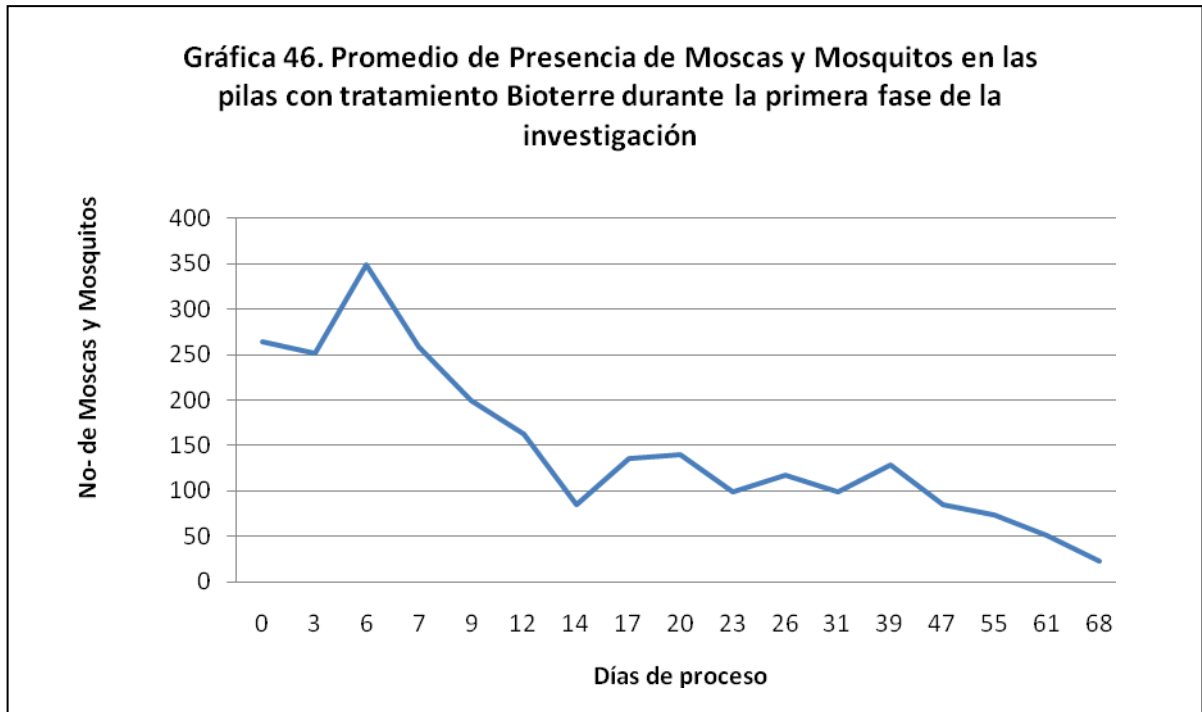
		PROMEDIO				PROMEDIO	
FECHA	DIAS	N° VECTORES	FECHA	DIAS	N° VECTORES	FECHA	DIAS
19/03/2010	0	293	14/04/2010	26	59		
22/03/2010	3	171	14/04/2010	26	53		
25/03/2010	6	107	17/04/2010	29	66		
28/03/2010	9	176	20/04/2010	32	81		
31/03/2010	12	209	23/04/2010	35	41		
03/04/2010	15	140	01/05/2010	43	59		
06/04/2010	18	95	09/05/2010	51	47		
09/04/2010	21	117	17/05/2010	59	30		
12/04/2010	24	214	17/05/2010	71	7		



La proliferación de vectores en el tratamiento Bioterre Sisvita durante la fase I tuvo gran diferencia con respecto a las otras tecnologías como se puede apreciar en la tabla 39 y gráfica 46, pues durante todo el proceso de compostaje se registro presencia muy variable de moscas y mosquitos.

Tabla 39. Proliferación de vectores en el tratamiento Bioterre Sisvita, durante la fase I.

		PROMEDIO		PROMEDIO	
FECHA	DIAS	N° VECTORES	FECHA	DIAS	N° VECTORES
31/03/2010	0	264	20/04/2010	20	140
03/04/2010	3	251	23/04/2010	23	99
06/04/2010	6	349	26/04/2010	26	117
07/04/2010	7	258	01/05/2010	31	99
09/04/2010	9	200	09/05/2010	39	129
12/04/2010	12	162	17/05/2010	47	85
14/04/2010	14	84	24/05/2010	55	74
17/04/2010	17	136	30/05/2010	61	51
			07/06/2010	68	23

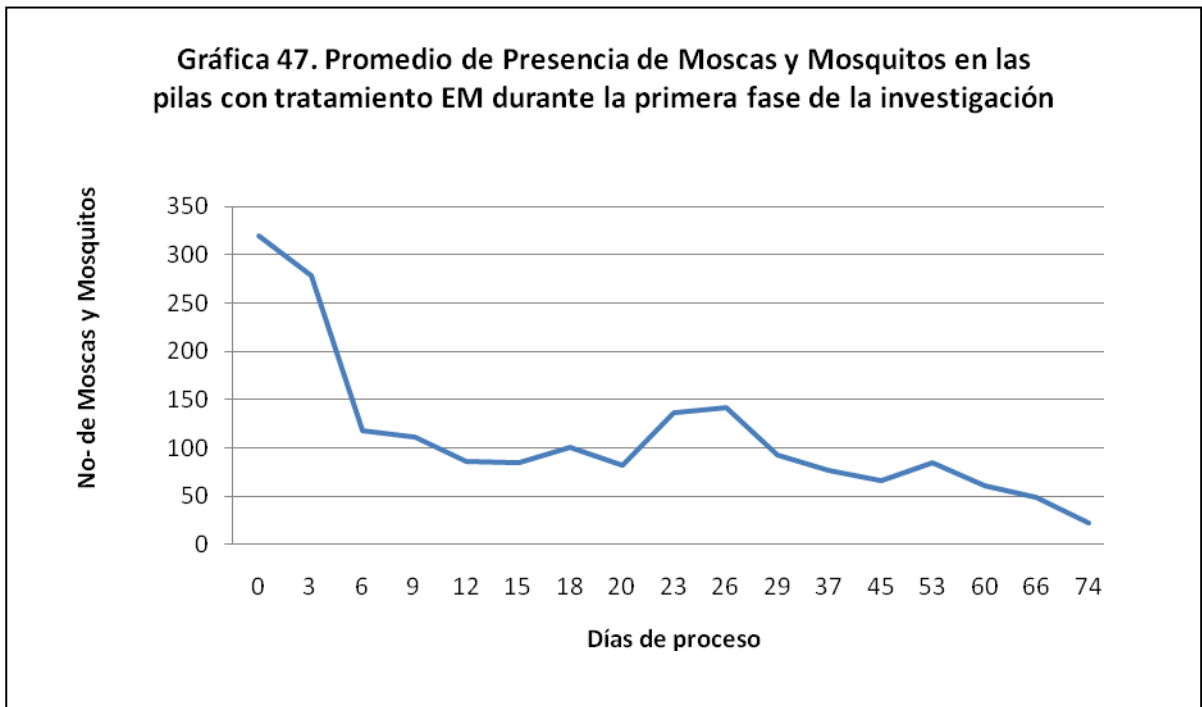


El comportamiento de los vectores en las pilas con tratamiento Microorganismos Eficientes durante la fase I del proyecto, se caracterizó por registrar la mayor

presencia durante los 6 primeros días del proceso, posteriormente, se registró un número significativamente importante pero mucho menor que en los primeros días, y a partir del día 26 empezaron a disminuir hasta llegar a un número significativamente menor respecto a los primeros días del proceso.

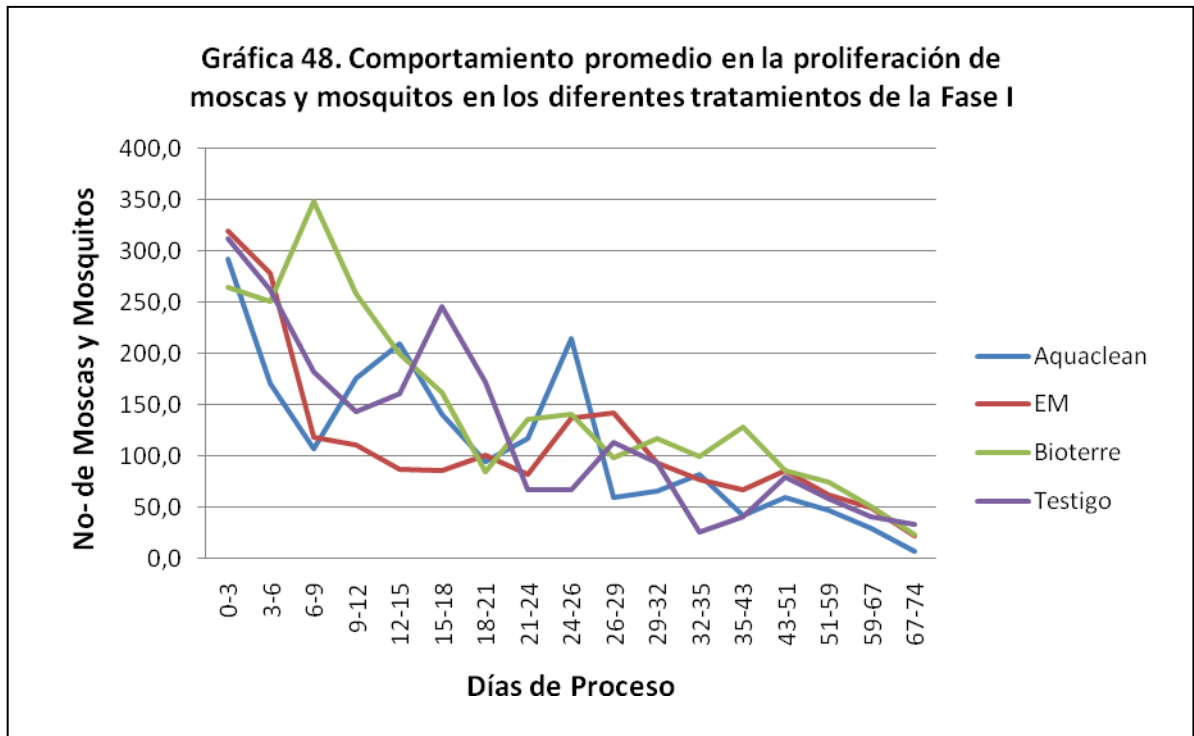
Tabla 40. Proliferación de vectores, en el tratamiento Microorganismos Eficientes, durante la fase I.

		PROMEDIO		PROMEDIO	
FECHA	DIAS	N° VECTORES	FECHA	DIAS	N° VECTORES
25/03/2010	0	320	17/04/2010	23	137
28/03/2010	3	278	20/04/2010	26	142
31/03/2010	6	118	23/04/2010	29	93
03/04/2010	9	111	01/05/2010	37	76
06/04/2010	12	87	09/05/2010	45	67
09/04/2010	15	85	17/05/2010	53	85
12/04/2010	18	100	24/05/2010	60	61
14/04/2010	20	82	30/05/2010	66	49
			07/06/2010	74	22



En términos generales el comportamiento de los vectores en los 4 tratamientos durante la fase I fue muy variable, como se puede apreciar en la gráfica 48, en la

cual se aprecia que la mayor cantidad de ellos se registraron en el tratamiento con Bioterre Sisvita, especialmente mosquitos, y la menor cantidad se presentó en el caso del tratamiento con Microorganismos Eficientes.



9.1.3. Generación de gases y olores. Durante la primera fase de la investigación, se pudo determinar que las pilas con tratamientos Biostar Aquaclean y Testigo no generaron olores significativos, lo que se observó fue emisión de vapor de agua.

En el tratamiento con Microorganismos Eficientes se presentó un leve olor putrefacto, el cual se dedujo fue generado por la excesiva humedad del material, ya que para la aplicación del producto se requiere adicionarle una cantidad representativa de agua a las pilas.

Las pilas con tratamiento Bioterre presentaron del 6 al 12 día de proceso, un olor significativamente nauseabundo, que traspasó los 20 metros de distancia desde el sitio donde estaban las pilas. Desafortunadamente los investigadores no pudieron precisar ni aproximar cuáles serían las razones de esta situación.

9.1.4. Generación de lixiviados. Para la evaluación de la generación de lixiviado, el semillero de investigación determinó medir éste parámetro únicamente con el registro de, si había presencia o no del líquido y la cantidad aparente en

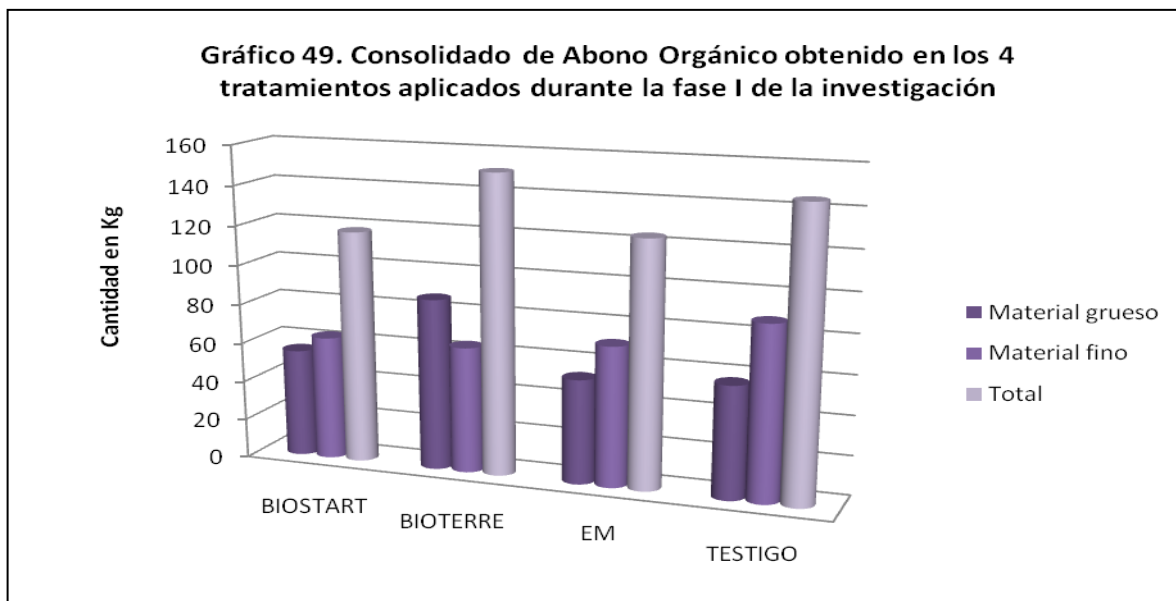
comparación con los demás tratamientos. A partir de ésta consideración se pudo determinar que el tratamiento Testigo fue el único que presentó durante la fase I, un leve escurrimiento, por no más de dos (2) días, entre los 30 y 40 cm del borde de la pila, en 2 de las 3 pilas con material orgánico, a diferencia de los demás tratamientos que no presentaron escurrimiento.

9.1.5. Producción de abono orgánico. En la tabla 41 y gráfica 49 se presenta el consolidado de los productos finales obtenidos (abono orgánico) en todos los tratamientos durante la fase I de la investigación.

Como se puede apreciar, el mayor porcentaje de conversión se logró con el tratamiento Bioterre, obteniéndose un 15,1% del peso inicial, y la menor conversión se logró con el tratamiento Biostart Aquaclean, obteniendo únicamente 11,8% del peso inicial.

Tabla 41. Producción de abono orgánico en todas las tecnologías, durante la primera fase de la investigación.

	CANTIDAD DE ABONO OBTENIDO EN KG			
	BIOSTART	BIOTERRE	EM	TESTIGO
Material grueso	55,0	87,0	53,0	57,0
Material fino	63,0	64,0	71,0	88,0
Total	118,0	151,0	124,0	145,0



9.2 ANALISIS DE RESULTADOS FASE II

9.2.1. Grado de temperatura máxima y mínima lograda. En el proceso de compostaje la materia orgánica es utilizada como alimento por los microorganismos, y es en este proceso de alimentación que la temperatura de la pila se eleva, pudiendo alcanzar los 65 a 70°C. La elevada temperatura que adquiere la pila de compost es muy importante, ya que es la manera de eliminar muchos tipos de microorganismos que pueden perjudicar a las plantas que se cultiven con los productos.

Referente a lo anterior se presentan a continuación las tablas y gráficas, con los datos promedios de las temperaturas superficial y profunda en las pilas y tratamientos empleados durante la II fase del proceso de investigación.

Tabla 42. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean, durante el desarrollo de la fase II.

FECHA	DIAS	PROMEDIO		FECHA	DIAS	PROMEDIO	
		T°C Superficial	T°C Profunda			T°C Superficial	T°C Profunda
22/04/2010	0	34	36	25/05/2010	33	37,5	32,5
25/04/2010	3	47,5	44	28/05/2010	36	36	29,5
28/04/2010	6	41	36	31/05/2010	39	39	30,5
01/05/2010	9	40,5	35,5	07/06/2010	46	36,5	28
04/05/2010	12	37,5	33	14/06/2010	53	30	23,5
07/05/2010	15	38,5	32	17/06/2010	56	30	29
10/05/2010	18	40	29,5	24/06/2010	63	30	29
13/05/2010	21	34,25	25	01/07/2010	70	28,5	23
16/05/2010	24	37,5	27	08/07/2010	77	27	21,5
19/05/2010	27	38,5	32	16/07/2010	85	26	23
22/05/2010	30	37,5	33,5	23/07/2010	92	24	23

Teniendo en cuenta los datos consignados en la tabla 42 y grafica 50 se puede apreciar que en las 2 pilas con tratamiento Biostar Aquaclean la fase mesófila se presentó durante los 3 primeros días del proceso donde la temperatura ascendió de los 34°C a los 47,5°C; la fase termófila duró aproximadamente 6 días, presentandose entre el 3 y 9 día del proceso, con temperaturas que oscilaron entre los 47°C y 40°C. La fase de enfriamiento duró 37 días y se presentó entre el 9 y 46 día del proceso donde las temperaturas descendieron de los 40,5°C a los 36,5°C; y la fase de maduración duró aproximadamente 46 días, presentandose entre el 46 y 92 días del proceso, en la cual la temperatura de las pilas descendió de los 36,5°C a los 24°C estabilizando el material orgánico.

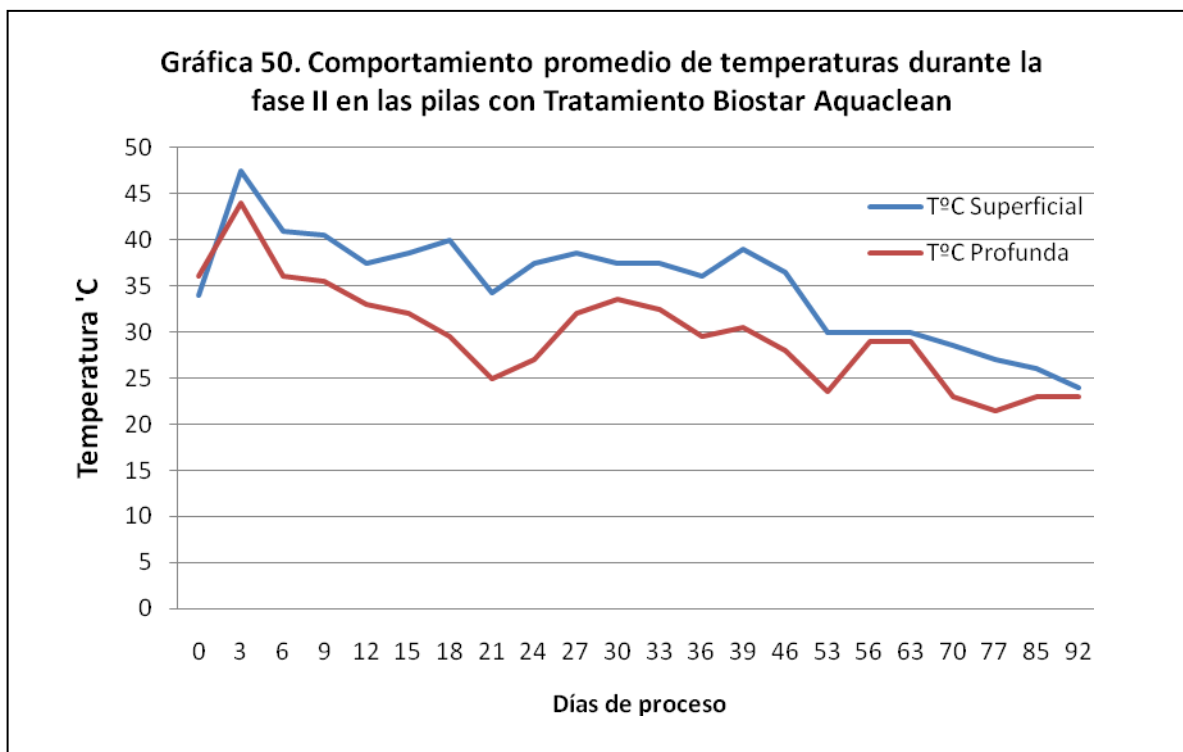


Tabla 43. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Microorganismos eficientes, durante el desarrollo de la fase II.

FECHA	DIAS	PROMEDIO		FECHA	DIAS	PROMEDIO	
		T°C Superficial	T°C Profunda			T°C Superficial	T°C Profunda
29/04/2010	0	35,5	36	26/05/2010	26	40	36,5
02/05/2010	3	57	52	29/05/2010	29	37	38
05/05/2010	6	53	48,5	07/06/2010	37	34,5	32
08/05/2010	9	48,5	46	14/06/2010	44	30	27
11/05/2010	12	42,5	42,5	21/06/2010	51	30	27,5
14/05/2010	15	39	38,5	28/06/2010	58	29,5	27,5
17/05/2010	18	40	36	08/07/2010	68	29	25
20/05/2010	20	40,75	36	16/07/2010	76	30,5	27
23/05/2010	23	41,5	38	23/07/2010	83	25	24

En las pilas con Microorganismos Eficientes la fase mesófila se presentó antes de los tres primeros días del proceso, aumentando su temperatura de 35.5 °C hasta 57 °C; la fase termófila duro aproximadamente 9 días del 3 al 12 día del proceso descendiendo su temperatura de 57°C hasta 42,5°C; la fase de enfriamiento siendo esta la fase en la cual las pilas pierden temperatura duro aproximadamente 25 días del 15 al 37 días del proceso, en la cual su temperatura descendió de los

42°C hasta los 34°C; la fase de maduración duró aproximadamente 47 días, del 37 al 83 día en los cuales las temperaturas descendieron de 34°C hasta 25°C. Lo cual permitió la obtención del producto deseado.

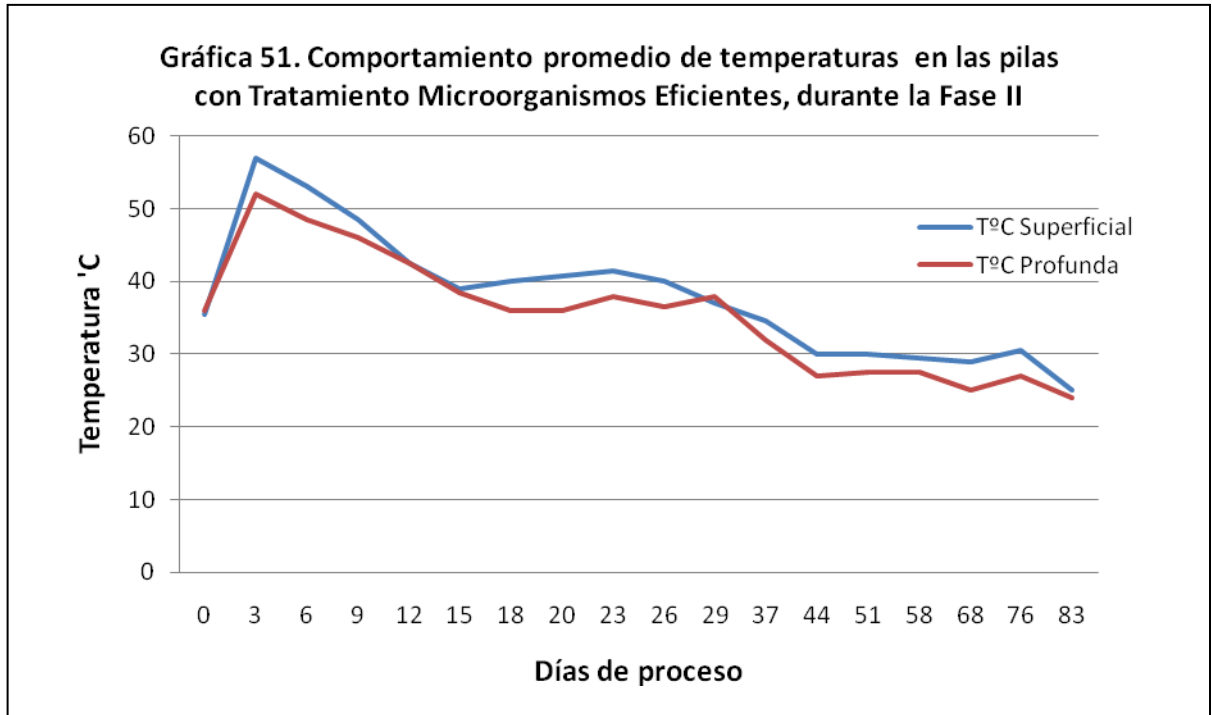


Tabla 44. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas con tratamiento Bioterre Sisvita, durante el desarrollo de la fase II

FECHA	DIAS	PROMEDIO		FECHA	DIAS	PROMEDIO	
		T°C Superficial	T°C Profunda			T°C Superficial	T°C Profunda
02/05/2010	0	38,5	40,5	29/05/2010	27	37	33,5
05/05/2010	3	41	37,5	31/05/2010	30	34,5	32
08/05/2010	6	39,5	36	07/06/2010	37	30,5	25,5
11/05/2010	9	38,5	36,5	14/06/2010	44	28,5	24,5
14/05/2010	12	43,5	39,5	21/06/2010	51	28	24
17/05/2010	15	46	43,5	28/06/2010	58	27,5	21,5
20/05/2010	18	49	44,5	08/07/2010	68	27,5	23,5
23/05/2010	21	48,5	42	16/07/2010	76	30,5	23
26/05/2010	24	42	35,5	23/07/2010	84	24,5	23

El proceso de descomposición del material orgánico mediante la tecnología Bioterre Sisvita, durante los 84 días requeridos para la obtención del compost presento diferentes comportamientos en cuanto a las bacterias en relación con la Temperatura y el tiempo:

- **Fase mesofílica:** esta fase se presenta hasta los 12 días a partir del inicio del tratamiento, con una temperatura inicial de 38,5°C y una final de 39,5°C.
- **Fase Termófila:** esta fase inicia a partir del día 12 en el proceso de descomposición, con una temperatura de 43,5°C la etapa en la cual la temperatura continua ascendiendo hasta llegar a valores de 49°C, donde las poblaciones de bacterias termofílicas, actinomicetos y hongos termofílicos encuentran su óptimo, generando incluso más calor que las bacterias mesófilas. En esta etapa el color se va tornando un poco más oscuro y el olor de putrefacción de los residuos orgánicos en descomposición se comienza a sustituir por olor a tierra, la duración de la fase termofílicas fue de 12 días.
- **Fase de enfriamiento:** luego de la fase Termófila en la cual se presenta la máxima temperatura de 49°C, la temperatura empieza a descender considerablemente hasta la temperatura ambiente; los nutrientes y energía presentes en el material comienzan a escasear, la actividad microbiana termofílica disminuye, provocando la desaparición de éstas y la reaparición de microorganismos mesofílicos, hasta el día 37 del tratamiento se manifiesta esta fase con una temperatura ambiente de 30,5°C
- **Fase de maduración:** los 47 dias restantes del tratamiento corresponden a esta etapa, la temperatura final fue de 23°C, el color final fue de café oscuro y olor de tierra.

Teniendo en cuenta el comportamiento promedio de las temperaturas de las pilas con tratamiento Testigo durante la segunda fase de la investigación, se puede determinar que el proceso tuvo un tiempo de duración similar al de las otras tecnologías y su comportamiento en cada una de las fases de compostaje no tuvo variaciones significativas con las demás tecnologías. El proceso de compost a lo largo de los 86 días, tuvo el siguiente comportamiento en cada una de las fases: en la fase mesófitas, en lo referente a la temperatura superficial se puede decir que el material alcanzó los 40°C a los 3 días, mientras que con la temperatura profunda esta fase se extendió hasta el día 16 del proceso.

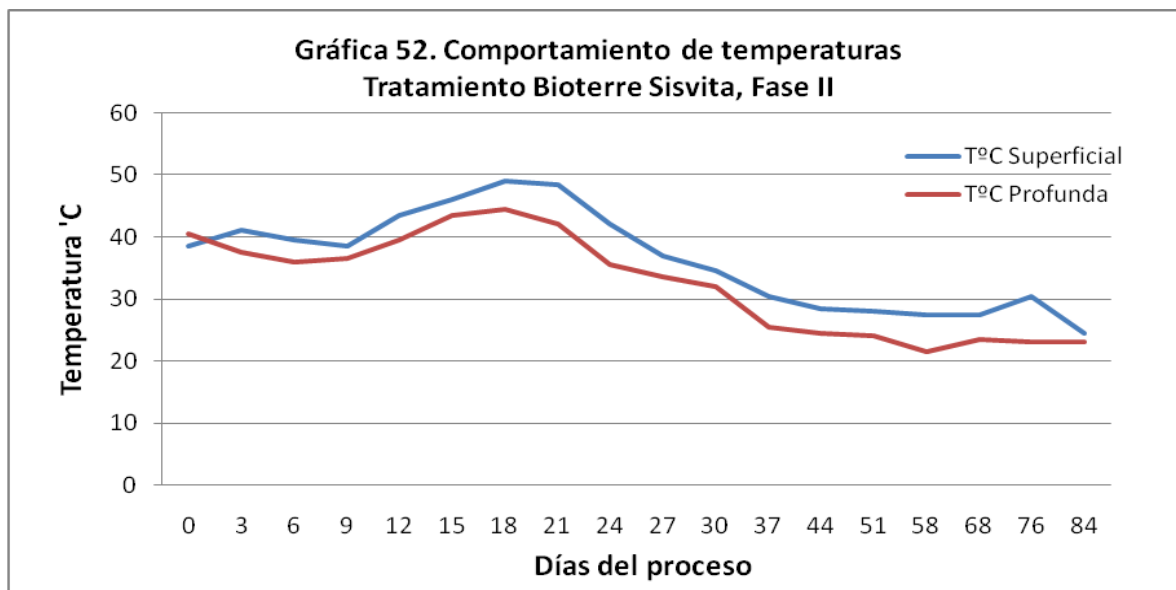
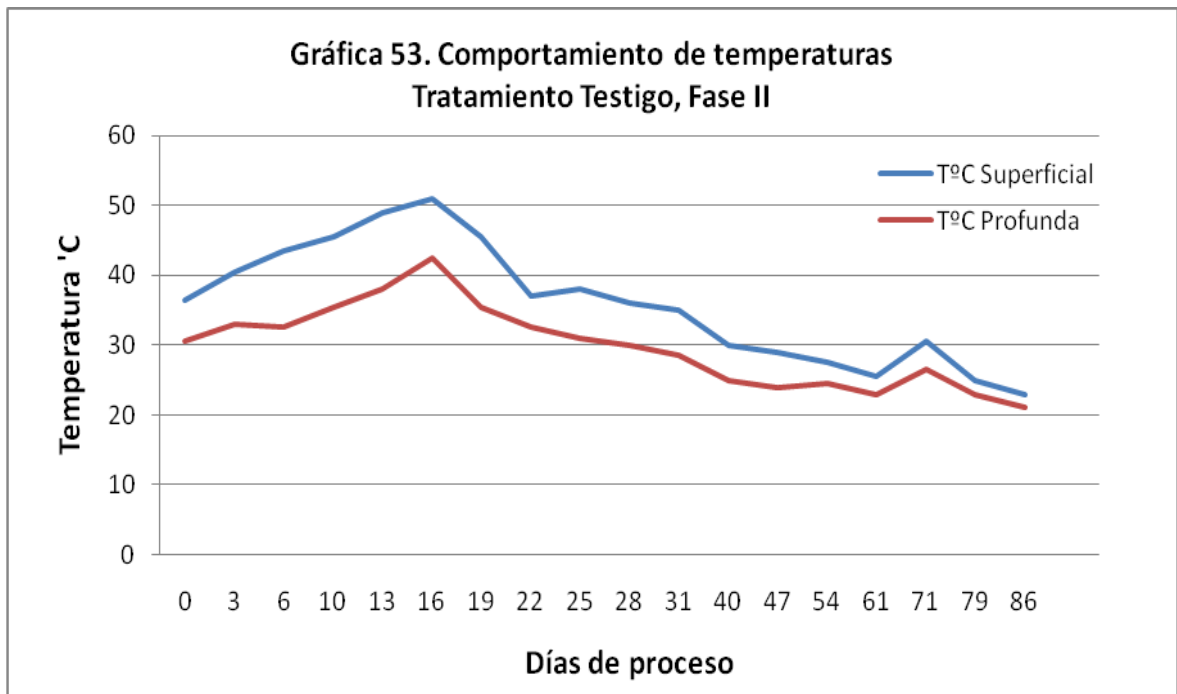


Tabla 45. Comportamiento promedio de las temperaturas registradas en las pilas Testigo, durante el desarrollo de la fase II

FECHA	DIAS	PROMEDIO		FECHA	DIAS	PROMEDIO	
		T°C Superficial	T°C Profunda			T°C Superficial	T°C Profunda
27/04/2010	0	36,5	30,5	25/05/2010	28	36	30
30/04/2010	3	40,5	33	28/05/2010	31	35	28,5
03/05/2010	6	43,5	32,5	07/06/2010	40	30	25
07/05/2010	10	45,5	35,5	14/06/2010	47	29	24
10/05/2010	13	49	38	21/06/2010	54	27,5	24,5
13/05/2010	16	51	42,5	28/06/2010	61	25,5	23
16/05/2010	19	45,5	35,5	08/07/2010	71	30,5	26,5
19/05/2010	22	37	32,5	16/07/2010	79	25	23
22/05/2010	25	38	31	23/07/2010	86	23	21

Una vez el material alcanza los 40°C, pasa a la fase termófila donde lo que se busca es que el material alcance los 60°C, pero en lo referente al testigo se puede decir que la temperatura más alta alcanzada durante todo el proceso fue de 51°C, entre los días 6 y 19 después de haber realizado el montaje. La fase de enfriamiento duro alrededor de 21 días al cabo de ello el material tendió a estabilizar el rango de temperatura hasta llegar a los 30°C.

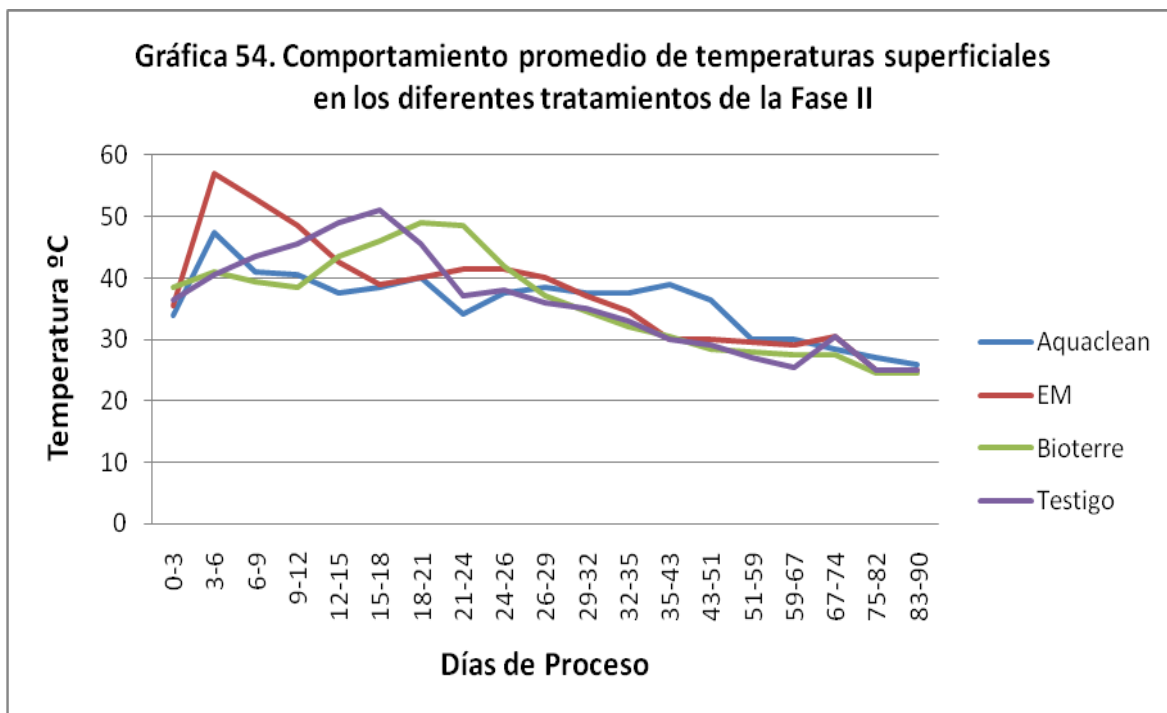
Finalmente las pilas con tratamiento testigo empiezan la fase de maduración a partir del día 40 y se mantienen a temperatura ambiente hasta culminar el proceso, obteniendo un producto homogéneo, estable y en condiciones adecuadas para hacer su respectivo análisis, como se indica en la gráfica 53 que se presenta a continuación.



Cuando se determinó el comportamiento promedio de las temperaturas superficial y profunda en la segunda fase de la investigación para las cuatro tecnologías, se procede a determinar el tiempo de duración de cada una de las fases del compostaje, para cada tecnología, a partir de las gráficas 54 y 55; datos que se concretan en las tablas 45 y 46.

Tabla 46. Comparación de la duración de las diferentes fases del compostaje en los tratamientos empleados en la fase II. en relación con la temperatura superficial.

Tratamiento	DURACIÓN DE LAS FASES DEL COMPOSTAJE EN DÍAS			
	Fase Mesófila	Fase Termófila	Fase de Enfriamiento	Fase de Maduración
Biostar Aquaclean	< 3 días	6 días	37 días	46 días
Microorganismos Eficientes - EM	< 3 días	26 días	14 días	37 días
Bioterre Sisvita	12 días	12 días	13 días	47 días
Testigo	< 3 días	16 días	21 días	46 días



Como lo indica la tabla 46 y la grafica 54 el comportamiento de las temperaturas superficiales y la duracion de las fases en los procesos de compostaje fue muy variable en cada uno de los tratamientos, la fase mesófila en todos los tratamientos se presentó antes del 3 día de proceso; mientras que la duracion de la fase termofila tuvo una variacion de 6 a 20 días entre los tratamientos Biostart y Testigo. En lo referente a la fase de enfriamiento, tambien hubo una gran diferencia entre tecnologías, siendo la de menor duracion Bioterre Sisvita con 13 días, seguido del Testigo, EM y la de mayor duracion fue el tratamiento con Biostart Aquaclean con 37 días de duracion. En la fase de maduración se presentó una variación de 10 días, entre los 37 y 47 días, siendo el tratamiento con menor duracion Microorganismos Eficientes y la de mayor duracion el Bioterre Sisvita.

En el caso de las temperaturas profundas (véase gráfica 55), la duracion en cada una de las fases de compostaje en los diferentes tratamientos igualmente tuvo una variacion muy significativa entre ellas. En lo referente a la fase mesofila esta se dio antes de los 3 días en los tratamientos con EM y Biostart a diferencia de las pilas Testigo y Bioterre que tardaron 15 días. En la fase termófila, la variación de la temperatura fue de 9 días, siendo de 3 días en el caso del tratamiento con Biostart y de 12 días en el caso de EM. La mayor variacion se obtuvo en la fase de enfriamiento con una diferencia 19 días entre los tratamientos Testigo y EM. Así mismo la variación en la fase de enfriamiento fue de 22 días entre EM y Biostart. En la tabla 46 se concretizan los datos de duración de cada una de las fases de los diferentes tratamientos.

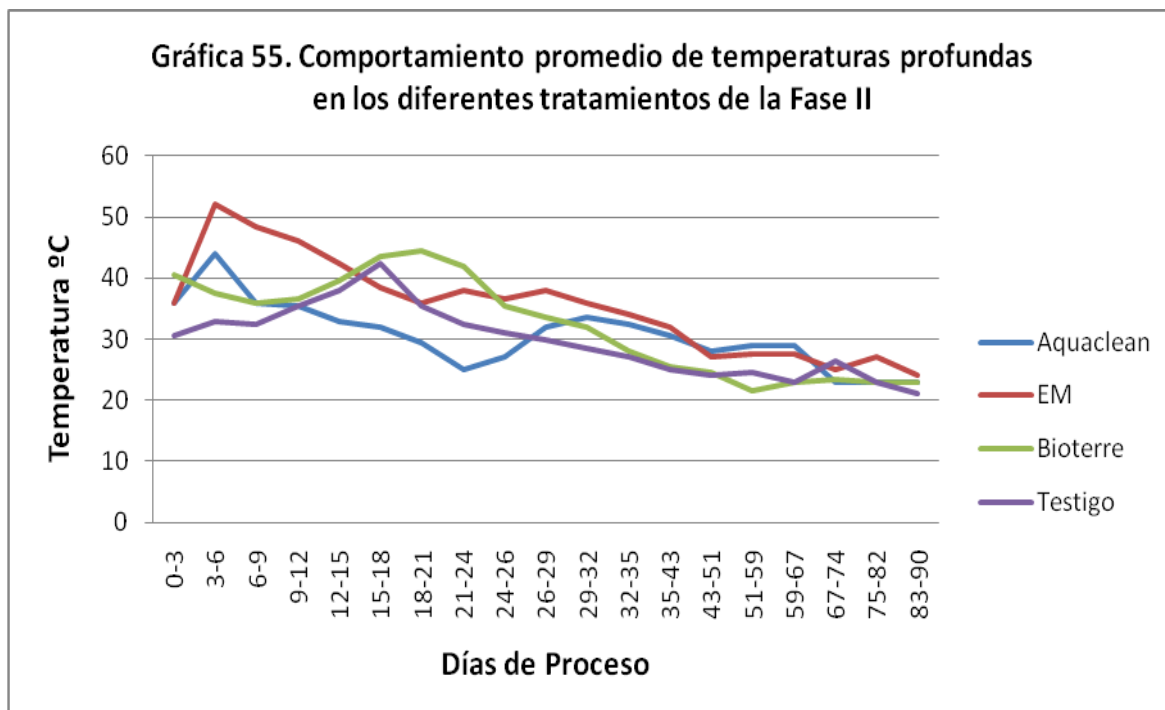


Tabla 47. Comparación de la duración de las diferentes fases del compostaje en los tratamientos empleados en la fase II. en relacion con la temperatura profunda.

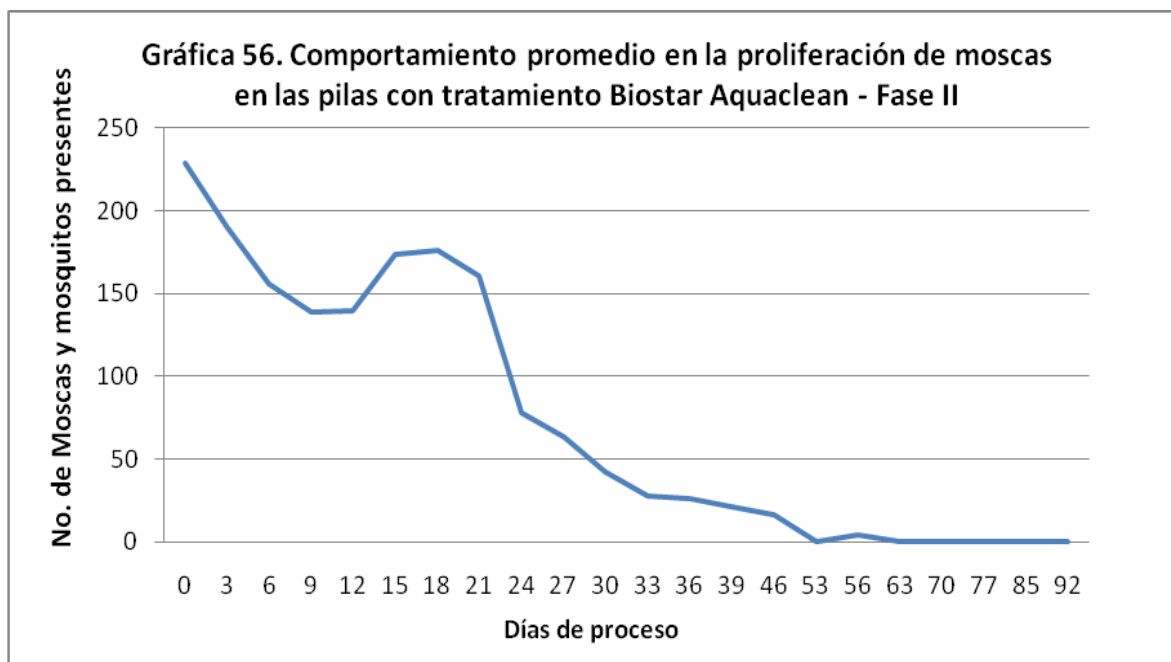
Tratamiento	DURACIÓN DE LAS FASES DEL COMPOSTAJE EN DÍAS			
	Fase Mesófila	Fase Termófila	Fase de Enfriamiento	Fase de Maduración
Biostart Aquaclean	< 3 días	3 días	15 días	69 días
Microorganismos Eficientes - EM	< 3 días	12 días	28 días	47 días
Bioterre Sisvita	15 días	9 días	10 días	56 días
Testigo	15 días	5 días	9 días	61 días

9.2.2. Proliferación de vectores. Se presenta a continuación, los análisis de la proliferación de vectores durante la segunda fase de la investigación para todos los tratamientos.

Durante el proceso de compostaje de los residuos orgánicos sometidos a proceso de compostaje con la tecnología Biostart Aquaclean se determinó que la proliferación de vectores, tuvo una variación muy significativa pero decreciente a lo largo del proceso, tal como se presenta en la tabla 47 y gráfica 56, hasta el punto que a los 53 días de proceso llegó hasta cero presencia.

Tabla 48. Proliferación de vectores, en el tratamiento Biostart Aquaclean, durante la fase II.

		PROMEDIO		PROMEDIO	
FECHA	DIAS	N° VECTORES	FECHA	DIAS	N° VECTORES
22/04/2010	0	229	25/05/2010	33	28
25/04/2010	3	191	28/05/2010	36	26
28/04/2010	6	156	31/05/2010	39	21
01/05/2010	9	139	07/06/2010	46	16
04/05/2010	12	140	14/06/2010	53	0
07/05/2010	15	174	17/06/2010	56	4
10/05/2010	18	176	24/06/2010	63	0
13/05/2010	21	161	01/07/2010	70	0
16/05/2010	24	78	08/07/2010	77	0
19/05/2010	27	63	16/07/2010	85	0
22/05/2010	30	42	23/07/2010	92	0

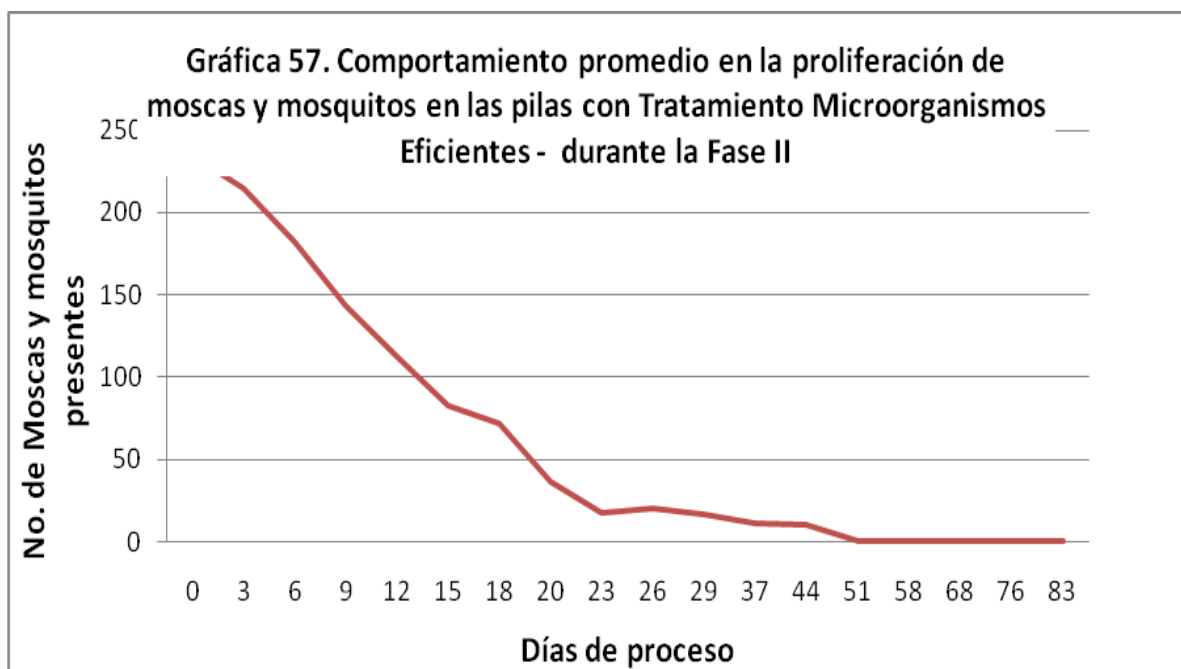


De acuerdo con la información anterior, puede decir que durante los primeros 20 días las pilas alcanzaron el mayor promedio de vectores, esto se debe al material que se encontraba fresco y al alto número de microorganismos que actuaban en su descomposición. Entre los 24 y 46 días la proliferación de vectores disminuyó notablemente en un valor que oscilaba entre los 16 y 80 vectores, ello porque el material en esta etapa estaba seco y en un 80% descompuesto. Finalmente entre los días 50 y 92 la presencia de vectores se redujo a 0% y es en esta etapa en la que el material se encuentra en fase de enfriamiento y listo para ser cernido y ser aplicado como mejorador de los suelos.

En el caso del tratamiento con Microorganismos Eficientes, se presentó una alta presencia de moscas durante los 12 primeros días del proceso, lo cual se deduce se debió a la alta humedad de las pilas ya que para aplicar el producto es necesario utilizar bastante agua sin contar el contenido que tienen los desechos orgánicos utilizados para el proceso; además se debe tener en cuenta que durante los primeros días del proceso eran días calurosos los cuales también ayudaba a la proliferación de vectores. El número de moscas fue disminuyendo a medida que las pilas perdían humedad y los desechos orgánicos terminaban su proceso de descomposición; estos desaparecieron después de 44 días del proceso hasta llegar a cero, cómo se indica en la tabla 49 y gráfica 57.

Tabla 49. Proliferación de vectores, en el tratamiento Microorganismos Eficientes, durante la fase II.

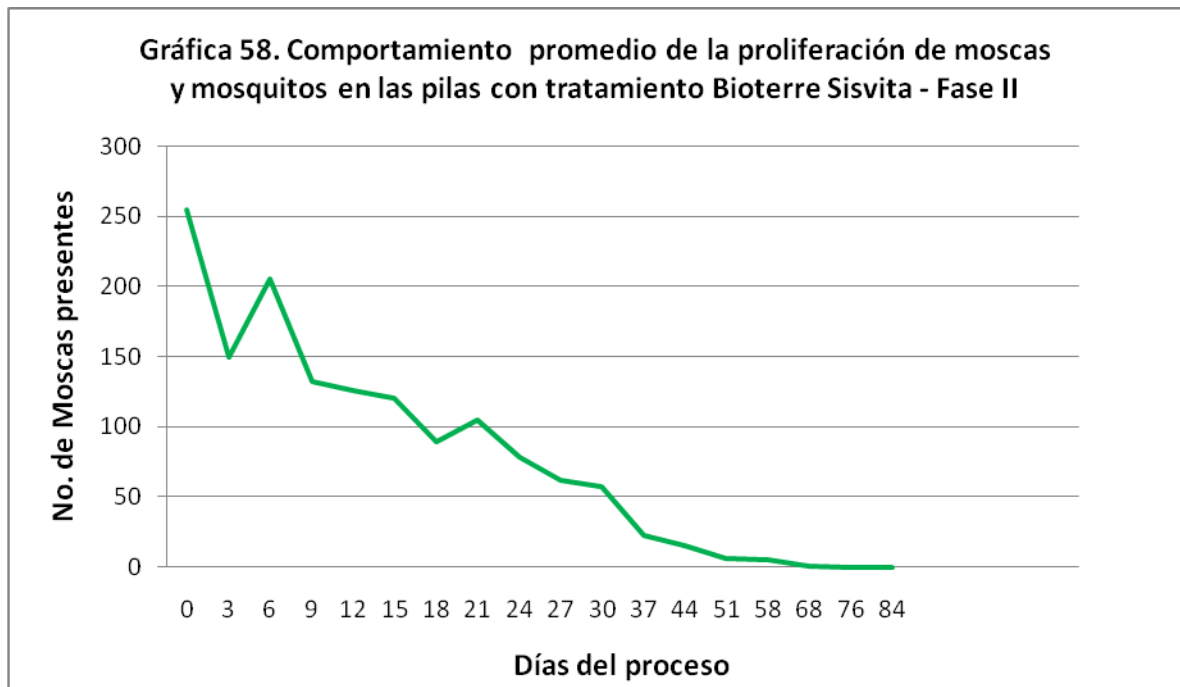
		PROMEDIO		PROMEDIO	
FECHA	DIAS	N° VECTORES	FECHA	DIAS	N° VECTORES
29/04/2010	0	236	26/05/2010	26	21
02/05/2010	3	203	29/05/2010	29	18
05/05/2010	6	176	07/06/2010	37	12
08/05/2010	9	150	14/06/2010	44	9
11/05/2010	12	108	21/06/2010	51	0
14/05/2010	15	74	28/06/2010	58	0
17/05/2010	18	65	08/07/2010	68	0
20/05/2010	20	34	16/07/2010	76	0
23/05/2010	23	24	23/07/2010	83	0



En el caso del tratamiento con Bioterre Sisvita, de igual manera que en el caso del tratamiento con Microorganismos Eficientes, el número de moscas comienza con una alta presencia disminuyendo significativamente el número hasta el día 44 del proceso, a partir del cual se reducen totalmente. Véase tabla 50 y gráfica 58.

Tabla 50. Proliferación de vectores, en el tratamiento Bioterre Sisvita, durante la fase II.

FECHA	DIAS	PROMEDIO		FECHA	DIAS	PROMEDIO	
		N° VECTORES				N° VECTORES	
02/05/2010	0	244		29/05/2010	27	60	
05/05/2010	3	159		31/05/2010	30	46	
08/05/2010	6	197		07/06/2010	37	27	
11/05/2010	9	143		14/06/2010	44	14	
14/05/2010	12	162		21/06/2010	51	7	
17/05/2010	15	113		28/06/2010	58	5	
20/05/2010	18	88		08/07/2010	68	2	
23/05/2010	21	73		16/07/2010	76	0	
26/05/2010	24	72		23/07/2010	84	0	

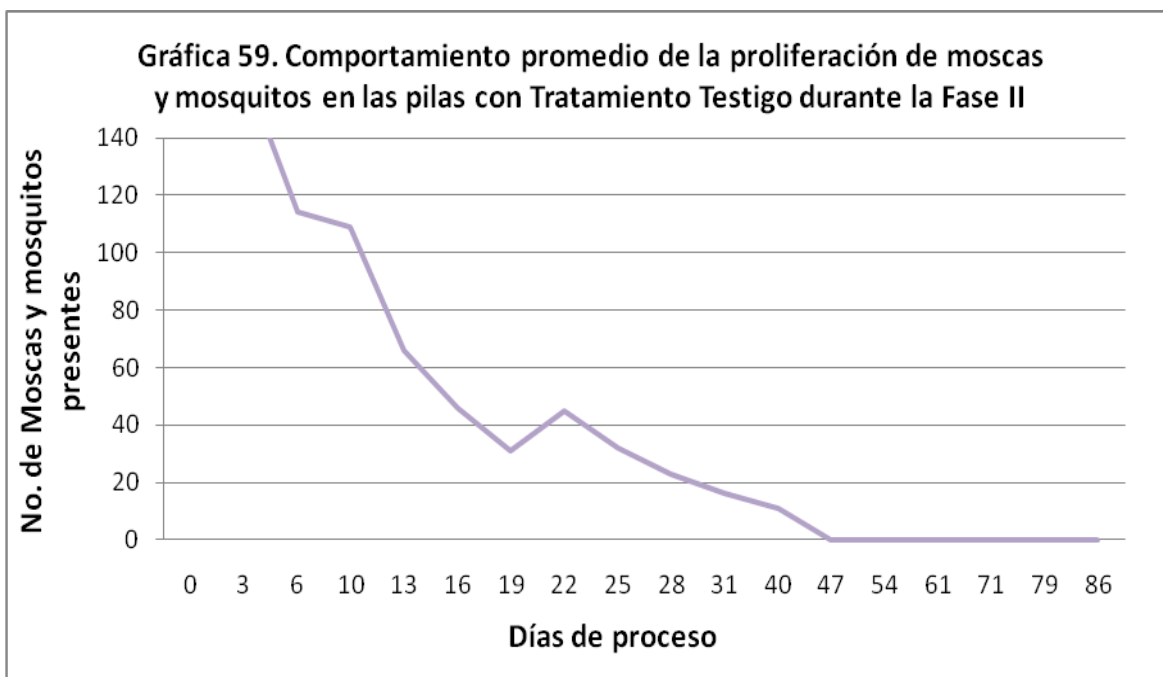


El comportamiento promedio en la proliferación de vectores en las pilas con tratamiento Testigo, tuvo una variación muy notoria a lo largo del proceso de descomposición de la materia orgánica, encontrando durante los 10 primeros días

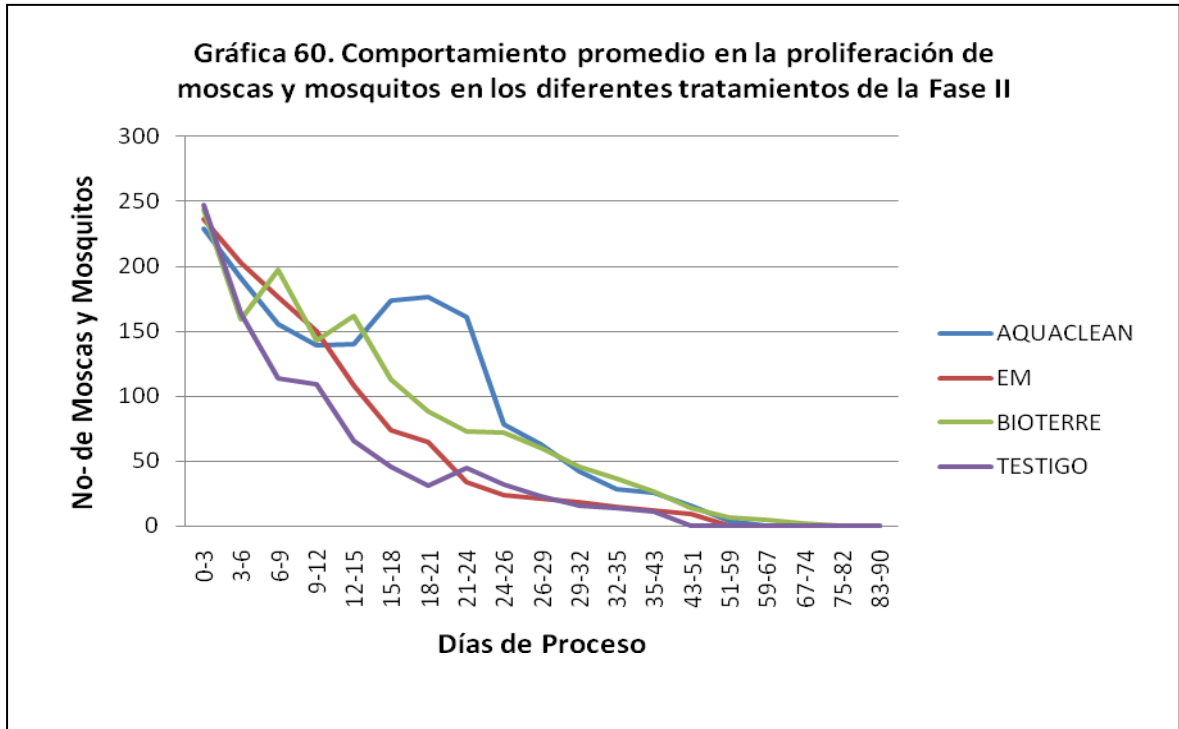
del montaje de las pilas el mayor numero de vectores que osciló entre los 247 y 109; esto porque el material contenía gran porcentaje de humedad y una alta concentracion de nutrientes. A partir del 10 día la presencia de vectores disminuyó notablemente y continuo en un periodo de descenso constante hasta el día 40, tiempo en el que el material habia completado cerca del 80% del proceso de descomposicion y se encontraba en la fase de maduracion, lo que igualmente conllevó a que durante prácticamente los 40 ultimos días del proceso, la presencia de vectores fuera totalmente nula.

Tabla 51. Proliferación promedio de vectores en el tratamiento Testigo, durante la fase II de la investigación.

		PROMEDIO		PROMEDIO	
FECHA	DIAS	N° VECTORES	FECHA	DIAS	N° VECTORES
27/04/2010	0	247	25/05/2010	28	23
30/04/2010	3	164	28/05/2010	31	16
03/05/2010	6	114	07/06/2010	40	11
07/05/2010	10	109	14/06/2010	47	0
10/05/2010	13	66	21/06/2010	54	0
13/05/2010	16	46	28/06/2010	61	0
16/05/2010	19	31	08/07/2010	71	0
19/05/2010	22	45	16/07/2010	79	0
22/05/2010	25	32	23/07/2010	86	0



En términos generales, como se aprecia en la gráfica 60, el comportamiento en la proliferación de vectores fue muy similar en todos los tratamientos durante la fase II de la investigación.



9.2.3. Generación de gases y olores. En la segunda fase de investigación se presentó un aumento en la generación de gases y olores, debido a que se utilizó mayor cantidad de material a compostar sin olvidar que éste se encontraba fresco y no estaba debidamente picado, lo cual hace que se presenten con alta cantidad de humedad contribuyendo así durante las primeras fases del proceso se generen olores nauseabundos; esto porque los materiales al descomponerse producen olores en proporciones altas que al ser emitidos a la atmósfera causan malestar a las personas que intervenían en su manejo, registrándose mayor percepción en el tratamiento Biostar Aquaclean durante un período de 15 días, comprendido desde el 3 a los 18 días de proceso.

También se debe mencionar que se presentaron días con temperaturas altas en los cuales al realizar el volteo de las pilas se observó vapor de agua por lo cual se dice que las condiciones ambientales intervienen en el proceso.

La generación de gases y los olores disminuyó a medida que la mayor parte del material terminaba su proceso de descomposición.

9.2.4 Generación de lixiviados. Durante la segunda fase de la investigación la generación de lixiviados aumentó debido a que se trabajó con una cantidad mayor de residuos con relación a la fase I, lo que se considera influyó en una mayor presencia de ellos en el borde de las pilas; adicionalmente se analiza que la forma en pirámide de las pilas de compostaje facilitó el escurrimiento del líquido desde la parte alta hasta el nivel del piso de la caseta.

De acuerdo con los registros de control de los procesos, en el caso del tratamiento Testigo, la presencia de lixiviado se reportó durante 17 días, entre el 6 al 23 día; en el caso de los tratamientos con EM y Aquaclean, duró 25 días desde el 3 al 28 día de proceso; y fue de 3 semanas en el caso del tratamiento con Bioterre Sisvita, desde el 3 al 24 día del proceso.

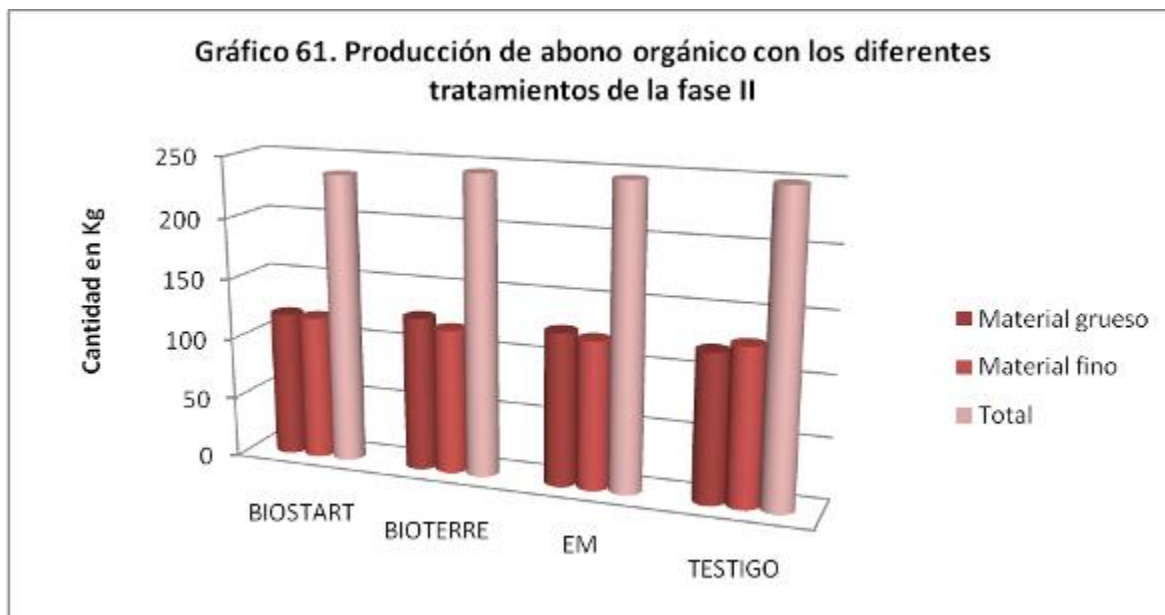
Adicionalmente se presentó alta generación de lixiviados por el tapado de las pilas con plástico que se hizo durante una semana para controlar la presencia de vectores, elevando su temperatura y se deduce que por la alta humedad de los residuos, se facilitó igualmente su producción.

9.2.5 Producción de abono orgánico. En la tabla 51 se concretiza la producción de abono orgánico obtenido en cada uno de los tratamientos desarrollados durante la segunda fase de la investigación, y en la gráfica 61 puede apreciarse con mayor facilidad que la diferencia entre los resultados es poco significativa.

Sin embargo, la mayor producción de abono orgánico se registró en la tecnología Testigo con un 12,45%, respecto a las tecnologías Biostart, Bioterre y EM cuyo rango de producción de abono osciló entre los 11,85%, 12,2% y 12,3% respectivamente, con una diferencia de producción de 12 Kg.

Tabla 52. Producción de abono orgánico, durante la segunda fase de investigación.

	CANTIDAD DE ABONO OBTENIDO EN Kg			
	BIOSTART	BIOTERRE	EM	TESTIGO
Material grueso	119	126,0	125	121
Material fino	118	118,5	121	128
Promedio en Kg /Ton	118,5	122,3	123	124,5



9.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

A partir del proceso metodológico desarrollado, se realizan los análisis comparativos de los resultados obtenidos para los diferentes parámetros definidos en la planificación del proyecto, durante las dos fases de la investigación.

9.3.1 Comportamiento en las temperaturas y grado de temperatura máxima y mínima alcanzada en los tratamientos.

Cómo se observa en las gráficas 42 y 54, en todos los tratamientos de las fases I y II de la investigación, el comportamiento de las temperaturas superficiales denotan que la fase mesófila se presentó durante los 3 primeros días de proceso, en el cual la temperatura de la materia orgánica ascendió desde la temperatura de los residuos al ambiente, hasta los 40°C o más.

Las mismas gráficas permiten apreciar que la fase termófila en la mayoría de los tratamientos duró máximo 18 días, es decir del 3 al 21 día del proceso, excepto en la primera fase que para el caso del tratamiento testigo, que duró hasta aproximadamente el día 25, y en la segunda fase, la mayor duración la obtuvo el tratamiento con EM, en el cual la misma duró hasta aproximadamente 29 días. La duración en esta fase es fundamental, ya que en ella es cuando la temperatura alcanza los mayores valores, permitiendo con ello la sanitización del material orgánico, al permitir que a una mayor exposición, se presente mayor probabilidad de eliminación de los organismos patógenos.

En todos los tratamientos se puede generalizar, de acuerdo con el comportamiento de las temperaturas superficiales, que la fase de enfriamiento, duró aproximadamente 30 días, y la fase de maduración duró aproximadamente 20 días en el primer caso, y 40 días en el segundo caso, alargándose el proceso de compostaje en la segunda fase de la investigación, en 15 días más, lo cual se debió a la cantidad de material que se puso a compostar, que fue 2 veces mayor que en la primera fase de la investigación.

De manera similar, al comparar las tablas 36 y 47 y las gráficas 43 y 55 se denota claramente que en prácticamente todos los tratamientos la fase mesófila duró 3 días, excepto en los tratamientos con Bioterre y Testigo durante la segunda fase de la investigación que duró 15 días.

La fase termófila duró aproximadamente 13 días excepto en EM que duró menos tiempo en la primera fase de la investigación, pero fue de 12 días en la segunda fase de la investigación, siendo la tecnología que mayor duración tuvo, seguida de Bioterre que duró 10 días en la segunda fase.

En prácticamente todos los tratamientos durante las dos fases de la investigación, las temperaturas profundas tuvieron una elevación baja y una duración muy corta, por lo cual se deduce que no se presentó una buena sanitización del material orgánico, incidiendo que se presenten microorganismos patógenos como las enterobacterias en los productos finales obtenidos.

9.3.2 Generación de gases y olores. De acuerdo con Arroyave, citado por Jaramillo H. Gladys y Zapata M. Liliana (citadas anteriormente), en los procesos de degradación aerobia de la materia orgánica se generan dióxido de carbono, agua y minerales, en cambio en los procesos anaerobios se generan gas metano y malos olores (De la Cruz Rodríguez Rene, en *Aprovechamiento de residuos orgánicos a través de composteo y lombricomposteo*, U.A.A.A.N.), en tal sentido era fundamental registrar y analizar este parámetro en la investigación ya que es determinante en la viabilidad de construcción de una planta de compostaje, por las incomodidades que puede generar en la población vecina.

Con éste propósito se registró permanentemente la detección de los mismos, encontrando durante la primera fase de la investigación, que en el tratamiento con Microorganismos Eficientes se presentó un leve olor putrefacto, el cual se dedujo fue generado por la excesiva humedad del material, ya que para la aplicación del producto se requiere adicionarle una cantidad bastante representativa de agua a las pilas. En las pilas que se sometieron a proceso de compostaje con el tratamiento Bioterre Sisvita, presentaron del 6 al 12 día de iniciado el proceso, un olor significativamente nauseabundo, que traspasó los 20 metros de distancia desde el sitio donde estaban las pilas. Desafortunadamente las investigadoras no pudieron precisar ni aproximar cuáles serían las razones de esta situación.

En la segunda fase, únicamente se registró generación de un leve olor nauseabundo en las pilas con tratamiento Biostart Aquaclean durante un período de 15 días, comprendido desde el 3 a los 18 días de proceso. No se registró olor en los casos de los otros tratamientos, únicamente el ascenso en el vapor de agua, en especial durante los días más fríos.

Tabla 53. Determinación de la generación de gases y olores durante las dos fases de la investigación

	TRATAMIENTO			
	BIOSTART AQUACLEAN	MICROORGANISMOS EFICIENTES	BIOTERRE SISVITA	TESTIGO
Fase I	-	+	> +	-
Fase II	+	-	-	-

Como se muestra en la tabla 53, la generación de gases y olores durante las dos fases de la investigación, presentó unas variaciones muy significativas, ello se indica en cada uno de los signos empleados en el contenido, así: el signo negativo representa la ausencia de olores, el positivo por el contrario representa la presencia de los mismos, y los signos de menor (<) o mayor (>) significa que el olor fue leve o muy perceptible.

9.3.3 Generación de lixiviados. De acuerdo con experiencias previas de la investigadora principal y la hipótesis formulada al iniciar el proceso de investigación, cual era que el tratamiento con Bioterre Sisvita sería la tecnología más adecuada para desarrollar un sistema de compostaje, ya que no generaría malos olores, ni presencia de lixiviados y se controlaría la proliferación de vectores, el equipo de investigación determinó medir la generación de lixiviados únicamente con el registro de, si había presencia o no del liquido y la cantidad aparente en comparación con los demás tratamientos, no por la cantidad real generada; en tal sentido, la investigación arrojó durante la primera fase de la investigación un leve escurrimiento, por no más de dos (2) días entre los 30 a 40 cm del borde de la pila, en 2 de las 3 pilas del tratamiento Testigo a diferencia de los demás tratamientos que no presentaron escurrimiento. Por el contrario, durante la segunda fase de la investigación, en todos los tratamientos se presentó escurrimiento siendo menor en el caso del tratamiento Testigo que duró 17 días, el cual se presentó del 6 al 23 día de proceso; en el caso de los tratamiento con EM y Aquaclean, duró 25 días desde el 3 al 28 día de proceso; y fue de 3 semanas en el caso del tratamiento con Bioterre Sisvita, desde el 3 al 24 día del proceso.

En la tabla 54 se concretiza la presencia de lixiviado en todos los tratamientos durante las 2 fases de la investigación.

Tabla 54. Determinación de la generación de lixiviados durante el proceso de compostaje en las dos fases de investigación

	TRATAMIENTO			
	BIOSTART AQUACLEAN	MICROORGANISMOS EFICIENTES	BIOTERRE SISVITA	TESTIGO
Fase I	-	-	-	< +
Fase II	+	+	+	< +

Tal como se indica en la tabla 54, en la primera fase de la investigación no se registró presencia de lixiviados, ello lo indica el signo negativo (-) y únicamente se registró en una mínima proporción en 2 de las 3 pilas Testigo. En cuanto a la segunda fase, se puede decir que si hubo presencia de lixiviados en todas las tecnologías, como lo indica el signo positivo (+) aunque en el tratamiento testigo se registró la menor cantidad del líquido.

9.3.4 Proliferación de vectores. En términos generales, durante las dos (2) fases de la investigación se registró una alta presencia de moscas y mosquitos en todos los tratamientos, tal como se percibe en las gráficas 48 y 60, que permiten apreciar el comportamiento promedio de estos vectores en los 4 tratamientos durante las dos fases de la investigación. El análisis de la primera gráfica permite apreciar que la cantidad de insectos fue muy variable y alta durante todos los tratamientos, registrándose la mayor cantidad en las pilas con Bioterre Sisvita, especialmente de mosquitos, y la menor cantidad se presentó en el caso del tratamiento con Microorganismos Eficientes. Durante la segunda fase de la investigación, por el contrario se aprecia que aunque el número de moscas y mosquitos fue muy alta en todos los tratamientos, después del día 55 de proceso desaparecieron; y el tratamiento con mayor presencia de moscas y mosquitos fue Biostart Aquaclean y el que menor presencia registró fue el Testigo.

Las investigadoras e investigador consideran que la gran variabilidad y presencia de vectores en la fase I se debió a que la zanja del relleno sanitario se dejó de cubrir con el material arcilloso por el lapso de un mes aproximadamente, debido a daños en la maquinaria, lo cual incidió en que estas vinieran a la caseta a anidar, donde encontraron condiciones propicias (material orgánico fresco) para ello.

El equipo, también analiza que el descenso significativo en la segunda fase, se pudo deber a que durante el tiempo que las pilas estuvieron cubiertas con plástico como medida para controlar los vectores, se acumuló en el plástico gran cantidad de larvas que posteriormente fueron rociadas con cal, generando su mortandad.

9.3.5 Tiempo de maduración. De la Cruz Rodríguez, René (1996) citado anteriormente, dice que “Para determinar la madurez de la composta no existe un parámetro determinado, ya que el proceso de degradación no se da

uniformemente en los diferentes materiales, dado que algunos son más duros que otros. Los puntos que se toman como referencia para decidir que ya está lista la composta, son: que no se reconozcan la mayoría de los materiales originales, que tenga la apariencia de un material parecido a la tierra (de color oscuro, suelto y desmoronado y con olor a tierra húmeda), y el volumen del montón se reduce entre un 30 a 50% del inicial.”

De acuerdo con lo anterior, y a partir del control y registro permanente del comportamiento de las pilas de compostaje, las investigadoras determinaron que el proceso de maduración del material orgánico en la primera fase de la investigación concluyó a los 60 días de iniciado el proceso en el caso del tratamiento con Biostart Aquaclean y a los 75 días en los otros tratamientos. En la segunda fase de la investigación se determinó que el proceso de compostaje concluyó a los 75 en el caso de los tratamientos con EM, Bioterre y Testigo, y duró hasta los 90 días en el caso del tratamiento con Biostart Aquaclean.

Es de tener presente que la diferencia en el tiempo de maduración durante las dos fases de la investigación, se debió a la cantidad de material orgánico colocada a compostar, la cual varió 2 veces más en la segunda fase, que el volumen inicial, en la primera fase.

Tabla 55. Tiempo de maduración del material orgánico, para todos los tratamientos durante las fases I y II de la investigación

	DURACIÓN EN DÍAS POR TRATAMIENTO			
	BIOSTART AQUACLEAN	MICROORGANISMOS EFICIENTES	BIOTERRE SISVITA	TESTIGO
Fase I	60	75	75	75
Fase II	90	75	75	75

9.3.6 Costos por tratamiento. De acuerdo con la dosificación de los productos empleados en la investigación, se concretizan en la tabla 55 los costos invertidos por tonelada de residuos sometidos a proceso de compostaje en cada uno de los tratamientos.

Cómo se aprecia, la mayor inversión se realizó con tratamiento EM, en segundo lugar, fue con tratamiento Bioterre Sisvita y en tercer lugar con Biostart Aquaclean. No se registra costo invertido en el caso del tratamiento testigo, ya que los mismos corresponden únicamente a los del producto (acelerador de la descomposición) empleado, ya que los demás costos relacionados con preparación del material, recolección, organización de pilas de compostaje, control y registro de parámetros ambientales, etc. fueron iguales en todos los tratamientos.

Tabla 56. Inversión por tonelada de residuos sometidos a procesos de compostaje con los diferentes tratamientos desarrollados en la investigación.

TRATAMIENTO	COSTO DEL PRODUCTO PUESTO EN MOCOA, PUTUMAYO	CANTIDAD DE PRODUCTO EMPLEADO POR TONELADA DE RESIDUOS	INVERSIÓN POR TONELADA DE RESIDUOS ORGÁNICOS A COMPOSTAR
Biostart Aquaclean	\$ 650.000 / Cuñete de 50 onzas	20 gr en 1,5 Litros de agua	\$ 9.174
Microorganismos Eficientes - EM	\$ 128.000 / Garrafa de 30 Litros	5 Litros en 45 Litros de agua	\$ 21.333
BioterreSisvita	\$ 445.000 / Garrafa de 24 Litros	1 Litro	\$ 18.541
Testigo	\$ 0	-	\$ 0

9.3.7 Características fisicoquímicas, biológicas y de metales pesados de los productos obtenidos.

- **Análisis de Control de Calidad de los Productos Obtenidos.** En la tabla 56 se presenta el consolidado de los resultados de los análisis de control de calidad a las diferentes muestras de abonos orgánicos obtenidos luego de la aplicación de los tratamientos en las dos fases de la investigación.

A. Densidad aparente seca: De acuerdo con la norma NTC 5167 de 2004, el material orgánico óptimo para comercialización debe tener una densidad aparente seca, máxima de 0,6 gr/cc. Para todas las clases de compost, la densidad aparente que se obtuvo en el análisis de los diferentes tratamientos oscila entre 0,211 gr/cc y 0,253 gr/cc, lo que quiere decir que el valor es óptimo y está entre los rangos permitidos. Esta condición favorece una mayor porosidad, mayores tamaños en los agregados del suelo al que se incorporen, mayor estabilidad, contenido de humedad, aireación, y menor compactación, permitiendo un mejor desarrollo del sistema radicular de las plantas y una mayor actividad microbiana y diversidad de fauna del suelo.

B. pH: Según la NTC 5167-2004 los límites máximos permisibles de ph deben estar entre > 4 y < 9 con el propósito de favorecer la mayor disponibilidad o absorción de los minerales del suelo por parte de las plantas. De acuerdo con los análisis de laboratorio, el compost obtenido con las tecnologías Microorganismos Eficientes, Biostart Aquaclean, Bioterre Silvita y Testigo es muy alcalino, ya que su valor osciló entre 8,71 y 9,28, lo cual significa que el mismo restringe la solubilidad de varios elementos esenciales para el desarrollo de las plantas como por ejemplo el fósforo, el hierro, magnesio, zinc, cobre y boro, entre otros.

De acuerdo con los límites permisibles contenidos en la NTC 5167, el tratamiento Testigo, sería el único que cumple el requisito, sin embargo a criterio de algunos profesionales de la región entrevistados, consideran que el pH de todos los tratamientos realizados fueron apropiados, considerando que en la región predominan los suelos ácidos, lo cual puede contribuir a corregir el pH de los mismos, si precisamente con ese fin se acostumbra la adición de cal.

Tabla 57. Análisis físicos químicos aplicados a muestras de abonos orgánicos obtenidos con las tecnologías Microorganismos eficientes, Biostart Aquaclean, Bioterre Sisvita y Testigo en laboratorios Calderón de la ciudad de Bogotá.

Análisis de Control de Calidad	Muestra 12020 Testigo	Muestra 12021 Microorganismos Eficientes	Muestra 12022 Biostart Aquaclean	Muestra 12023 Bioterre Sisvita	Limite Maximo Permisible s/n RAS 2000	Limite Maximo Permisible s/n NTC 5167-2004
Densidad aparente Seca	0,309 gr/mL	0,315 gr/mL	0,211 gr/mL	0,253 gr/mL		Máximo 0,6 gr/cc
pH en pasta saturada	8,71	9,06	9,28	9,24		> 4 y < 9
CE en extracto de saturación	17,12 dS/m	16,41 dS/m	12,15 dS/m	16,02 dS/m		
Humedad	32,17 %P/P	32,38 %P/P	27,42 %P/P	29,77 %P/P		Máximo 35 %
Cenizas	42,18 %P/P	42,6 %P/P	40,77 %P/P	22,85 %P/P		Máximo 60 %
C.I.C.	22,52 meq/100 gr	24,34 meq/100 gr	26,56 meq/100 gr	29,92 meq/100 gr		Mín. 30 meq/100 gr
Nitrógeno Total	1,42 %P/P	1,39 %P/P	2,3 %P/P	1,57 %P/P		Declararlos si cada uno es mayor al 1%
N. Nítrico	0,27 %P/P	0,19 %P/P	0,91 %P/P	0,31 %P/P		
N. Amoniacal	< 0,01 %P/P	< 0,01 %P/P	< 0,01 %P/P	0,02 %P/P		
N. Orgánico	1,15 %P/P	1,2 %P/P	1,39 %P/P	1,26 %P/P		
Carbón Orgánico Oxidable Total	9,79 %P/P	10,2 %P/P	12,22 %P/P	11,38 %P/P		Mínimo 15 %
Relación C/N	6,9	7,36	5,31	7,26		
Retención de Humedad	90,55 %P/P	92,98 %P/P	119,39 %P/P	94,81 %P/P		Mínimo su propio peso
Sólidos Totales	67,83 %P/P	67,62 %P/P	72,58 %P/P	70,23 %P/P		
Sólidos Volátiles	25,65 %P/P	25,02 %P/P	31,81 %P/P	47,38 %P/P		

C. Conductividad Eléctrica (CE). El contenido salino del suelo suele medirse de forma indirecta, dado que la presencia de iones en el agua la hace conductora de la electricidad. Se utiliza la conductividad del extracto de saturación para estimar el contenido en sales solubles. Se entiende por extracto de saturación la solución extraída del suelo después de saturarlo con agua, buscando ponerlo en un punto cercano a su capacidad de campo, dada que esta es la situación más perdurable con una concentración mínima de sales. Un estado de mayor humedad presentaría una solución más diluida pero de escasa duración temporal; un estado más seco elevaría la concentración pero sería muy variable en el tiempo³².

³² <http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL5PQSalinidad.htm>

De acuerdo con las consultas realizadas, cuando la CE oscila entre 8 y 16, esta se cataloga como alta, y en un suelo en esas condiciones, sólo pueden desarrollarse las plantas muy tolerantes y con dificultad. Cuando la CE es mayor de 16, ésta se considera muy excesiva, y en tales circunstancias, no hay posibilidad de cultivo. Sólo se da la vegetación halófila³³.

En la misma fuente consultada, se afirma que cuando la conductividad eléctrica supera el valor de 8 dS/m, la mayor parte de las plantas se ven afectadas, pero su grado será máximo si abunda el sodio en la solución, lo que se traduce por un valor del pH superior a 8.5, que es el máximo generado por la presencia de carbonato cálcico. Esto hace que también se considere al suelo como salino cuando se dan las circunstancias apuntadas. Por otra parte la presencia de sodio en la solución del suelo genera una alcalinidad más alta que el calcio, por la mayor fuerza de la sosa como base que la de la cal. Por esta razón es conveniente medir el pH del extracto de saturación a la par que se mide la conductividad eléctrica, pues este parámetro nos sirve como índice de la sodicidad, o contenido del sodio en el suelo.

A partir de lo anterior y los resultados de las muestras de abono orgánico analizadas, correspondientes a todos los tratamientos, se concluye que en el caso de la muestra del tratamiento con Biostart Aquaclean la CE es alta, y para los otros tratamientos es excesiva; lo cual teniendo en cuenta que el pH es mayor a 8,5 permite catalogar en todos los casos, que el abono orgánico obtenido contiene sales en exceso que lo hace tóxico para las plantas.

D. Humedad: El porcentaje de humedad al finalizar el proceso en cada una de las tecnologías, se encuentra en óptimas condiciones, si se tiene en cuenta que los diferentes tratamientos tuvieron un % de humedad que osciló entre el 32,38% y 27,42% P/P y de acuerdo a los límites establecidos en la NTC 5167 de 2004, el límite máximo de humedad debe ser del 35%, en razón de lo cual se considera que la duración en la etapa de maduración fue la adecuada para que se permita la actividad microbológica y la obtención de un compost de características adecuadas.

E. Cenizas. De acuerdo a lo establecido en la norma NTC 5167 de 2004, en la cual se estipula que el contenido máximo de cenizas debe ser del 60%, se afirma que cada uno de los abonos orgánicos obtenidos con las diferentes tecnologías cumplen con los parámetros establecidos con un total de cenizas que oscila en un rango entre 22,85 y 42,60 % de P/P. Teniendo en cuenta, que estas hacen referencia al conjunto de minerales que se encuentran presentes en la materia orgánica y se caracterizan por que no arden ni se evaporan, y tienen un alto contenido de potasio, calcio, magnesio y otros minerales, se deduce que todos los

^{33 33} <http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL5PQSalinidad.htm>

tratamientos presentan condiciones óptimas, favoreciendo la calidad de los productos obtenidos.

F. Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC. Teniendo en cuenta que la CIC, es la capacidad que tiene la materia orgánica de extraer cationes del suelo, como K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} y que según la NTC 5167 de 2004 el límite mínimo permisible es de 30 meq/100 gr. se deduce que los análisis de las diferentes tecnologías, no cumplen con los requisitos determinados, porque los resultados oscilan entre 22,52 meq/100gr y 29,92 meq/100gr, lo que quiere decir que el producto obtenido tiene una baja capacidad de extraer cationes de la solución del suelo, favoreciendo la lixiviación de nutrientes e impidiendo que la planta pueda absorberlos.

G. Nitrógeno Total: Se debe tener en cuenta que el nitrógeno total está compuesto por nitrógeno nítrico, amoniacal y orgánico, cuyo Límite máximo permisible según NTC 5167-2004 tiene que ser mayor de 1%, Por lo cual se pudo determinar que el elemento está en buena proporción ya que su resultado fue de 1.39 – 2.3 % P/P siendo este importante en la formación de proteínas, ayuda con la parte verde de la planta como las hojas, aumenta la productividad y mejora la calidad del abono.

- **Nitrógeno orgánico:** es una forma no asimilable directamente por la planta. En condiciones de humedad, temperatura y mediante la enzima ureasa se transforma rápidamente en nitrógeno amoniacal. También se lo denomina como el elemento que forma parte considerable del suelo, en un 98%. Sus resultados están en un rango de 1,15 – 1,36% P/P, para todas las tecnologías, considerando que cumplen con los estándares permisibles de la NTC 5167 de 2004³⁴.
- **Nitrógeno amoniacal:** es el resultado de la primera transformación del nitrógeno orgánico. Esta forma del nitrógeno es soluble en agua y queda retenido por el poder absorbente del suelo. Es una forma transitoria, que se transforma en nitrógeno nítrico. Para todas las tecnologías su resultado oscila entre 0,19 %P/P y 0,91 %P/P, lo que quiere decir que se encuentra por debajo de los límites establecidos, impidiendo su transformación y el desarrollo completo del ciclo del nitrógeno en el suelo³⁵.
- **Nitrógeno nítrico:** su resultado oscila entre < 0,01 % P/P y 0,02 % P/P, encontrándose por debajo de los límites aceptables de la norma. Se debe tener en cuenta que el nitrógeno nítrico, es la forma en la que la planta absorbe la mayor cantidad de nitrógeno. Es muy soluble en agua y no es retenido por el poder absorbente del suelo, sino que desciende a capas

³⁴ <http://www.mirat.net./fertilizantes/nutrición/macronutrientes/nitrógeno.htm>

³⁵ Ibid.

profundas del terreno arrastrado por el agua. Durante este transporte es cuando las raíces deben tomarlo para no perderlo. Si el nitrógeno aportado con los fertilizantes está en esta forma química, gran parte del mismo puede perderse al subsuelo sin que las raíces tengan tiempo para tomarlo³⁶.

Teniendo en cuenta, los resultados, obtenidos y según las observaciones del Ing. Manuel Castillo, los parámetros del nitrógeno, no cumplen con requerido en cuanto a la cantidad y disponibilidad del elemento, afirmando que hay ausencia de organismos específicos, tales como Nitrosomas y Nitrobacterias.

H. Carbono Orgánico Oxidable Total: Se refiere al contenido de materia orgánica en el suelo. Según los resultados que se obtuvieron en los análisis de las muestras de abono orgánico obtenido con las diferentes tecnologías, éste oscilan entre 9,79 % P/P y 12,22 % P/P lo cual quiere decir que ninguno de los productos obtenidos de los diferentes tratamientos cumplen con lo estipulado en la norma ya que el límite máximo permitido según la NTC 5167-2004 es mínimo 15%.

I. Relación Carbono – Nitrógeno C/N: Se debe tener en cuenta que aunque la NTC 5167-2004 relaciona éste parámetro para determinar la calidad del abono orgánico procedente de residuos urbanos no establece un valor comparativo con el cual se pueda realizar un juzgamiento de la calidad de los productos obtenidos; tampoco lo establece el RAS 2000; sin embargo, a partir de la revisión bibliográfica se determina que la relación encontrada en las muestras es baja, pues los documentos consultados definen que la relación C/N óptima debe estar comprendida entre 25 y 30, y esta relación se hace cada vez menor con el tiempo de compostaje debido a la transformación de la materia orgánica y al desprendimiento del carbono en forma de CO₂; y que cuando se trabajan relaciones pequeñas, es posible que el aprovechamiento de los nutrientes no sea el óptimo, lo que puede llegar a afectar la calidad del producto final³⁷.

Además si la relación C/N es muy baja se producen pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco, mientras que cuando los valores son muy elevados la disponibilidad del nitrógeno es baja, repercutiendo en un descenso de la actividad orgánica lo cual alargaría considerablemente el proceso de compostación³⁸.

J. Retención de humedad: Confrontando los resultados obtenidos con lo establecido en la NTC 5167, se determinó que los tratamientos Testigo con un 90,55 % P/P, Microorganismos Eficientes con un 92,98 %P/P, y Bioterre Sisvita con el 94,81 % P/P, no cumplen, por poco, la norma, siendo Biostart Aquaclean con 119,39 % P/P la única que cumple con el límite permisible.

³⁶ Ibid.

³⁷ Muñoz T. José Sélimo. Compostaje en Pescador Cauca. 2005.

³⁸ Ibid, p.29

A partir de las revisiones bibliográficas y los análisis realizados, se deduce que si esta propiedad es la que determina la capacidad del abono para retener el agua, proporcionando las condiciones de humedad adecuadas para favorecer un buen desarrollo de las plantas, se analiza que aunque 3 de los tratamientos presentaron valores por debajo del límite permisible, cómo estos están muy cerca al límite establecido, se puede catalogar la calidad como aceptable.

K. Sólidos totales: De acuerdo con los resultados de los análisis de laboratorio, en los diferentes tratamientos se obtuvieron sólidos totales entre 67,83 % P/P, 67,62 % P/P, 72,58 % P/P, y 70,23 % P/P respectivamente.

Al hacer la respectiva revisión bibliográfica, no se encontraron parámetros que puedan establecer la cantidad máxima o mínima permisible para el suelo y los abonos orgánicos, siendo estos parámetros en su mayoría analizados únicamente en el recurso agua.

Partiendo de lo anterior y teniendo en cuenta que los sólidos totales hacen referencia los sólidos sedimentables, los sólidos disueltos y los sólidos en suspensión, se puede decir que los valores obtenidos para las 4 tecnologías son buenos, ya que esto garantiza que la cantidad de sólidos se mantengan en el producto, y por consiguiente que no haya pérdida de material.

L. Sólidos volátiles: Se parte de aclarar que los sólidos volátiles son la porción de la materia orgánica que se puede eliminar o volatilizarse cuando ésta se quema en una mufla a una temperatura de 550°C, transformándose la materia orgánica en gas carbónico y agua que se volatilizan.

Según los análisis realizados los datos obtenidos para cada uno de los tratamientos fueron: Testigo 25,65 %P/P, Microorganismos Eficientes 25,02 % P/P, Biostart Aquaclean 31,81 %P/P, y Bioterre Sisvita 31,81% P/P.

De acuerdo con lo anterior, se concluye que los tratamientos testigo y EM fueron los tratamientos que presentaron menor cantidad de sólidos volátiles, y Bioterre y Biostart presentan mayores de volatilización de algunos de los sólidos que contienen.

- **Análisis de metales pesados en el compost obtenido mediante las diferentes tecnologías**

En la tabla 58 se presentan los resultados de los análisis de metales pesados. Los datos demuestran que la cantidad presente de éstos en cada uno de los productos obtenidos en los diferentes tratamientos, cumple con los estándares de calidad establecidos en la norma.

Los elementos de mayor preocupación para la salud de los seres humanos son el cadmio, plomo, arsénico, selenio y mercurio, los cuales están muy por debajo de los límites permisibles. Cuando los mismos están presentes en los abonos, puede aumentar su concentración en las cosechas y ser tóxica para los seres humanos.

Tabla 58. Resultados de análisis fisicoquímicos de metales pesados encontrados en el compost obtenido mediante las diferentes tecnologías

Metales Pesados Analizados	Resultados en Unidades: mg/kg (Peso Seco)					
	Muestra 12024 Testigo	Muestra 12025 Microorganismos Eficientes	Muestra 12026 Biostart Aquaclean	Muestra 12027 Bioterre Sisvita	Límite Máximo Permisible s/n RAS 2000	Límite Máximo Permisible s/n NTC 5167-2004
Arsénico - As	0,62	1,67	0,92	1,09	54	41
Cadmio - Cd	0,26	0,23	0,27	0,17	18	39
Cobre - Cu	35	35	45	35	1200	-
Cromo - Cr	5,86	8,12	7,67	7,23	1200	1200
Mercurio - Hg	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	5	17
Zinc - Zn	135	115	155	127,5	1800	-
Molibdeno - Mo	1,05	1,21	1,24	1,02	20	-
Niquel - Ni	7,96	10,39	9,07	8,35	180	420
Plomo - Pb	6,56	13,24	15,94	7,57	300	300
Selenio - Se	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	14	-
Cobalto - Co	2,12	4,42	1,27	3,84	15	-

Consultada la opinión del ingeniero agrónomo Manuel Castillo, se conoció que la presencia, aunque leve de los mismos en los productos finales de la degradación de la materia orgánica, se debe al origen de los mismos, es decir cómo son procedentes de los desechos domiciliarios, es natural la presencia en ellos debida a la aplicación directa de agroquímicos en la producción de los alimentos, aplicación de insumos en el procesamiento, combustibles, etc.

- **Análisis microbiológico, de Enterobacterias y Salmonella sp**

La presencia de bacterias y hongos en la materia orgánica es buen indicador ya que determina que son procesos naturales y además favorecen la descomposición de la materia orgánica durante todas las fases del proceso de compostación.

Sin embargo, algunos microorganismos son patógenos y representan una amenaza en la salud de las personas, pues si están presentes en los abonos, pueden transferirse a los alimentos que posteriormente pueden ser consumidos por las personas, o si se aplican como fertilizantes, igual pueden contaminar las aguas por la escorrentía de las aguas lluvias que caigan sobre el terreno sobre el cual pueden ser aplicados; por esto es fundamental determinar en la calidad de los

productos finales, la presencia de coliformes totales y fecales, escherichia coli, salmonella y enterobacterias.

En la tabla 59 se presenta el consolidado de los resultados obtenidos para cada uno de los cuatro tratamientos que se sometieron a experimentación en esta investigación.

Tabla 59. Resultados de los análisis microbiológicos obtenidos en laboratorios Calderón, aplicados a los productos finales del proceso de compostaje del material orgánico mediante las diferentes tecnologías.

Análisis Microbiológico	Resultados en Unidades: UFC/gr (Muestra Seca)					
	Muestra 6174 Testigo	Muestra 6175 Microorganismos Eficientes	Muestra 6176 Biostart Aquaclean	Muestra 6177 Bioterre Sisvita	Limite Maximo Permissible s/n RAS 2000	Limite Maximo Permissible s/n NTC 5167-2004
Coliformes fecales	< 10 UFC/gr	11*10 E 1 UFC/gr	3*10 E 1 UFC/gr	15*10 E 1 UFC/gr	< 1000 UFC/gr	
Escherichia coli	< 10 UFC/gr	11*10 E 1 UFC/gr	3*10 E 1 UFC/gr	15*10 E 1 UFC/gr	-	
Coliformes totales	9*10 E 4 UFC/gr	7*10 E 4 UFC/gr	1*10 E 3 UFC/gr	4*10 E 3 UFC/gr	-	

Análisis de Enterobacterias y Salmonella sp.	Resultados en Unidades: UFC/gr (Muestra Seca)					
	Muestra 6170 Testigo	Muestra 6171 Microorganismos Eficientes	Muestra 6172 Biostart Aquaclean	Muestra 6173 Bioterre Sisvita	Limite Maximo Permissible s/n RAS 2000	Limite Maximo Permissible s/n NTC 5167-2004
Enterobacterias	33*10 E 3 UFC/gr	34*10 E 2 UFC/gr	9*10 E 1 UFC/gr	30*10 E 3 UFC/gr	-	< 1000 UFC/gr
Salmonella sp.	Ausencia/25 gr	Ausencia/25 gr	Ausencia/25 gr	Ausencia/25 gr	-	Ausencia/25 gr

El análisis de los resultados deja ver que en términos generales, todos los productos obtenidos presentaron buen comportamiento microbiológico, respecto a la presencia de patógenos, de acuerdo con los límites máximos permisibles establecidos en la norma RAS 2000 y la NTC 5167; sin embargo, en lo referente a la presencia de Enterobacterias se deduce que según los estándares establecidos por la norma NTC 5167, los abonos de las tecnologías EM, Testigo y Bioterre no cumplieron con los parámetros, reportándose presencia de éstos superiores a las 1000 UFC a diferencia del abono obtenido con la tecnología Biostart Aquaclean, el cual si cumplió con la norma con un total de 9*10e1 UFC/gr.

El análisis que se hace, es que el resultado se debió a que las temperaturas superficial y profunda durante todo el proceso de compostaje no alcanzó el rango de los 60 a 75°C durante lapsos de tiempo suficientes, y además los días que las mismas estuvieron por encima de 55°C fueron pocos, lo que impidió que el material se sanitizara.

- **Análisis de granulometría de las diferentes tecnologías**

Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica³⁹.

La escala granulométrica define el tipo de material, de acuerdo con el tamaño de las partículas, de tal manera, por ejemplo, que las partículas cuyo tamaño oscila entre los 2 y 0,06 mm se clasifican como arenas y de 2 a 6 mm se consideran como gravas.

De acuerdo con lo anterior, se analizan los datos obtenidos para cada uno de los productos obtenidos de los diferentes tratamientos que se presentan en la tabla 60, demostrando que prácticamente las partículas se podrían catalogar como arenas.

Tabla 60. Resultados de los análisis de granulometría aplicados al producto final obtenido en la descomposición del material orgánico mediante las diferentes tecnologías

Gravimetría en seco	Resultados en Unidades: %P/P Retenido			
	Muestra 12020 Testigo	Muestra 12021 EM	Muestra 12022 Biostart Aquaclean	Muestra 12023 Bioterre Sisvita
Malla 5 (4 mm)	10	9	9	12
Malla 10 (2 mm)	20,8	25,4	25,2	20
Malla 20 (0,85 mm)	33	33,2	33,2	32,4
Malla 40 (0,425 mm)	18,6	17,8	17,8	19,4
Malla 60 (0,25 mm)	5,4	4,2	4,2	4,2
Malla 100 (015 mm)	5,6	3,6	3,6	3,6
Pasante	6,6	6,8	9	8,4

Los datos de la tabla 60 también dejan ver que en todos los tratamientos, los mayores porcentajes del peso de las partículas sobre el peso total de las muestras fueron de 2 mm con porcentajes entre el 20 y 25 % en todos los casos; de 0,85 mm de diámetro de las partículas oscilando entre el 32 y 33% en todos los casos; y de 0,425 mm de diámetro de las partículas oscilando entre el 17,8 y 19,4% en todos los casos.

Lo anterior demuestra que la estructura de los agregados de los productos obtenidos en todos los tratamientos fue uniforme, denotando una calidad similar en tal sentido.

³⁹ http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_granulom%C3%A9trica

- **Análisis general de resultados**

Se parte de tener en cuenta que el Decreto 1713 de 2002, en su artículo 78 establece lo siguiente:

Artículo 78. Requisitos previos para comercialización de materia orgánica estabilizada. Los productos finales obtenidos mediante procesos de compostaje y lombricultura, para ser comercializados, deben cumplir, previamente, los requisitos de calidad exigidos por las autoridades agrícolas y de salud en cuanto a presentación, contenido de nutrientes, humedad, garantizar que no tienen sustancias y/o elementos peligrosos que puedan afectar la salud humana, el medio ambiente y obtener sus respectivos registros.

En tal sentido en Colombia los requisitos están contenidos en la Resolución 00150 de 2003 expedida por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, en la cual se define a la norma NTC 5167 de 2004, como la norma que establece los requisitos de calidad y comercialización de abonos orgánicos, por tanto, los análisis de la calidad del abono que se realizaron fueron los contenidos en la norma, cumpliendo cada uno con los estándares establecidos y considerados para determinar su comercialización; sin embargo, en consultas realizadas con los Ingenieros Agrónomos Efraín Rodríguez Lievano y Manuel Castillo, consideran que el análisis quedó incompleto y no se puede establecer con claridad la eficiencia y efectividad del abono orgánico en cualquiera de las tecnologías, porque faltan los resultados de algunos elementos químicos considerados esenciales y fundamentales, entre ellos N, P, K, Ca, S. entre otros, además sin estos elementos no se puede determinar con exactitud la relación C/N y Ca/Mg.

Finalmente de acuerdo con lo establecido en el numeral 4.2 de la NTC 5167 que trata sobre criterios de aceptación o rechazo de la muestra, se concluiría que, el único lote que cumple la norma, es el de la muestra con tratamiento Biostart Aquaclean, respecto al límite permisible de Enterobacterias; sin embargo, como no existen, otros análisis de comprobación, difícilmente los integrantes del semillero de investigación, pueden afirmar que los resultados dependen expresamente del tratamiento, hasta tanto no se hagan otros análisis que permitan hacer tal aseveración.

10. CONCLUSIONES

A partir del análisis integral de los indicadores económicos, técnicos y ambientales evaluados, los investigadores consideran que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con los Paquetes Tecnológicos empleados y el Testigo, y por el contrario, el tratamiento Testigo presentó en algunos casos mejores resultados; por tanto la primera conclusión de la investigación, es que no se justifica la inversión en la adquisición de aceleradores de degradación de la materia orgánica o paquetes tecnológicos para desarrollar sistemas de aprovechamiento de residuos orgánicos; conclusión igualmente encontrada en algunos de los trabajos de investigación que se tomaron como referencia para la elaboración del presente estudio.

De acuerdo con lo anterior, el semillero de investigación igualmente concluyó recomendar a la empresa ESMOCOA ESP el diseño de un sistema de aprovechamiento de los residuos orgánicos a partir de procesos naturales lo cual le permitirá aminorar significativamente costos, pero que igualmente es necesario avanzar en esta clase de investigación hasta encontrar el tratamiento que le ofrezca la posibilidad de obtener productos de mejor calidad, que cumplan todos los parámetros establecidos en las normas técnicas que reglamentan las condiciones y requisitos para la comercialización y utilización de los acondicionadores de suelos obtenidos a partir de la degradación de la materia orgánica.

Los expertos en compostaje, muy seguramente consideraran que se presentaron errores en los registros, ya que no es normal que un proceso de compostaje natural se demore igual que un proceso de compostaje con un acelerador de la degradación de la materia orgánica, sin embargo, los investigadores consideran que esta situación se pudo deber al hecho que en el caso del tratamiento con EM hay que aplicarle mucha agua para la aplicación del producto, lo cual retarda el secado, y en especial considerando que después del 26 día en el caso de la fase I y del 43 día en el caso de la fase 2, las temperaturas alcanzadas por el material en proceso de compostación fueron muy bajas..

En el caso del tratamiento con Bioterre Sisvita, los investigadores consideran que la demora en el proceso pudo estar condicionada a que las temperaturas nunca sobrepasaron los 50°C, lo cual igualmente incidió en que el material orgánico no secase rápidamente. En cambio, en el caso del tratamiento Testigo nunca se le aplicó agua, y hubo lapsos de 12 días o más en que las temperaturas fueron superiores a las registradas por EM y Bioterre, lo cual pudo incidir en que prácticamente igualara los tiempos de maduración del proceso.

El tratamiento con EM se empleó conforme a las instrucciones dadas por la casa distribuidora, sin embargo, a partir de la investigación se considera que es

necesario reducir la cantidad de agua para su aplicación, ya que por el alto grado de humedad del material orgánico en la región, si se le adiciona agua, se propician condiciones anaeróbicas conllevando malos olores, mayor generación de lixiviados, y mayor tiempo de secado.

Desafortunadamente las investigadoras e investigador no pudieron precisar las condiciones que llevaron a que las 3 replicas del tratamiento con Bioterre Sisvita, en la primera fase de la investigación se pudieran, sin embargo, se supone que pudo deberse a que los días en que se aplicó el tratamiento, había alta humedad relativa en el ambiente, ya que durante toda la semana llovió, por lo cual, como el producto hace que la temperatura no se eleve por encima de los 50°C, el agua se pudo quedar estancada entre las partículas generándose condiciones anaerobias.

En el caso del tratamiento con la tecnología Biostart Aquaclean, como no se encontraron resultados similares en las 2 fases de la investigación, se considera que los resultados no fueron significativamente representativos en comparación con el costo a invertir en comparación con un testigo.

Los resultados de la investigación permitieron determinar que la tecnología Bioterre Sisvita producido por la empresa Sisvita Biotechnologies S.A. que en un inicio se había definido como el paquete tecnológico de mayor eficiencia en la degradación de la materia orgánica, y disminución en la proliferación de vectores, generación de olores y lixiviados, no cumplió con las expectativas esperadas, debido a que durante el proceso investigativo no presentó resultados significativos respecto a las demás tecnologías y en relación con el testigo, por lo que se concluye que la hipótesis planteada al inicio de la investigación no fue la más acertada.

Finalmente, los integrantes del semillero de investigación concluyeron que controlando los procesos naturales se pueden obtener buenos resultados en los procesos de degradación de la materia orgánica, a bajos costos; conclusión corroborada y validada por los organizadores del 53 Congreso Nacional de ACODAL donde se presentaron los resultados de la investigación, quienes afirmaron que después de más de una década y de invertir millones de recursos en la aplicación de estas y otras tecnologías similares en la ciudad de Medellín para tratar los residuos orgánicos generados en esa ciudad, habían llegado a la misma conclusión.

11. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados de la investigación y las implicaciones que una aseveración de esta naturaleza puede ocasionar en el mercado de los paquetes tecnológicos citados, las investigadoras, consideran que es necesario que el ITP y las mismas empresas, patrocinen otras investigaciones con iguales o similares objetivos, realizando estrictas medidas de control y seguimiento a los procesos, que permitan ajustar sus paquetes tecnológicos o guías de uso, para garantizar los resultados que en las etiquetas y manuales de dichos productos se están ofertando para todo el país. Las investigadoras quieren hacer precisión que los resultados obtenidos no pretendían desvirtuar la calidad de estos productos para los propósitos que se vienen ofertando, pero los resultados de la investigación hacen prever esta situación si se quieren garantizar mejores resultados en los procesos de aprovechamiento de los residuos orgánicos que se desarrollen en la Amazonia o sitios con condiciones ambientales similares.

De igual manera sería importante que estas mismas u otras empresas privadas o instituciones desarrollen estudios encaminados a definir y aislar microorganismos *nativos* especializados en la degradación de la materia orgánica tendiente a desarrollar un paquete microbiano que garantice resultados efectivos en procesos de compostaje de los residuos orgánicos, que permitan reducir al máximo la introducción de microorganismos “*extranjeros*” al ambiente regional, como medida preventiva para evitar alguna alteración en la fauna microbiana nativa, o que pueda desencadenar interferencia en las relaciones interespecíficas de las especies microbiológicas regionales.

Diferentes actores, y entre ellos la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia, Corpoamazonia, autoridad ambiental del Sur de la Amazonia Colombiana, con jurisdicción en el departamento del Putumayo, en su libro *Atlas Ambiental Del Putumayo* (2007), afirma que en el Putumayo, existen suelos formados a partir de los depósitos volcánicos (en el Valle de Sibundoy) que presentan un grado de fertilidad aceptable, y los suelos del piedemonte y planicie amazónica que son pobres en nutrientes y requieren un tratamiento especial para su manejo y producción. Esta situación hace prever la necesidad e importancia de desarrollar sistemas de aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en las cabeceras municipales con el fin de proveer acondicionadores de suelo para mejorar el rendimiento agropecuario; por tanto se recomienda al Instituto Tecnológico del Putumayo, Universidad de la Amazonia, Universidad del Tolima y Otras Universidades e Institutos de Educación Superior con presencia en la región, que en cumplimiento de lo estipulado en el artículo 80 del Decreto 1713 de 2002, promocionen entre los docentes y estudiantes la realización de nuevos proyectos de investigación con similares propósitos, que permitan construir fundamentos técnicos encaminados a recomendar que se adopte, como parte de las políticas sectoriales para el Desarrollo Sostenible de la Amazonia, la decisión

de “*prohibir la disposición final de los residuos orgánicos en la región*” y de que las Empresas de Servicios Públicos de Amazonas, Caquetá y Putumayo, implementen el componente de tratamiento y aprovechamiento de los residuos orgánicos como parte fundamental del servicio de aseo, y del plan de gestión integral de residuos sólidos municipales.

Finalmente los integrantes del semillero de investigación se permiten recomendar al Instituto Tecnológico del Putumayo, se capacite a personal docente en lo referente al tema de análisis e interpretación de resultados de laboratorios, para que de esta manera brinden apoyo, orientación y recomendación adecuada y oportuna a todo el cuerpo estudiantil interesado en el tema.

BIBLIOGRAFIA

BONILLA A., María del Pilar, y MOSQUERA R. Mariela. Seguimiento a la presencia de Rotavirus A en un proceso de compostaje realizado a partir de residuos orgánicos domiciliarios y contenido ruminal. Pontificia Universidad Javeriana, Tesis de Grado, Bogotá, 2007, 124 p.

CASTILLO Ríos Carlos Julio. Elaboración de Compost en Manzanas a partir de Residuos Orgánicos Urbanos, Fundación Social de Manzanas, 2006, 5 p.

CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO (CIID Canadá), Programa de Gestión Urbana para América Latina y El Caribe (PGU-ALC/UN-HABITAT, Ecuador) e ILPES, Promoción del Desarrollo Sostenible (Perú), Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en Agricultura Urbana, 2002, 4 p.

CEPEDA P. Leidy Andrea, y VALENCIA C. Sandra Patricia, Aislamiento de bacterias lipolíticas y determinación de patógenos humanos *Escherichia Coli* Y *Salmonella Sp.* a partir de residuos orgánicos domiciliarios en compostaje. Pontificia Universidad Javeriana, Tesis de Grado, Bogotá, 2007, 105 p.

CORPOAMAZONIA, Disposición final actual de Residuos Sólidos Convencionales en el departamento del Putumayo, octubre 2008, 25 p.

Decreto Ley 2811 de 1974, por el cual se dicta el Código de los Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente. Congreso de la República. Bogotá, 1974.

DE LA CRUZ Rodríguez, Aprovechamiento de Residuos Orgánicos, a través de Composteo y Lombricomposteo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Fitomejoramiento, México, 2005, 14 p.

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 1486 (sexta actualización), en Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas. Bogotá, Colombia, 2009, 36 p.

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5613. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura, en Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas. Bogotá, Colombia, 2009, 33 p.

INCONTEC. Norma Técnica Colombiana 5167 de 2004. Productos para la Industria Agrícola. Productos orgánicos usados como Abonos o Fertilizantes y Enmiendas de Suelo. Bogotá, Colombia, 2010, 40 p.

INSTITUTO AMAZÓNICO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS SINCHI, Informe de Gestión 2008, Bogotá, 2009, 142 p.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA, Resolución No. 00150 de enero de 2003, por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia, 18 p.

JARAMILLO H. Gladys y ZAPATA M. Liliana, Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia, Monografía para optar el título de Especialistas en Gestión Ambiental, Universidad de Antioquia, 2008.

LEY 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA- y se dictan otras disposiciones. Congreso de la República. Bogotá, 1993.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico, Título F. Bogotá, 2000, 236 p.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política para La Gestión de los Residuos Sólidos. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, Colombia. 1998.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Selección de Tecnologías para el Manejo Integral de Residuos Sólidos – Guía Ambiental. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, Colombia. 2002.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política Nacional de Investigación Ambiental. Bogotá D.C. Diciembre de 2001.

MUÑOZ T. José Selimo, Compostaje en Pescador, Cauca: Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas medioambientales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Universidad Nacional de Colombia, Tesis de Grado, Palmira, 2005, 105 p.

PALOMINO, M., SÁNCHEZ, Y., MARTÍNEZ, M.M., PEDROZA, A. Evaluación de un inoculante termofílico como acelerador del proceso de compostaje de residuos sólidos municipales realizado en Sogamoso (Boyacá). Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Microbiología, Bogotá, Colombia, 2002, 82.

PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.63.

PUERTA Echeverry Silvia María, Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos, Corporación Universitaria Lasallista, Revista Lasallista de Investigación Vol. 1 No.1, s.a., 10 p.

RODRÍGUEZ, A. Ruiz, M. Martínez-Salgado, A. Matiz, Uso de un inoculante termofílico en la transformación de residuos sólidos urbanos (RSU). UNIVERSIDAD JAVERIANA

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS, Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia, Bogotá, 2008, 83 p.

TORRES MUÑOZ, Alicia. Metodología para la presentación de la propuesta de grado en ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, Bogotá, s.a., 13 p.

ANEXOS

Anexo A. Formato para el control de factores ambientales y de comportamiento de las pilas de materia orgánica en proceso de compostaje, empleado durante la investigación.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y EXTENSIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA - CIECYT
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN ARCOIRIS



EMPRESA MPAL DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE MOCO A
SECCIÓN OPERATIVA DE ASEO Y MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE MOCO A, PUTUMAYO

FORMATO DE CONTROL DE FACTORES AMBIENTALES Y DE COMPORTAMIENTO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE

FECHA	HORA	Tº AMB (°c)	HR (%)	NOMBRE DEL TRATAMIENTO:														
				PILA 1 - FECHA MONTAJE:					PILA 2 - FECHA MONTAJE:					PILA 3 - FECHA MONTAJE:				
				Tº SUPERF	Tº - PROF	MOSCAS	GASES	LIXIV	Tº SUPERF	Tº - PROF	MOSCAS	GASES	LIXIV	Tº SUPERF	Tº - PROF	MOSCAS	GASES	LIXIV

ANEXO B.
RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE CONTROL DE CALIDAD A LAS MUESTRAS DE ABONO ORGANICO OBTENIDAS EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

**ANEXO C.
RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE METALES PESADOS
A LAS MUESTRAS DE ABONO ORGANICO OBTENIDAS
EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS**

**ANEXO D.
RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS A
LAS MUESTRAS DE ABONO ORGANICO OBTENIDAS EN
LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS**

**ANEXO E.
RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE ENTEROBACTERIAS
Y SALMONELLA S.P. A LAS MUESTRAS DE ABONO
ORGANICO OBTENIDAS EN LOS DIFERENTES
TRATAMIENTOS**