

Diseño e implementación de un proyecto de lombricultura para la obtención de humus a partir del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el Asilo San José – Tunja (Boyacá)

Diana Carolina Guerra Plazas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia –UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Ingeniería Ambiental
Noviembre 2020

Diseño e implementación de un proyecto de lombricultura para la obtención de humus a partir del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el Asilo San José – Tunja (Boyacá)

Diana Carolina Guerra Plazas

Proyecto de grado para optar el título de Ingeniero Ambiental

Director

César Augusto Guarín Campo

Ing. Ambiental y de Saneamiento

Esp. Sistemas Integrados de Gestión (QHSE)

Universidad Nacional Abierta y a Distancia –UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Ingeniería Ambiental

Noviembre 2020

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios padre todo poderoso por llenarme de infinitas bendiciones, darme la sabiduría, fortaleza para permitirme vivir esta estupenda experiencia, a los integrantes de familia que me han apoyado en cada momento en el transcurso de mi estudio, a mi novio y amigos que de una u otra manera contribuyeron durante el desarrollo del proyecto, a la Universidad Nacional Abierta a Distancia UNAD, al cuerpo de docente que contribuyeron a mi formación profesional con visión social.

Al Ingeniero César Augusto Guarín Campo por su asesoría, dedicación y acompañamiento en el desarrollo del proyecto.

De igual forma agradezco a la Directora del Asilo San José de la ciudad de Tunja (Boyacá), la señora Fanny Moreno, por el espacio brindado, la confianza, el apoyo para que se llevara a cabo el desarrollo del proyecto dentro de las instalaciones de la institución. Y a todos los trabajadores entre los que destaco al señor Hernando y Baldomero que, con su compromiso, y servicio, hicieron posible el desarrollo de este proyecto.

Me siento muy agradecida con todos ustedes.

DIANA CAROLINA GUERRA PLAZAS

Dedicatoria

Dedico primeramente a Dios el autor de la vida, el que me ha llenado de sus dones y bendiciones, para hacer de este proyecto una realidad.

A mi Madre Campos Plazas y Padre Jaime Guerra, quienes, son el pilar más importante de mi vida, me han formado con grandes valores y dado ejemplo de servicio, trabajo y amor por lo que hacen, lo que me ha ayudado para mi crecimiento personal y profesional; los amo con todo el corazón. A cada una de mis hermanas y en especial a mi hermana Dora, por su acompañamiento durante este caminar. A mis amigos y amigas que me han alentado y brindado herramientas para fortalecer mis conocimientos, entre las que destaco a Gelwy Ruiz un gran ser humano lleno de amor, servicio; su apoyo a sido constante, me ha enseñado que nada en la vida es imposible, y se ha convertido en una segunda madre para mí.

A mi novio William, por su entrega y apoyo incondicional para que este proyecto fuera una realidad; con trabajo hombro con hombro cuando lo necesite, te amo.

A mi compañero de estudio Herney López, quien me acompañó en gran parte del proceso, le agradezco de corazón toda su colaboración y le hago participe de este logro obtenido.

Al ingeniero César Augusto Guarín Campo, por gran ejemplo de trabajo, su conocimiento ofrecido, el apoyo suministrado en el desarrollo del proyecto. Y a todos los demás profesionales pertenecientes a la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente-ECAPMA, que con su trabajo han logrado contribuir al final de este proceso.

Mis más sinceros agradecimientos a cada uno de ustedes.

DIANA CAROLINA GUERRA PLAZAS

Tabla de Contenido

Resumen.....	23
Introducción	27
Problema de Investigación	29
3.1. Formulación del Problema	30
Justificación	31
Objetivos.....	33
5.1. Objetivo general.....	33
5.2. Objetivos específicos	33
6.1. Marco Teórico	34
6.2. Marco Conceptual.....	36
6.3. Marco Legal.....	39
Información inicial del Asilo San José –Tunja (Boyacá)	46
7.1. Misión de la Institución.....	46
Ubicación del Área Destinada para el Cuarto de Lombricultura y Compostaje	47
Lombricultura.....	49
9.1. Especies de Lombrices Cultivables	49
9.2. Generalidades de la lombriz roja californiana	51
9.3. Reproducción.....	52
9.4. Medición de Parámetros.....	54
9.5. Alimentación de la Lombriz	55

	6
Productos Derivados de la Lombricultura	56
Compostaje.....	57
Proceso de Degradación en el Compostaje	57
Parámetros a Tener en Cuenta para el Proceso de Compostaje	59
Antecedentes	65
Descripción del Problema	67
Localización Geográfica	68
Descripción de la Propuesta.....	70
Análisis Técnico	71
Construcción de Cuarto de Lombricultura con sus Respectivas Camas y Cámara de Estabilización de RSO (Adaptación del Terreno y Tanque, Corte y Armado)	73
19.1. Materiales	73
Adaptación del terreno.....	73
Manejo y Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos Mediante la Lombricultura y el Compostaje	77
Caracterización, Separación, Recolección, Acopio, Transformación y Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos Mediante la Lombricultura y Compostaje	77
Implementación de la Lombricultura como Alternativa de Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos y Adicionalmente se Implementa el “Compostaje” por la Cantidad de Residuos que se Generan en el Asilo San José	84

Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos por Medio de la Alternativa del	
Compostaje	95
Resultados y Análisis Obtenidos.....	107
24.1. Registro diario de temperatura, pH y humedad en la alternativa de lombricultura	107
24.2. Registro semanal de Temperatura, pH y Humedad en la Alternativa del Compostaje	136
Análisis Económico, Financiero, Social y Ambiental.....	169
Análisis Económico	169
Análisis Financiero	171
Análisis Social.....	173
Análisis Ambiental	175
Conclusiones	176
Recomendaciones	178
Bibliografía	179
Anexos	188

Lista de Tablas

Tabla 1. Normatividad Colombiana sobre los Residuos Sólidos	39
Tabla 2. Parámetros a tener en cuenta en la lombricultura	54
Tabla 3. Características para evaluar un compost maduro	64
Tabla 4. Cantidad de residuos sólidos orgánicos tratados en la lombricultura y compostaje	78
Tabla 5. Niveles de humedad obtenidos durante el proceso de lombricultura y compostaje.....	111
Tabla 6. Análisis Económico	169
Tabla 7. Análisis Financiero	172

Lista de Figuras

Figura 1. Perspectiva ubicación Asilo San José	46
Figura 2. Área uno (1) y Área dos (2) Tanque Antiguo	47
Figura 3. Disposición final de RSO	48
Figura 4. Parte anterior de la lombriz de tierra	50
Figura 5. Lombriz roja californiana	51
Figura 6. Cópula y formación del capullo de huevos de lombriz de tierra	53
Figura 7. Dinámica del proceso de degradación en compostaje.....	57
Figura 8. Parámetros que se tienen en cuenta en compostaje	59
Figura 9. Residuos húmedos y Residuos secos (pasto de poda).....	61
Figura 10. Gama de colores pH	62
Figura 11. Medición de pH, planta de compostaje Universidad Nacional de Colombia	63
Figura 12. Ubicación del Asilo San José de la ciudad de Tunja.....	68
Figura 13. Diagrama proceso de proyecto.....	72
Figura 14. Construcción cuarto y camas de lombricultura.....	74
Figura 15. Adaptación del tanque	75
Figura 16. Caneca para la recolección de lixiviado	75
Figura 17. Plataforma de secado.....	76
Figura 18. Capacitación al personal de la institución	79
Figura 19. Canastilla con RSO para el área de picado	80
Figura 20. Acopio y pesaje de RSO.....	81
Figura 21. Cultivo de la institución abonado con humus y compostaje.....	82

	10
Figura 22. Termómetro digital LDC laser (temperatura externa).....	84
Figura 23. Medidor digital de humedad, pH y temperatura interna.....	85
Figura 24. Pie de cría lombriz roja californiana	86
Figura 25. Aplicación del RSO a las lombrices.....	87
Figura 26. Conteo manual de lombrices por cada cama	88
Figura 27. Cocón o huevos de lombriz roja californiana	88
Figura 28. Cría recién salida del cocón y lombriz adulta y joven de ½ centímetro.....	89
Figura 29. Temperatura externa, temperatura interna, pH y humedad	90
Figura 30. Aplicación de CMR y cubrimiento con pasto seco	91
Figura 31. Trampa con costal de malla y muestra humus recolectado sin cribar	93
Figura 32. Surcos comparativos con (humus, compostaje y sin abonos).....	94
Figura 33. Picado manual de residuos sólidos orgánicos.....	96
Figura 34. Báscula clásica con gancho y laso con palo de escoba para pesar.....	97
Figura 35. Elaboración de capas y mezcla de capas	98
Figura 36. Elaboración de la pila y aplicación de lixiviado para humedecer la pila	99
Figura 37. Lixiviado generado del compostaje y preparación con CMR y panela.....	100
Figura 38. Temperatura, humedad y pH en pila de compostaje	101
Figura 39. Volteo de las pilas de compostaje	102
Figura 40. Compostaje listo para cosechar.....	103
Figura 41. Elaboración de surcos y siembre de semillas.....	104
Figura 42. Riego de hortalizas y control de plaga	105
Figura 43. Cosecha de espinaca y brócoli	106

Figura 44. Temperatura externa cama 1, 2 y 3	108
Figura 45. Temperatura interna cama 1, 2 y 3.....	109
Figura 46. Valores de pH en las camas 1, 2 y 3.....	110
Figura 47. Porcentaje de humedad en las camas 1, 2 y 3.....	111
Figura 48. Temperatura externa cama 1, 2 y 3	112
Figura 49. Temperatura interna cama 1, 2 y 3.....	113
Figura 50. Valores de pH registrados en las camas 1, 2 y 3.....	114
Figura 51. Porcentaje de humedad en las camas 1, 2 y 3.....	115
Figura 52. Temperatura externa cama 1,2 y3	116
Figura 53. Temperatura interna cama 1,2 y 3.....	117
Figura 54. Valores de pH en las camas 1,2 y 3.....	118
Figura 55. Porcentaje de humedad en las camas 1,2 y 3.....	119
Figura 56. Temperatura externa cama 1,2 y 3	120
Figura 57. Temperatura interna cama 1,2 y 3.....	121
Figura 58. Valores de pH registrado en las camas 1,2 y 3	122
Figura 59. Porcentaje de humedad en las camas 1,2 y 3.....	123
Figura 60. Temperatura externa cama 1,2 y 3	124
Figura 61. Temperatura interna cama 1,2 y 3.....	124
Figura 62. Valores de pH registrado en las camas 1,2 y 3	125
Figura 63. Porcentaje de humedad en las camas 1,2 y 3.....	126
Figura 64. Temperatura externa cama 1,2 y 3	127
Figura 65. Temperatura interna cama 1,2 y 3.....	128

Figura 66. Valores de pH registrado en las camas 1,2 y3	129
Figura 67. Porcentaje de humedad en las camas 1,2 y 3	129
Figura 68. Temperatura externa cama 1,2 y 3	130
Figura 69. Temperatura interna cama 1,2 y 3	131
Figura 70. Valores de pH registrado en las camas 1,2 y 3	132
Figura 71. Porcentaje de humedad en las camas 1,2 y 3	132
Figura 72. Temperatura externa cama 1,2 y 3	133
Figura 73. Temperatura interna cama 1,2 y 3	134
Figura 74. Valores de pH en las camas 1,2 y 3	135
Figura 75. Porcentaje de humedad en las camas 1,2 y 3	135
Figura 76. Temperatura externa pilas 1 al 4	137
Figura 77. Temperatura interna pilas 1 al 4	138
Figura 78. Valores de pH registrado en las pilas 1 al 4	139
Figura 79. Porcentaje de humedad en las pilas 1 al 4	140
Figura 80. Temperatura externa pilas 1 al 10	141
Figura 81. Temperatura interna pilas 1 al 10	142
Figura 82. Valores de pH en las pilas 1 al 10	143
Figura 83. Porcentaje de humedad en las pilas 1 al 10	144
Figura 84. Temperatura externa pilas 5 al 14	145
Figura 85. Temperatura interna pilas 5 al 14	146
Figura 86. Valores de pH registrados en las pilas 5 al 14	147
Figura 87. Porcentaje de humedad en las pilas 5 al 14	148

Figura 88. Temperatura externa pilas 7 al 18	149
Figura 89. Temperatura interna pilas 7 al 18.....	150
Figura 90. Valores de pH registrados en las pilas 7 al 18	151
Figura 91. Porcentaje de humedad en las pilas 7 al 18	152
Figura 92. Temperatura externa pilas 7 al 23	153
Figura 93. Temperatura interna pilas 7 al 23.....	154
Figura 94. Valores de pH registrado en las pilas 7 al 23.....	155
Figura 95. Porcentaje de humedad en las pilas 7 al 23	156
Figura 96. Temperatura externa pilas 11 al 27	157
Figura 97. Temperatura interna pilas 11 al 27.....	158
Figura 98. Valores de pH registrado en las pilas 11 al 27.....	159
Figura 99. Porcentaje de humedad en las pilas 11 al 27	160
Figura 100. Temperatura externa pilas 15 al 30	161
Figura 101. Temperatura interna pilas 15 al 30.....	162
Figura 102. Valores de pH registrado en las pilas 15 al 30.....	163
Figura 103. Porcentaje de humedad en las pilas 15 al 30	164
Figura 104. Temperatura externa pilas 20 al 30	165
Figura 105. Temperatura interna pilas 20 al 34.....	166
Figura 106. Valores de pH registrado en las pilas 20 al 34.....	167
Figura 107. Porcentaje de humedad en las pilas 20 al 34	168

Lista de Anexos

Anexo 1. Plano implantación general-Asilo San José	188
Anexo 2. Plano localización área de trabajo.....	189
Anexo 3. Plano estructuras implementadas para el proyecto (cámara de estabilización, cuarto de lombricultura y	190
Anexo 4. Registro de asistencia a capacitación	191
Anexo 5. Ficha general de -CMR	192

Glosario

Anaeróbico: (sin presencia de oxígeno), dando como producto final un compuesto tipo orgánico, el cual caracteriza por lo general, a los distintos tipos de fermentaciones existentes, pudiendo así realizar una clasificación y una diferenciación. (Méndez, 2011).

Aprovechamiento y valorización: El aprovechamiento implica la separación y recogida de materiales residuales en el lugar de su origen; la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, la transformación en nuevos productos, y la recuperación de productos de conversión (por ejemplo, compost) y energía en forma de calor y biogás combustible. (Ministerios del Medio Ambiente, 1998).

El aprovechamiento es un factor importante para ayudar a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir la contaminación ambiental. Además, el aprovechamiento tiene un potencial económico, ya que los materiales recuperados son materias primas que pueden ser comercializadas. (Ministerio del Medio Ambiente, 1998).

Cama o lechos: Es un espacio rectangular delimitado por diferentes estructuras que soporten las condiciones ambientales por un prolongado espacio de tiempo, la mayor parte de los materiales usados para la construcción de la cama o lechos varía de acuerdo con el clima. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Cama o lecho bajo techo: Es un sistema de cortinas laterales externas que permiten controlar las corrientes de aire y los depredadores, y cortinas internas localizadas sobre la cama. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Cámara de estabilización: Lugar o espacio dispuesto para la recepción de los residuos sólidos orgánicos, y su posterior transformación biológica por los microorganismos presentes en el material orgánico dispuesto allí.

Clasificación de los residuos: Atendiendo al estado y al soporte en que se presentan, se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos. La referencia al soporte se debe a la existencia de numerosos residuos aparentemente de un tipo, pero que están integrados por varios (gaseosos formados por partículas sólidas y líquidas, líquidos con partículas sólidas, etc.) por lo que se determina que su estado es el que presenta el soporte principal del residuo (gaseoso en el primer ejemplo, líquido en el segundo). (Instituto Juan de Herrera, s.f.).

Compostaje: El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas. (FAO, 2013).

Contaminación Ambiental: La contaminación ambiental se refiere a la presencia de agentes externos de origen ya sea físico; químico o biológico, que atentan contra la integridad de la naturaleza, llegando a ser nocivo no solo para el ambiente, sino también para los seres vivos que vivimos en él. (Cumbre Pueblos, 2017).

Cuarto de Lombricultura: Lugar en el que se encuentra construido camas o lechos con residuos sólidos orgánicos para la cría de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), así obtener la producción del fertilizante orgánico denominado humus de lombriz.

Degradable: Característica de una materia o sustancia inorgánica de descomponerse en sus elementos integrantes no por acción de factores biológicos sino medioambientales; tales como la lluvia, el sol, el viento, etc. (HIDRONOR, s.f.).

Eliminación: Sacar, separar, descartar un residuo del circuito de utilización, los residuos se han de eliminar sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos o métodos que puedan causar perjuicios al medioambiente. (Montes, s.f.).

Generación: La acción de producir residuos sólidos a través de procesos productivos o de consumo. (Montes, s.f.).

Gestión integral de residuos sólidos: Conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación, comercialización y disposición final. (Norma Técnica Colombiana, 2009).

Humedad del compostaje: La humedad se define como el contenido de agua que hay en el compostador con respecto a toda la materia que hay en el interior. (Compostadores, s.f.).

Humus: Residuo ligeramente soluble de material orgánico no digerido o parcialmente descompuesto, que se encuentra en el suelo superficial. Este material ayuda a retener agua y nutrientes solubles en agua, los cuales pueden entonces ser capturados por las raíces de plantas. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Impacto Ambiental: Alteración de las características iniciales del medio ambiente provocada por la actividad humana. (Gobierno de España, 2018).

Lixiviado: Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que

constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancia que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que pueden dar lugar a la contaminación del suelo. (Glosario Reciclaje, 2016).

Lombricultura: Cría de lombrices de tierra en condiciones de cautiverio y alimentadas con desechos orgánicos biodegradables para reciclar materia orgánica y obtener proteínas en forma de biomasa de lombrices de tierra. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Lombriz Roja Californiana: La especie anélido más usado en la descomposición de residuos orgánicos es *Eisenia Foetida*, particularmente es conocida como lombriz roja californiana. La lombriz roja en estado adulto mide, según Chamorro y Romero (1986), entre 4 y 10 cm de longitud y tiene un diámetro de 3 a 5 mm. El peso corporal es de un gramo aproximadamente y consume a diario una cantidad equivalente a su peso. A los 3 meses de edad ya están maduras y en capacidad de reproducirse, aunque se consideran completamente adultas a los 7 meses de vida. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Maduración: Estabilización biológica que conduce a la obtención de un compuesto maduro. (Gobierno de España, 2018).

Materia orgánica: La materia orgánica se define como una agrupación de compuestos que contienen carbono que se originaron de seres vivos y se depositaron dentro de los componentes de la estructura de la tierra, la materia orgánica del suelo incluye los restos de todos los cuerpos de plantas y animales que han caído sobre la superficie de la tierra o el hombre las ha aplicado deliberadamente en forma orgánica (Need y Hookham, 1993). (Guaján Anrango & Recalde Moreno, 2020).

Medio Ambiente: Marco animado e inanimado en el que se desarrolla la vida de los seres vivos. Abarca seres humanos, animales, plantas, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como los valores de estética, ciencias naturales e histórico culturales. (Montes, s.f.).

Metano: Hidrocarburo saturado, gas incoloro, de fórmula CH₄, inodoro e inflamable, que se forma principalmente durante la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. (Gobierno de España, 2018).

Orgánico: Pertenece o derivado de los organismos vivos. Que pertenece a los compuestos químicos que contienen carbono. (Montes, s.f.).

Patógeno: microorganismo capaz de producir una enfermedad. Puede ser fitopatógenos, cuando la enfermedad se produce en plantas, o patógenos humanos o animales. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

pH: Índice numérico que señala la acidez o alcalinidad relativa de una sustancia en una escala de 0 a 14 con el punto de neutralidad en 7 las soluciones acidas tienen un pH menor que 7 y las soluciones básicas o alcalinas tienen un pH mayor que 7. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Residuo: Cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar. (Gobierno de España, 2018).

Residuos Orgánicos: Los residuos orgánicos, son biodegradables, se componen naturalmente y tiene la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otra materia orgánica. Los residuos orgánicos se componen de restos de comida y restos vegetales de origen domiciliario. (ORSU, s.f.).

Reciclable: Material que conserva propiedades físicas y químicas útiles después de haber sido usado. Se puede utilizar o transformar en un producto nuevo. (Inforjardin , s.f.).

Reciclaje: Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima o insumos para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva acopio, reutilización, transformación y comercialización. (Norma Técnica Colombiana, 2009).

Recolección: Es la acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores efectuada por la entidad prestadora del servicio. (Norma Técnica Colombiana, 2009).

Residuo o desecho sólido: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas. (Norma Técnica Colombiana, 2009).

Reutilización: Es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ellos requieran procesos adicionales de transformación. (Norma Técnica Colombiana, 2009).

Tratamiento: Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de

reutilización, aprovechamiento o ambos para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana. (Norma Técnica Colombiana, 2009).

Temperatura: La temperatura es una magnitud que mide el nivel térmico o el calor que un cuerpo posee. Toda sustancia en determinado estado de agregación (sólido, líquido o gas), está constituida por moléculas que se encuentran en continuo movimiento. (ConceptoDefinición, s.f.).

Símbolos y Siglas

Símbolos

Kg: Kilogramo

pH: Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa

T°: Temperatura

C°: Grado Celsius

Siglas

C1: Cama 1

C2: Cama 2

CMR: Caldo de Microorganismos

GTC: Guía Técnica Colombiana

H: Humedad

NTC: Norma Técnica Colombiana

RSO: Residuo Sólido Orgánico

T.E: Temperatura Externa

T.I: Temperatura Interna

Resumen

La problemática y el impacto negativo generado por la disposición final de los residuos sólidos de población humana creciente, genera la necesidad de desarrollar acciones para el aprovechamiento y disposición adecuada de los mismos. Una de estas acciones es la implementación de lombricultivo y producción de humus. El objetivo fue diseñar e implementar un cultivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el Asilo San José de Tunja, Boyacá.

La ejecución del cultivo se orientó en el aprovechamiento de los residuos generados en la Institución, estableciendo el adecuado manejo y disposición final de los mismos, la cual fuera diferente a la que se le venía dando en lote del Asilo a cielo abierto; acción que estaba generando un impacto negativo en el medio ambiente.

La metodología consistió en un diagnóstico situacional aplicado al personal manipulador de alimentos en el Asilo para recopilar información de los residuos orgánicos generados; en el diseño de infraestructura para el lombricultivo (cuarto de lombricultura y cámara de estabilización) dependiendo la cantidad y calidad de los desechos generados; en el control y seguimiento de variables óptimas del lombricultivo, y en el registro diario de parámetros físicoquímicos (temperatura, humedad y pH) del lombricultivo y compostaje generado. El trabajo de campo fue desarrollado en un tiempo de doce (12) meses, en donde se instalaron tres (3) camas de lombrices y una (1) cámara de estabilización para la transformación de material orgánico.

Como resultados finales, se observa que la cantidad de humus y compostaje obtenido en ocho (8) meses que duró el proyecto, fue de un aproximado de tres mil seiscientos veintitrés (3623) kg. Su pH, temperatura y humedad fueron óptimos para la generación del humus y

compostaje, indicando que los residuos del Asilo son aptos para la generación y ampliación de estas alternativas de aprovechamiento de residuos.

Adicionalmente, fue implementada la alternativa de compostaje para transformar el RSO, que no era dispuesto en las camas del lombricultivo.

Una vez concluida la etapa práctica del proyecto, se aplicó el análisis descriptivo para la representación, recolección y procesamiento de los datos obtenidos en las dos (2) alternativas trabajadas (lombricultura y compostaje), y así su respectiva tabulación mediante el herramienta base Excel, donde continuadamente se realizó los respectivos gráficos y se generó una interpretación de los resultados en función al tiempo y al desarrollo del trabajo de campo.

Inicialmente, se determinó la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados durante los ocho (8) meses que duro el proyecto. Dentro de las dos (2) alternativas se cuenta con una diferencia de dos (2) meses, una de la otra.

Se determinó la calidad del humus por medio de la aplicación en las huertas agrícolas del Asilo y así contribuyo en el manejo de los residuos orgánicos.

PALABRAS CLAVES: aprovechamiento, orgánicos, mitigación, humus, implementación.

Abstract

The problem and the negative impact generated by the final disposal of solid-waste from a growing human population, generates the need to develop actions for the proper use and disposal of them. One of these actions is the implementation of vermiculture and humus production. The objective was to design and implement a californian-red-worm (*Eisenia foetida*) crop in the San José de Tunja Asylum, Boyacá.

The execution of the cultivation was oriented in the use of the waste generated in the institution, establishing the proper management and final disposal of the same, which was different from the one that had been given in the open air Asylum batch; action that was generating a negative impact on the environment.

The methodology consisted of a situational diagnosis applied to the food handling people in the Asylum to collect information on the organic waste generated; in the design of infrastructure for the vermiculture (vermiculture room and stabilization chamber) depending on the quantity and quality of the waste generated; in the control and monitoring of optimal variables of the vermiculture, and in the daily record of physicochemical parameters (temperature, humidity and pH) of the vermiculture and generated compost. The field work was developed in a period of twelve (12) months, where three (3) beds of worms and one (1) stabilization chamber were installed for the transformation of organic material.

As endings results, it is observed that the amount of humus and compost obtained in the eight (8) months that the project lasted was approximately three thousand six hundred twenty-three (3623) kg. Its pH, temperature and humidity were optimal for the

generation of humus and composting, indicating that the Asylum's waste is suitable for the generation and expansion of these alternatives for the use of waste.

Additionally, the composting alternative was implemented to transform the RSO, which was not disposed of in the vermiculture beds.

Once the practical stage of the project was concluded, the descriptive analysis was applied for the representation, collection and processing of the data obtained in the two (2) alternatives worked (vermiculture and composting), and thus their respective tabulation using the Excel base tool, Where the respective graphs were continuously made and an interpretation of the results was generated based on time and the development of the field work. Initially, the amount of organic solid waste generated during the eight (8) months that the project lasted was determined. Within the two (2) alternatives there is a difference of two (2) months, one from the other.

The quality of the humus was determined through the application in the agricultural gardens of the Asylum and thus contributed to the management of organic waste.

KEY WORDS: harvesting, organic, mitigation, humus, implementation.

Introducción

El “manejo” de los residuos sólidos en Colombia, históricamente, se ha delegado a las empresas prestadoras del servicio de aseo que tienen como función principal la recolección de los desechos generados en los centros urbanos, municipios y áreas rurales, con la finalidad de transportar y depositar estos residuos en un vertedero (rellenos sanitarios). La preocupación subyace de la limitada capacidad de estos centros de depósito los cuales disminuyen su vida útil debido principalmente a dos causas. Primero, el aumento de las cantidades de bienes consumidas y producidas por la sociedad colombiana y en segundo lugar, la baja reutilización de estos residuos en el proceso productivo, que en Colombia, para el año 2018, solo alcanza un 17% según cifras del DANE (Tasa de reciclaje y nueva utilización de Residuos Sólidos Generados RSG) (Impacto, 2018). Dicho porcentaje, es muy bajo en comparación a la proporción de residuos que son tratados en países de la Unión Europea (UE), la cual, según datos de la Eurostat, alcanza niveles del 55% del reciclaje de estos residuos en promedio. (Residuos Profesional , 2019).

En el presente trabajo, se pretende abordar, explicar y aplicar una de las posibles soluciones a una realidad que abarca a la mayoría de los municipios de Colombia, el problema del (aprovechamiento) de los residuos sólidos, específicamente de los residuos orgánicos. Es decir, emplear esta alternativa para el manejo de los residuos orgánicos a través de la lombricultura (utilización de lombrices para el tratamiento de los residuos orgánicos) para la generación del denominado humus de lombriz, lombrihumus o vermicompost, el cual, puede ser utilizado en procesos de biorremediación, fertilización, mejoramiento de la calidad de los suelos, entre otros beneficios.

Para la parte aplicada del proyecto, se desarrolló un proceso de lombricultura en el Asilo San José de la ciudad de Tunja (Boyacá), una institución que no ha estado exenta de la inadecuada utilización y disposición de los residuos orgánicos, lo cual ha causado una problemática ambiental y de salubridad que requiere de una solución inmediata; para lo cual se ha presentado implementado el siguiente trabajo titulado “Diseño e Implementación de un Proyecto de Lombricultura para la Obtención de Humus a Partir del Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos Generados en el Asilo San José – Tunja (Boyacá)”, con el cual se pretende darle un aprovechamiento y valorización a los residuos orgánicos que se producen en la institución, a través de la transformación de estos residuos, por medio del trabajo de las lombrices, en un nuevo producto el humus de lombriz, el cual puede ser comercializado teniendo en cuenta sus múltiples beneficios como lo es: un fertilizante orgánico y ecológico que sirve para mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención del agua, estimular la actividad y desarrollo de los microorganismos.

Problema de Investigación

Según informe titulado Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe (2010) trabajado y presentado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y los gobiernos de los países intervinientes de América Latina y el Caribe, han determinado que se ha percibido cambios significativos después de 8 años en la que fue realizada la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en ALC 2002. Se han desarrollado aspectos positivos en los gobiernos centrales, regionales y locales en cuanto al incluir a grupos de trabajadores informales en la gestión de los RS, implementando sistemas de recolección diferenciada, en contenedores, y en la construcción de plantas de separación como parte integral de sistema. (Tello Espinoza, Martínez Arce, Daza, Soulier Faure, & Terraza, 2010).

La toma de conciencia de los gobiernos entre los que se encuentra Colombia, ha permitido que se implemente políticas para el control de la contaminación que generan los RS, una de ellas en la Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos.

Estos sistemas de recolección diferenciada han sido una realidad en la ciudad de Tunja, por medio del plan de gestión integral de residuos sólidos municipal, aplicado por la empresa prestadora de servicio público de aseo, empresa de reciclaje RECITUNJA que tiene como misión fortalecer el aprovechamiento de los residuos sólidos de una forma dinámica; conformada por recicladores de oficio donde el 80% son madres cabeza de familia. (ReciTunja, s.f.), y RECIBOY dedicada al aprovechamiento de residuos urbanos provenientes de los hogares y de la industria, a través de las modalidades de recolección, transporte, aprovechamiento, bodegaje,

transformación y comercialización de estos para el desarrollo de la economía circular; bajo los principios de recuperación, reutilización, reincorporación y mejoramiento. (Reciboy, s.f.).

El manejo inadecuado de los residuos sólidos orgánicos, generados en el Asilo San José de Tunja (Boyacá), determina una problemática ambiental que afecta los recursos naturales existentes en el lugar, como al personal de esta institución. Situación que muestra la importancia de implementación de alternativas que mejoren las condiciones ambientales.

3.1. Formulación del Problema

Al identificar la manera en que se disponen los Residuos Sólidos Orgánicos se formula la siguiente pregunta:

¿Por qué se presenta una inadecuada disposición de Residuos Sólidos Orgánicos generados en el Asilo San José?

Justificación

De acuerdo a la problemática ambiental presentada por la inadecuada disposición final de los residuos sólidos orgánicos, se plantea para la institución la ejecución del proyecto titulado “Diseño e Implementación de un Proyecto de Lombricultura para la Obtención de Humus a partir del Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos generados en el Asilo San José - Tunja (Boyacá)”, en consecuencia a lo anterior, se ha propuesto implementar un criadero de lombriz roja californiana en el lote de la institución.

La lombricultura se presenta como una alternativa viable para el manejo ecológico de los desechos orgánicos que generalmente se disponen inadecuadamente y producen problemas ambientales. La actividad de las lombrices de tierra puede contribuir a la recuperación del equilibrio perdido en los ecosistemas intensivos de producción y también atenuar los problemas de contaminación generados por los residuos orgánicos. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Las deyecciones de la lombriz son agregados de la estructura globular que poseen características coloidales estables al agua, capaces de mejorar a largo plazo la estructura del suelo; el humus es un biofertilizante orgánico rico en macro y micro minerales, de fácil absorción, que favorece el desarrollo y crecimiento vegetal de plantas y aumenta la producción de biomasa de cultivos agrícolas por unidad de área. Al poseer una alta carga de microorganismos (bacterias, hongos y protozoos) la mineralización de la materia orgánica es más eficaz y se produce mayor cantidad de sustancias orgánicas como: proteínas, enzimas, vitaminas y fitohormonas, entre otros, compuestos necesarios para el crecimiento vegetal y para facilitar la interacción con otros organismos. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

La lombriz roja californiana es muy prolifera, madurando sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida, y su longevidad esta próxima a los 16 años. Su capacidad reproductiva es muy elevada, la población puede duplicarse cada 45-60 días. Un millón (1.000.000) de lombrices al cabo de un año se convierten en 12 millones y en 2 años en 144.000.000 millones. Durante este periodo abran transformado 240.000 toneladas de residuos orgánicos en 150.000 toneladas de humus. Se alimenta con mucha voracidad, consumiendo todo de tipo de residuos sólidos orgánicos. (InfoAgro, s.f.).

La institución cuenta con un lote de terreno donde se desarrolló el proyecto para dar solución a la problemática identificada.

Objetivos

5.1. Objetivo general

Diseñar e Implementar un proyecto de lombricultura para la obtención de humus a partir del aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos generados en el Asilo San José - Tunja (Boyacá).

5.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico situacional sobre los Residuos Sólidos Orgánicos, determinando la cantidad y características de los mismos, en el Asilo San José de Tunja.
- Diseñar una infraestructura que ayude a mejorar las condiciones del sitio donde se desarrolló el proyecto de lombricultura.
- Implementar un método de control y seguimiento, para la medición de variables óptimas que ayuden en la producción de las lombrices.
- Mostrar la importancia ambiental del proyecto, sobre el adecuado manejo de los Residuos Sólidos Orgánicos, estimando la cantidad de humus durante el proceso de la lombricultura.

Marco Teórico, Conceptual y Legal

6.1. Marco Teórico

El siglo XXI se ha convertido en una época donde el desarrollo tecnológico ha logrado comunicarnos en puntos extremos del planeta, darnos la mayor expectativa de vida en la historia de la humanidad, poder recorrer el mundo en cuestión de horas o días, entre otros grandes desafíos que hemos enfrentado como especie. Pero, estos privilegios que hemos alcanzado hasta el momento han generado externalidades negativas para el medio en el cual habitamos como lo son: la contaminación del aire, la polución de nuestras fuentes hídricas, la esterilización de los suelos, la destrucción de la fauna y flora existentes y como eje principal de este proyecto la generación de una serie de residuos sólidos de los procesos de producción y consumo que ejecutamos a diario.

La problemática que se genera por el aumento excesivo de los residuos sólidos se debe en parte, a la falta de una cultura de responsabilidad con el manejo adecuado de las basuras desde su origen para así poder aprovecharlos nuevamente en el proceso productivo, algo muy común en países de Latinoamérica. Métodos como la separación de los materiales reciclables para su posterior tratamiento y reutilización son uno de los métodos más comunes. Pero, una gran proporción de estos desperdicios son compuestos orgánicos los cuales no pueden ser reintegrados a dicho proceso, sin embargo, estos pueden ser utilizados para la creación de nuevos componentes, especialmente abonos naturales (compostaje) o también el vermicompost entendido como el procedimiento en el cual la materia orgánica se descompone por medio de la utilización de cierto tipo de lombrices.

La lombricultura permite acelerar los procesos de degradación de la materia orgánica de forma eficiente, convirtiendo estos residuos en un lombricompuesto denominado humus de lombriz, un producto natural conocido por sus bondades como bioregulador y abono. Igualmente, este tipo de cultivo genera el crecimiento de cierta cantidad de lombrices las cuales son una excelente fuente de proteína (60% a 80% del peso de la lombriz) óptimo para la elaboración de alimento de consumo animal. Además, la lombricultura se relaciona con diferentes actividades como: jardinería, floricultura, lombrices para pesca, alimento para aves de corral, producción de fertilizantes, harinas proteicas, tratamiento de residuos orgánicos de tipo urbano, rural o industrial. (Schuldt, Miguel, 1900).

En Colombia, a finales de la década de los 90's se implementó un programa por parte de la federación nacional de cafeteros, el cual promovía el cultivo intensivo de la lombriz roja (*Eisenia Foetida*) actividad que podía realizar cualquier caficultor con la finalidad de acelerar el proceso de descomposición de la pulpa de café y obtener lombricompuesto para la utilización en la misma finca. Con este sistema se procuraba manejar adecuadamente los subproductos del beneficio del café (pulpa y mucilago). (Dávila & Ramírez, 1996).

En el Asilo San José de la Ciudad de Tunja, la problemática generada por el inadecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos orgánicos, conlleva a la búsqueda de alternativas de solución rápida y efectiva que aporte beneficios tanto sociales, económicos y ambientales a la institución. Es por eso que según lo expresado por Schuldt (2002), en el artículo las *lombrices utilizadas en vermicultivos* se plantean como una de las mejores alternativas para el aprovechamiento de los desechos, por esta razón la lombricultura será aplicada para dar solución a la problemática detectada. (Schuldt, Miguel, 2002).

6.2. Marco Conceptual

Partiendo de la Base de la Política Para la Gestión de los Residuos Sólidos, contenida en la Ley 99 de 1993 y 142 de 1994 de la Constitución Política de Colombia, referenciando dos sectores: uno el público que está relacionado con el saneamiento ambiental como obligación a cargo del estado y el segundo el sector privado referido a la vinculación en cuanto a la generación de residuos, el alcance de esta política en cuanto al sector privado está determinado por la directriz de producción limpia, en lo referente a la minimización de residuos. (Ministerio del Medio Ambiente, 1998).

Con el aprovechamiento de los residuos generados, se minimiza las basuras y se les da un valor comercial por medio de la transformación realizada con la alternativa de la lombricultura.

Aprovechamiento y valorización: El aprovechamiento implica la separación y recogida de materiales residuales en el Lugar de su origen; la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, la transformación en nuevos productos, y la recuperación de productos de conversión (por ejemplo, compost). (Ministerios del Medio Ambiente, 1998).

El aprovechamiento es un factor importante para ayudar a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir la contaminación ambiental. Además, el aprovechamiento tiene un potencial económico, ya que los materiales recuperados son materias primas que pueden ser comercializadas. (Ministerio del Medio Ambiente, 1998).

Compostaje: El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas. (FAO,

2013).

Cama o lechos: Es un espacio rectangular delimitado por diferentes estructuras que soporten las condiciones ambientales por un prolongado espacio de tiempo, la mayor parte de los materiales usados para la construcción de la cama o lechos varía de acuerdo con el clima.

(Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Cama o lecho bajo techo: Es un sistema de cortinas laterales externas que permiten controlar las corrientes de aire y los depredadores, y cortinas internas localizadas sobre la cama.

(Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Humus: Residuo ligeramente soluble de material orgánico no digerido o parcialmente descompuesto, que se encuentra en el suelo superficial. Este material ayuda a retener agua y nutrientes solubles en agua, los cuales pueden entonces ser capturados por las raíces de plantas.

(Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Lixiviado: Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancia que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que pueden dar lugar a la contaminación del suelo. (Glosario Reciclaje, 2016).

Lombricultura: Cría de lombrices de tierra en condiciones de cautiverio y alimentadas con desechos orgánicos biodegradables para reciclar materia orgánica y obtener proteínas en forma de biomasa de lombrices de tierra. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Lombriz Roja Californiana: La especie anélido más usado en la descomposición de residuos orgánicos es *Eisenia Foetida*, particularmente es conocida como lombriz roja californiana. La lombriz roja en estado adulto mide, según Chamorro y Romero (1986), entre 4 y

10 cm de longitud y tiene un diámetro de 3 a 5 mm. El peso corporal es de un gramo aproximadamente y consume a diario una cantidad equivalente a su peso. A los 3 meses de edad ya están maduras y en capacidad de reproducirse, aunque se consideran completamente adultas a los 7 meses de vida. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

pH: Índice numérico que señala la acidez o alcalinidad relativa de una sustancia en una escala de 0 a 14 con el punto de neutralidad en 7 las soluciones acidas tienen un pH menor que 7 y las soluciones básicas o alcalinas tienen un pH mayor que 7. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Residuo: Cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar. (Gobierno de España, 2018).

Residuos Orgánicos: Los residuos orgánicos, son biodegradables, se componen naturalmente y tiene la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otra materia orgánica. Los residuos orgánicos se componen de restos de comida y restos vegetales de origen domiciliario. (ORSU, s.f.).

Temperatura: La temperatura es una magnitud que mide el nivel térmico o el calor que un cuerpo posee. Toda sustancia en determinado estado de agregación (sólido, líquido o gas), está constituida por moléculas que se encuentran en continuo movimiento. (ConceptoDefinición, s.f.).

6.3. Marco Legal

Tabla 1. Normatividad Colombiana sobre los Residuos Sólidos

NORMA	DESCRIPCIÓN DE LA NORMA
<p>Constitución Política de Colombia,</p>	<p>En los artículos 1, 3, 4, 8, 13, 23, 25, 44, 48, 79, 80, 86, 88,94,267, 268, 317, 332, 334,339, 365, 366, 367 y 370, se declara y fijan deberes y DERECHOS FUNDAMENTALES, tareas del Estado, con relación al derecho al trabajo, a la dignidad, a un ambiente sano, a proveer los servicios públicos de agua y saneamiento ambiental. (Asamblea Nacional Constituyente , 1991)</p>
<p>1991</p>	<p>Las tareas de regulación de las fuerzas económicas del mercado, a la función social que debe cumplir la empresa, a administrar y proteger los recursos naturales. Las sentencias T-291/2009-; apartes de las sentencias T-724/2003, T-291/2009, C-793/2009, C-928/2009 de la Corte Constitucional, confirman algunas de estas obligaciones y los responsables de hacerlas cumplir. (Asamblea Nacional Constituyente , 1991)</p>
<p>Política para la Gestión Integral de los Residuos, 1998. Ministerio del Medio Ambiente.</p>	<p>Esta política define los principios de la Gestión Integral para todos los tipos de residuos. Establece el máximo aprovechamiento y mínimo de residuos con destino al Relleno Sanitario.</p>

Define las categorías de Residuo Aprovechable y No Aprovechable, para impedir o minimizar los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente, que ocasionan los residuos de todo orden, y minimizar la generación y la disposición final como alternativa ambiental deseable. (Ministerio del Medio Ambiente, 1998).

Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. 2005. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Directrices para la Gestión de Residuos Peligrosos. Incluye Suelos Contaminados. (Minambiente, 2005)

LEYES

Ley 09 de 1979

El Código Sanitario Nacional fija una serie de normas relacionadas con la protección del ambiente y la salud humana. En esta ley se presentan unos aspectos importantes que bien podrían ser asumidos a través de la reglamentación de la Ley 99/93 o que pueden ser aplicados en la ausencia de reglamentación específica, toda vez que no se encuentran derogados explícitamente. (Congreso de Colombia , Ley 9 de 1979, 1979).

Ley 99 de 1993

Por medio de la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se establece formalmente el Sistema Nacional Ambiental-SINA. Se responsabiliza a todos y cada uno de los actores del desarrollo de la tarea de conservar y aprovechar de manera racional los recursos naturales y el ambiente. Define que las Autoridades Ambientales, serán las responsables de formular y verificar el cumplimiento de las políticas y normas ambientales. (Congreso de Colombia , Ley 99 de 1993, 1993).

**Ley 142 de 1994 / Ley 632 de
2000**

Algunos elementos normativos y políticas existentes a la fecha, establecen y reconocen las conductas y procedimientos que se deben aplicar con relación a como valorar servicios y actividades de aprovechamiento de residuos. (Congreso de Colombia , Ley 632 de 2000, 2000). La Ley 142/94 en sus Art. 9 y 146 establece taxativamente que el servicio que se paga es el que se mide y fija claramente la función ecológica de los servicios públicos. (Congreso de Colombia , Ley 142 de 1994, 1994).

Ley 388 de 1997

Esta ley define el marco general del ordenamiento territorial que debe ser aplicado por los entes territoriales y en el que se debe incluir la variable ambiental dentro del escenario de

desarrollo urbanístico. (Congreso de la República , Ley 388 de 1997, 1997).

Ley 1252/2008 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial

Regula dentro del marco de la gestión integral, la protección de la salud humana y el ambiente, lo relacionado con la importación y exportación de residuos peligrosos, su minimización desde la fuente, la producción más limpia; su disposición adecuada, la eliminación responsable de las existencias de estos dentro del país.

Así mismo se regula la infraestructura de la que deben ser dotadas las autoridades aduaneras y zonas francas y portuarias. (Congresos de Colombia, 2008).

Ley 1333 de Julio 21 de 2009

Establece el nuevo régimen sancionatorio ambiental: • Se incorporan los Principios Ambientales y Constitucionales • Establece un Régimen de responsabilidad objetiva • El daño ambiental se califica como infracción ambiental • Define la función de las medidas preventivas y regula el régimen de las sanciones • Establece los tipos de sanciones • Se crea el Registro Único de Infractores Ambientales-RUIA. (Congreso de la República , Ley 1333 de 21 julio de 2009, 2009).

DECRETOS

Decreto - Ley 2811 de 1974. Presidencia de la República	Por el cual se dicta el Código Nacional de los Recursos Naturales, que es la base para las concesiones y autorizaciones para el uso y el aprovechamiento de los recursos naturales y se definen procedimientos generales para cada caso. (Ministerio de Agricultura, 1974).
Decreto 2104 de 1983	Por el cual se reglamenta parcialmente el [Título III de la Parte IV del Libro I del Decreto - Ley 2811 de 1974] y los [Títulos I y XI de la Ley 9 de 1979] en cuanto a residuos sólidos. (Minambiente, Decreto 2104 del 26 de julio de 1983, 1983).
Decreto 1713 de 2002-Modificado por Decreto Nacional 838 de 2005	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. (Presidente de la República de Colombia, 2002).
Decreto 1505 de 2003	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. (Minvivienda, 2003).
Decreto 1140 de 2003	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con el tema de las unidades de almacenamiento, y

se dictan otras disposiciones. (Minambiente, Decreto 1140 de 2003, 2003).

Decreto 4741 de 2005

Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. (Minambiente, Decreto 4741 de 2005, 2005).

RESOLUCIONES

Resolución 1045 de 2003

Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones. (Minambiente , Resolución 1045 de 2003, 2003).

Resolución 0477 de 2004

Por la cual se modifica la Resolución 1045 de 2003, en cuanto a los plazos para iniciar la ejecución de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones. (Minambiente, Resolución 0477 de 2004, 2004).

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

GTC 24

La presente guía técnica brinda las pautas para realizar la separación de los materiales que constituyen los residuos no peligrosos en las diferentes fuentes de generación: doméstica,

industrial, comercial, institucional y de servicios. Igualmente las orientaciones para facilitar la recolección selectiva en la fuente. (Norma Técnica Colombiana, 2009).

GTC 86

Esta guía presenta directrices para realizar una gestión integral de residuos, considerando las siguientes etapas de manejo: generación (minimización), separación en la fuente, presentación diferenciada, almacenamiento, aprovechamiento, transporte, tratamiento y disposición de los residuos; todas estas actividades enmarcadas dentro de un ciclo de mejoramiento continuo. (Guía Técnica Colombiana , Guía para la Implementación de la Gestión Integral de Residuos -GIR-, 2003).

GTC 53-7

La presente guía suministra información sobre métodos de aprovechamiento de los residuos orgánicos no peligrosos. El criterio empleado para la selección de los métodos descritos en esta guía se basa principalmente en el alto nivel de utilización que tienen a nivel nacional e internacional. (Guía Técnica Colombiana , Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos No Peligrosos, 2006).

Fuente: El autor

Información inicial del Asilo San José –Tunja (Boyacá)

7.1. Misión de la Institución

El “Asilo San José”, es una institución privada sin ánimo de lucro, de beneficio social, que tiene como misión proteger, capacitar y rehabilitar a mujeres discapacitadas y ancianas, cuyos derechos han sido vulnerados, ofreciéndoles un ambiente acogedor, con plena garantía de los derechos que tiene como personas y ciudadanas.¹ (Figura 1).

Figura 1. Perspectiva ubicación Asilo San José



Fuente: El autor

¹ Información adquirida en entrevista realizada a trabajadoras del Asilo San José de Tunja,

Ubicación del Área Destinada para el Cuarto de Lombricultura y Compostaje

Conforme a la ubicación establecida frente al proyecto, se aplicó un diagnóstico situacional a través de una Revisión Ambiental Inicial – (RAI); la cual conlleva a determinar los factores para desarrollar el presente proyecto.

Según ubicación establecida dentro de las instalaciones del Asilo, se toma la primera área de 12.50 m², la cual se reservó para un cuarto de lombricultura con una altura de 1.80 m, largo de 2.86 m y un ancho de 4.76 m, en el interior tres (3) camas con dimensiones de 2 m de largo por 1 m de ancho y 50 cm de profundidad. En la segunda área de 3,50m², se encuentra un tanque viejo en el que se construyó la cámara de estabilización con altura de 2 m, largo 3,12 m y ancho de 3,04 m para recepción y transformación de material orgánico por medio de la elaboración de pilas, y su posterior transformación en compostaje. (Figura 2).

Figura 2. Área uno (1) y Área dos (2) Tanque antiguo



Fuente: El autor



Fuente: El autor

La disposición final de los residuos sólidos orgánicos que generan en la institución, se realiza a cielo abierto en un lote interno de la misma, lo podemos observar en la (Figura 3).

Figura 3. Disposición final de RSO



Fuente: El autor

Lombricultura

Es un proceso similar al compostaje donde en adición a las bacterias y otros microorganismos, el sistema digestivo de la lombriz juega un papel importante, transformando los residuos orgánicos en abonos de excelente calidad debido a los microorganismos benéficos que le aporta al suelo. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

La Lombricultura es la utilización de lombrices para compostar residuos orgánico. Es un proceso aerobio en que las lombrices, con ayuda de los microorganismos, transforman la materia orgánica en compuestos más simples (Román et al, 2013), este es un producto estable donde se encuentran nutrientes disponibles para las plantas y gran cantidad de microorganismos benéficos que estimulan el desarrollo y la sanidad de los cultivos. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

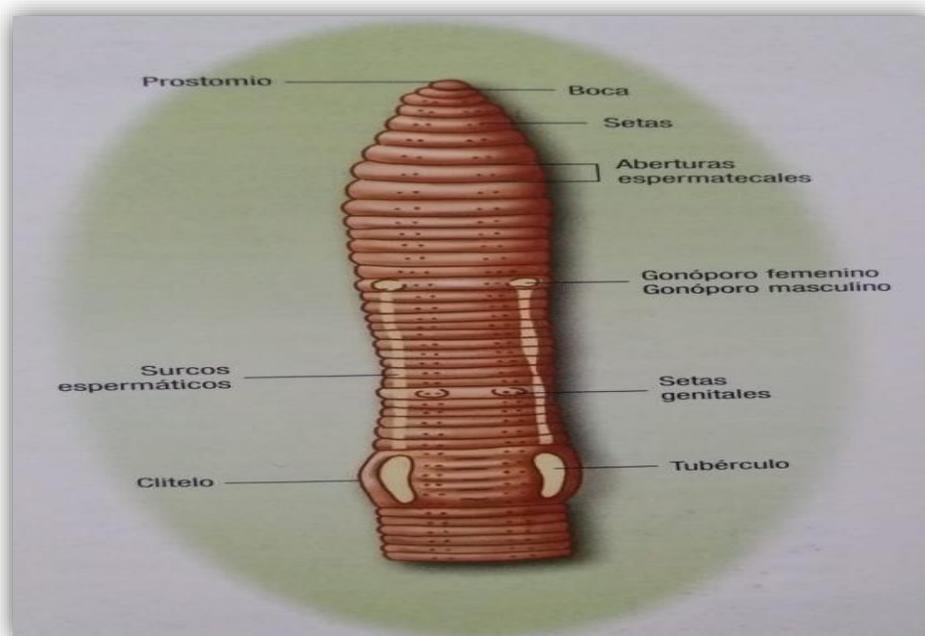
Durante el proceso de producción de lombricompostado se solubiliza muchos minerales, de manera que quedan disponibles para ser tomados por las plantas. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

9.1. Especies de Lombrices Cultivables

En el mundo existen cientos de especies de lombrices que degradan residuos orgánico, pero la mayoría de ellas viven en estados silvestres, como la lombriz de campo (*Allolobophora caliginosa*) y las lombrices nocturnas (*Lumbricus terrestris*), mientras que hay otras cuyo comportamiento y requerimientos ambientales permiten que sean cultivadas, como la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*), la lombriz roja (*Lumbricus rubellus*), la lombriz nocturna Europea (*Dendrobaena véneta o Eisenia hortensis*), estas últimas son producidas comercialmente y son usadas ampliamente en la mayoría de los climas debido a su tolerancia a diferentes rangos de temperatura y humedad (FAO, 2013). (Figura 4 y 5).

Para obtención del lombricompost, la especie de lombriz que comercialmente más se emplea es (*Eisenia Foetida*) conocida comúnmente como lombriz roja californiana. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Figura 4. Parte anterior de la Lombriz de Tierra



Fuente: (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005)

9.2. Generalidades de la lombriz roja californiana

Figura 5. Lombriz roja californiana



Fuente: Autor

- Es de color rojo.
- La presencia de clitelo (Un anillo más grueso que los otros) indica su madurez sexual.
- Su cola es achatada de color amarillo.
- Mide aproximadamente de 8 a 10 cm en su edad adulta.
- Son muy resistentes a condiciones adversas del medio.
- Consumen aproximadamente su propio peso diariamente.
- Requiere para su alimentación de altas concentraciones de materia orgánica.
- Excretan el 60% de lo que consumen en forma de lombricompostaje.
- A las lombrices NO les gusta la luz, es por eso que siempre deben estar en condiciones de

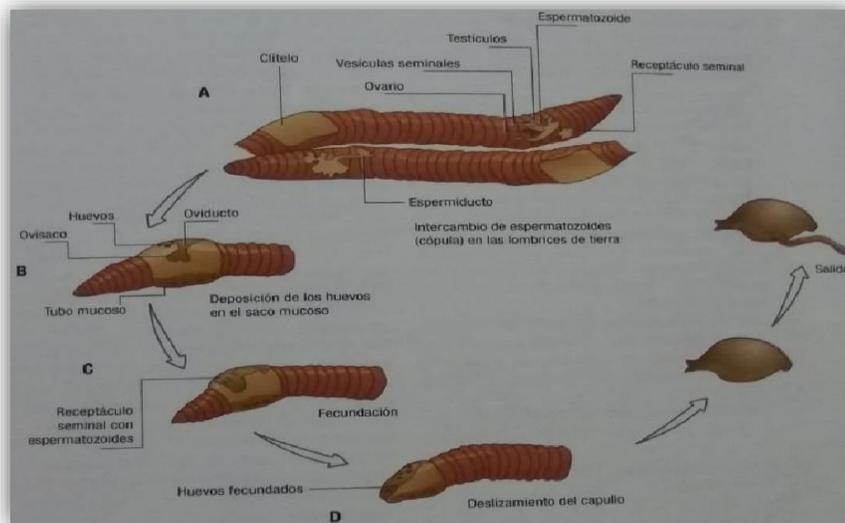
oscuridad.

- Su aparato respiratorio es primitivo. “Respiran” a través de su piel. No tienen pulmones, por eso es necesario tener un porcentaje de humedad adecuado, entre 70 y 80%.
- Los sistemas, nervioso, circulatorio y excretor, están repartidos en los diferentes anillos.
- Son ciegas, tiene cerebro, músculos e intestino, cinco corazones y 6 pares de riñones.
- Su capacidad reproductiva es muy elevada, la población puede duplicarse cada 45-60 días. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014)

9.3. Reproducción

El cuerpo de la lombriz parece una cadena formada de anillo, destacándose un anillo más grande, que contiene los órganos reproductivos, denominado clitelo. La lombriz es hermafrodita, es decir que en un mismo individuo tiene los dos sexos, pero para la reproducción se requiere de dos individuos. La fertilización es cruzada, se realiza por la unión de los clitelos de dos lombrices, donde se realiza la cópula, cada 7-10 días. Los dos individuos quedan fecundados y producen huevos, llamados cocones, o capullos. Los huevos tienen forma de limón y paraciencia amarilla transparente al inicio, siendo más café a medida que progresa el desarrollo de la lombriz. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014). (Figura 6).

Figura 6. Cópula y formación del capullo de huevos de lombriz de tierra



Fuente: (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005)

Los capullos son visibles a simple vista. Cada capullo contiene de 2 a 12 lombrices que emergen a los 21 días de ser depositadas. La lombriz recién eclosionada mide 1mm de longitud. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Los individuos juveniles inician el periodo reproductivo a los 3-4 meses, cuando pasan a ser adultos y están sexualmente maduros. Para este momento alcanzan más o menos 3 cm. Finalmente a los 7 meses, alcanzan su peso y tamaño final de 1 g y 7-8 cm de largo. Viven en promedio 10 años. (FAO 2013). (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Tabla 2. Parámetros a tener en cuenta en la lombricultura

Parámetro	Rango
Temperatura	De 10 a 25°C, teniendo cuidado de que no descienda por debajo de 7°C y no supere los 35°C (Román et al 2013).
Humedad	Entre 70 y 80%, Humedades inferiores pueden dificultar el movimiento de las lombrices en el lombricultivo y muerte debido a la dificultad de obtener oxígeno del agua; humedades superiores pueden ahogar a las lombrices debido a que ellas respiran por la piel, además de la posible atracción de vectores (moscas).
pH	Entre 6,5 y 7,5. Valores de pH por debajo de 4,5 y por encima de 8,5 pueden causar la muerte del lombricultivo. Es importante verificar el pH del alimento antes de suministrarlo a la lombriz.
Luminosidad	Las lombrices son fotosensibles, por lo tanto se debe mantener el lombricultivo protegido de los rayos directos del sol, ya que condiciones de exposición directa pueden matar a la lombriz.

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014

9.4. Medición de Parámetros

Humedad

Debe ser mayor que en el compostaje entre 70 y 80%. Este es el parámetro más importante para ser medido diariamente, para el monitoreo se puede usar un sensor de humedad digital o medición de forma artesanal (prueba de puño).

Regar con agua lluvia o reposada, ya que el agua potable puede afectar las poblaciones de microorganismos por altos contenidos de cloro. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

pH

Este parámetro se puede medir mediante un pH-metro digital o con cintas de papel

indicador, el pH en lombricultura es importante, ya que el pH ácido puede afectar a las lombrices y atraer vectores (roedores y moscas). (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Temperatura

Es un factor importante en el desarrollo del cultivo de la lombriz de tierra, puesto que todas las actividades metabólicas: número de capullos, crecimiento, madurez sexual, consumo de alimento, etc.

Son influidas por ésta. Aunque la lombriz puede vivir a temperaturas inferiores a 10°C y superiores a 30°C, las temperaturas óptimas que garantizan la mejor actividad de los procesos biológicos de las lombrices de tierra están entre 18 y 25 °C. Las temperaturas inferiores a 10°C reducen su actividad y por debajo de 4°C todos sus procesos se interrumpen y entran en un estado de letargo. La temperatura en el interior de la masa de compost, durante la fase de fermentación del alimento que se ha de adicionar posteriormente a la lombriz de tierra, determina la velocidad a la cual se llevan a cabo muchos de los procesos biológicos. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

9.5. Alimentación de la Lombriz

La lombriz roja californiana requiere de altas concentraciones de materia orgánica para alimentarse, pueden consumir prácticamente todos los tipos de materia orgánica, pudiendo ser esta de origen orgánico vegetal, animal o mixto, fresco o en diferentes estados de descomposición. La lombriz puede llegar a ingerir diariamente su propio peso en alimento, es decir, 1 kilogramo de lombrices puede consumir 1 kilogramo de residuos cada día (Román *et al* 2013). (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Productos Derivados de la Lombricultura

Lombricompuesto o humus

Se considera como un fertilizante orgánico, rico en enzimas y microorganismos benéficos. Este puede poner a disposición del cultivo una cantidad de nutrientes que puede ayudar a sustituir hasta el 80% de la fertilización química (Quintero, 1993 citado por limpio, 2005), beneficia las características físicas, químicas y biológicas del suelo. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Lixiviado

El lixiviado del lombricompost o humus, es líquido que resulta del drenaje de las camas de lombricultivo, debe ser inoloro, de color muy oscuro. Es rico en nutrientes y estos se encuentran solubles, es decir, que son de fácil asimilación por las plantas, por lo que se puede usar como fertilizante foliar. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

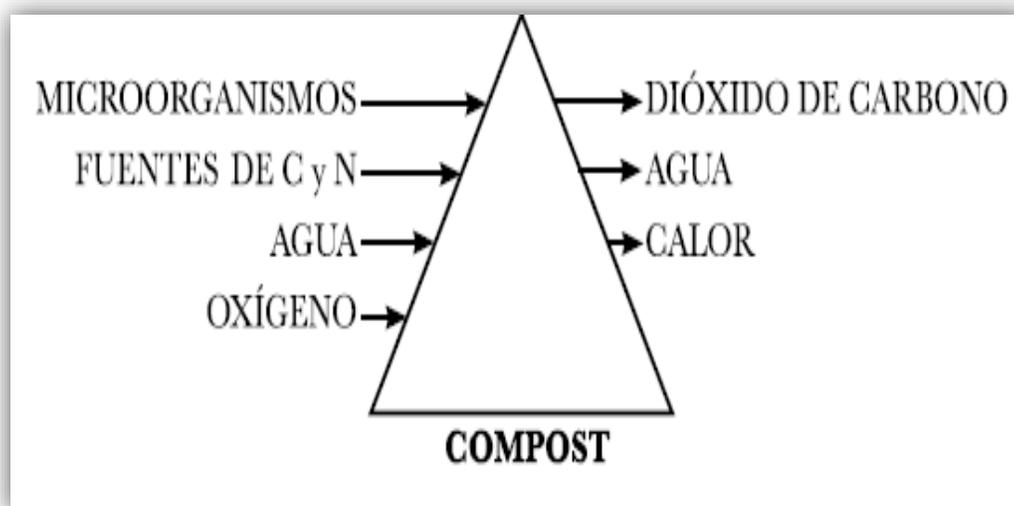
Lombrices

- Insumos para alimentos concentrados.
- Lombrices para la alimentación en fresco para peces, cerdos y aves.
- Harinas para el consumo animal.
- Carne para hamburguesas para consumo humano.
- Carnada para pesca artesanal y deportiva. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Compostaje

Proceso aerobio de degradación de materia orgánica, con aumento de temperatura de forma controlada: se realiza por acción de microorganismos en presencia de aire para generar el abono orgánico llamado compost. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014). (Figura 7).

Figura 7. Dinámica del proceso de degradación en compostaje



Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá (2014).

Proceso de Degradación en el Compostaje

Fase Mesófila

El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 40 °C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de carbono (C) y nitrógeno (N) generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares generan ácidos orgánicos y por tanto, el pH puede bajar

(hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días). (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Fase termófila o de Higienización

Cuando el material alcanza temperaturas mayores entre los 40-45 °C, los microorganismos mesófilos son reemplazados por bacterias filamentosas (actinomicetos) y hongos. Sobre los 45°C aparecen bacterias termófilas, que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina.

Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas del lugar y los factores. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Esta fase también recibe el nombre de fase de *higienización* ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp*. Esta fase es importante pues la temperatura por encima de los 55°C elimina los huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienización. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Fase de Enfriamiento. Agotadas las fuentes de carbono (es especial el nitrógeno en el material en compostaje) la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase continua la degradación de polímeros como la celulosa y aparecen algunos hongos observables a simple vista.

Al bajar de 40°C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Fase de Maduración. Es un periodo que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Parámetros a Tener en Cuenta para el Proceso de Compostaje

La existencia de poblaciones de microorganismos presentes en el proceso de compostaje y la velocidad de transformación de los residuos orgánicos, así como el normal desarrollo de las etapas del procesos anteriormente descrito, requieren garantizar las condiciones necesarias y el control: (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014). (Figura 8).

Figura 8. Parámetros que se tienen en cuenta en compostaje



Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá (2014).

Temperatura

Es un parámetro dinámico durante el proceso de compostaje, pues como se describió anteriormente, el proceso de compostaje presenta diferentes rangos de temperatura en sus fases de degradación. El aumento de la temperatura garantiza la calidad microbiológica y sanidad del compost. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Humedad

El agua es requerida para las funciones metabólicas de los microorganismos, que son quienes realizan los procesos de degradación de los residuos orgánicos.

La humedad óptima para una máxima eficiencia en el proceso de degradación esta entre el 45-60%.

El calor generado en el proceso de descomposición disminuye la humedad.

La humedad es adecuada si es posible formar una pelota del material sin que fragmente o se desmorone. Si está muy húmeda la mezcla, se debe agregar un poco de material seco (aserrín, hojarasca), y si por el contrario la mezcla está seca, se puede agregar un poco de agua o residuos crudos de cocina, hasta lograr la humedad recomendada. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014). (Figura 9).

Figura 9. Residuos húmedos y Residuos secos (pasto de poda)



Fuente: Autor



Fuente: Autor

Aireación

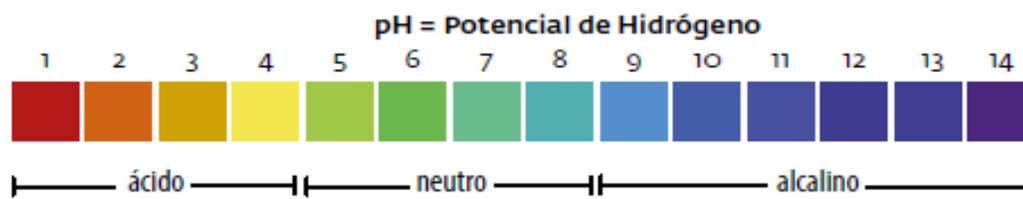
Es uno de los parámetros más importantes dado que como se ha mencionado anteriormente, el compostaje es un proceso aeróbico (presencia de aire), necesario para los procesos metabólicos de los microorganismos. El suministro continuo y homogéneo de oxígeno a través de la mezcla de residuos asegura la actividad de los microorganismos y por tanto, un buen proceso de degradación. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014)

pH

Tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. El pH afecta la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas, cuyo crecimiento y desarrollo se pueden ver reducidos bajo condiciones de acidez y basicidad extrema, de ahí la importancia del control del proceso para lograr en el compost

maduro valores cercanos a la neutralidad, es decir, con pH cercano a 7. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014). (Figura 10).

Figura 10. Gama de colores pH



Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá (2014).

La medición de este parámetro se puede hacer mediante cintas de papel tornasol, esta es una tecnología de bajo costo, que puede ser utilizada por cualquier persona. El procedimiento para medir este parámetro es poner la cinta humedecida sobre los residuos o sobre el material ya degradado.

La forma de leer el resultado se muestra en la imagen 12 Gama de colores pH.

Para procesos más tecnificados lo mejor es contar con un pH metro digital para suelos, que se introduce en la mezcla y da el valor de pH. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014). (Figura 11).

Figura 11. Medición de pH, planta de compostaje Universidad Nacional de Colombia



Fuente: (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014)

Monitoreo de temperatura, humedad y pH

Se debe revisar y verificar diariamente la temperatura del compost, usando un termómetro para compostaje o una varilla metálica. También se debe hacer seguimiento de la humedad de la mezcla mediante la prueba de puño. Es de ideal registro para observar cómo se ha dado el proceso de degradación. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Tiempo Para Obtener Compost Maduro

El tiempo requerido para obtener un compost maduro varía de acuerdo a las condiciones ambientales y al manejo dado del sistema de compostaje, el rango de tiempo está entre 1 a 6 meses.

Los tiempos de degradación se reducen teniendo en cuenta todos los parámetros descritos anteriormente, con la implementación de volteos más frecuentes y aplicación de microorganismos eficientes. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014)

Tabla 3. Características para evaluar un compost maduro

Características Físicas	
Olor	El olor debe ser agradable (como a tierra de bosque), no se debe percibir ningún olor que de indicios de los materiales iniciales.
Color	El compost debe oscurecer con la madurez, llegando a un color café oscuro o negro.
Textura	Esponjosa
Humedad	Humedad 30 -35%. Cuando el proceso termina el compostaje, este debe ser capaz de retener su peso en agua, es decir a un kilo de compost agregar un litro de agua y este debe ser capaz de retenerlo.
Características Químicas	
pH	Debe estar entre 7 y 8
Relación C/N	10-12
Temperatura	Debe descender a temperatura ambiente, una forma de saber si el compost termino es hacer la prueba de jarra, consiste en ponerle un litro de agua a un kilo de compost y dejarlo 24 horas, pasado este tiempo debo verificar si la temperatura aumento, de ser así, el compost esta inmaduro y le falta degradación.

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá (2014).

Antecedentes

El origen de la lombricultura se remonta a 10.000 años antes de cristo en la región de Egipto y Mesopotamia. Los egipcios tenían una gran admiración por las lombrices, y sabían que, a estos animales, se les debe, en gran parte, la fertilidad del valle del Nilo. Pero fue Aristóteles en la historia de la lombricultura, quien bautizo a las lombrices como los intestinos de la tierra por su movilidad dentro del suelo y por los beneficios evidentes que estas representan para los suelos. (Lombrimadrid, 2011).

La reina cleopatra del antiguo Egipto le confirió el título “animal sagrado” y a las personas que trataban de sacarlas de su reino a otros territorios, eran castigados con la pena máxima. (Lombrimadrid, 2011).

Pero solo hasta 1880, no se tuvo datos científicos sobre este anélido charles Darwin a pesar de sus estudios de tecnología, se interesó por las lombrices desde temprana edad y fue así que escribió el libro “The formation of vegetable mould through the action of worms, with observation on theirs habits” en 1881, (la formación de la tierra vegetal por acción de las lombrices). (Lombrimadrid, 2011).

La importancia de los conocimientos de Darwin radica en estudio profundo de la biología de la lombriz, sus hábitos y hábitat, además del método de investigación llevado a cabo. Todo lo anterior le ha merecido al famoso sabio ser considerado como el padre de la lombricultura. (Lombrimadrid, 2011).

La lombriz para beneficio económico se dice que se utilizó por primera vez en Estados Unidos de Norteamérica en 1974 cuando un primo del presidente Carter, utilizando un ataúd, sembró lombrices posteriormente le reportaron jugosas ganancias. La explotación de lombrices

ha conllevado a grandes investigaciones con el fin de lograr una lombriz que se pudiera criar en cautiverio y con una vida duradera y en periodo de tiempo corto, de este modo en la universidad agrícola de california se obtiene el híbrido rojo californiano, el más usado recientemente en el mundo para la fabricación del humus de lombriz. (Lombrimadrid, 2011).

Hacia el año 1979 Estados Unidos contaba con aproximadamente 1.500 explotaciones de lombrices. Este y otros países como Japón, Italia, España, Alemania y Argentina han desarrollado esta actividad con fines médicos, ecológicos y zootécnicos, especialmente en el área de nutrición animal. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

Actualmente, en varios países de Europa se aprovecha el estiércol y los residuos de materia orgánica para la obtención de carne y humus de lombriz. Los árabes las han utilizado para la recuperación de suelos, y en Latinoamérica se ha empleado para disminuir la cantidad de residuos orgánicos, incrementar la fertilidad de suelos y como fuente de proteína para alimentación animal y humana. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

En Colombia, actualmente se está trabajando con las especies *Eisenia foetida* y *Lumbricus rubellus* como base en la producción de humus y carne de lombriz, y además se están adelantando investigaciones en sabanas neotropicales acerca de la importancia de especies nativas en el entorno natural y que podrían ser potencialmente útiles en la recuperación de suelos erosionados. (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005).

En la ciudad de Tunja en el departamento de Boyacá se ve la necesidad de implementar proyectos con este tipo de alternativas y prácticas de producción de humus, así como de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos (RSO), ya que por sus antecedentes y grandes

beneficios al medio ambiente; se ha demostrado su gran eficiencia en la degradación de residuos aprovechables y lo más importante la transformación que se realiza en el suelo.

Descripción del Problema

En el Asilo San José de la ciudad de Tunja, se genera gran cantidad de residuos sólidos orgánicos en el área de la cocina; estos residuos no son clasificados en la fuente y su disposición final es realizada a campo abierto en el lote de la institución. La práctica inadecuada en la disposición, conlleva al deterioro de los recursos naturales como el suelo por infiltración y escorrentía de los lixiviados, contaminación atmosférica por gases como el dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), contaminación del aire por los malos olores, proliferación de vectores (mosca del vinagre o mosca de la fruta, mosca soldado negra, ácaros) y roedores, entre otros, factores ambientales presentes en el área de estudio afecta a los residentes de la institución y a la población de sus alrededores. (Compostadores, Compostadores, s.f.).

¿Por qué se presenta una inadecuada disposición de residuos sólidos orgánicos generados en el Asilo San José?, esta problemática se genera por el desconocimiento de la separación en la fuente, el manejo inadecuado de los residuos sólidos orgánicos, por no conocer alternativas de aprovechamiento y de los beneficios socioambientales y económicos que se obtendrían aplicando las técnicas y procesos apropiados para su aprovechamiento.

De acuerdo a lo anterior, la lombricultura es una alternativa que permite aprovechar y transformar los residuos sólidos orgánicos producidos en la institución, motivando a la separación en la fuente, obteniendo un producto que aporta a la fertilización del suelo y favorece a la economía de la institución a través de la comercialización del humus de lombriz.

Localización Geográfica

Tunja es la capital del departamento de Boyacá –Colombia, Ubicado dentro de la provincia Centro, sobre la cordillera oriental de los Andes a 130 Km al noreste de la ciudad de Bogotá.

Tunja registra 200 desarrollos urbanísticos en la zona urbana y 10 veredas en el sector rural: Barón Gallero, Barón Germania, Chorro blanco, El Porvenir, La Esperanza, La Hoya, La Lajita, Pirgua, Runta y Tras del Alto. Los ríos Jordán que atraviesa a la ciudad de sur a norte y la vega que va de occidente a oriente, se consideran sus principales fuentes hídricas. (Alcaldía Mayor de Tunja , s.f.).

Limita por el Norte con los municipios de Motavita y Combita, al Oriente, con los municipios de Oicatá, Chivatá, Soracá y Boyacá, por el Sur con Ventaquemada y por el Occidente con los municipios de Samacá, Cucaita y Sora. (Alcaldía Mayor de Tunja , s.f.).

El Asilo San José se encuentra ubicado en la Calle 26#8-98, del barrio las nieves dentro de la zona del centro histórico de la ciudad. (Alcaldía Mayor de Tunja , s.f.). (Figura 12).

Figura 12. Ubicación del Asilo San José de la ciudad de Tunja



Fuente: Google earth

Descripción de la Propuesta

El presente proyecto consiste en la implementación de la alternativa de lombricultura, con la finalidad de dar solución una problemática existente en cuanto al manejo inadecuado y disposición final de los residuos sólidos orgánicos en el Asilo San José de Tunja-Boyacá.

Inicialmente se recolectó información sobre los residuos generados diariamente, para tener un aproximado de los RSO que se van a tratar durante el desarrollo del proyecto. Una parte del material orgánico se dispone en camas para ser transformados por las lombrices, y otra parte se recopila y transforma en la cámara de estabilización durante el proceso del compostaje. El proceso de compostaje se implementa como segunda alternativa por la cantidad de residuos orgánicos que se producen en las dos cocinas de la institución; como paso a seguir, se dispone el RSO en una plataforma de secado, para que tenga la estructura apta, elimine patógenos y así poder incorporarlo en el suelo dispuesto para el cultivo de los alimentos en el mismo Asilo.

Se obtiene información de la cantidad de residuos, y las condiciones apropiadas para poder llevar a cabo el cultivo de lombrices; con el propósito que el proyecto tenga el alcance de producción de lombrices, que puedan tratar mayor cantidad de RSO, y promuevan beneficios alimentarios como económicos.

Finalmente, se obtiene en la lombricultura y compostaje, el control y seguimiento de los parámetros más óptimos que garantizan la transformación y degradación del residuo orgánico.

Se obtiene el producto resultante de las lombrices que es el humus de lombriz, y abono orgánico del compostaje, se incorpora en tres (3) surcos comparativos para la siembra de espinacas en los que se determina la calidad de producto que se obtuvo y así contribuir a la fertilización del suelo utilizado para cultivar en la institución.

Análisis Técnico

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó la investigación acción participativa, cuyo objetivo es generar conocimiento y sistematizar la experiencia con el propósito de dar solución a la necesidad identificada (Lerma González , 2009), mediante el conocimiento e implementación de la alternativa (lombricultura) en el Asilo San José de la ciudad de Tunja; como un mecanismo de aprovechamiento de los residuos orgánicos y la producción de humus para la fertilización del suelo y su mejoramiento, generando un cambio en los conceptos y prácticas realizadas por los trabajadores sobre el manejo de los residuos orgánicos en la institución.

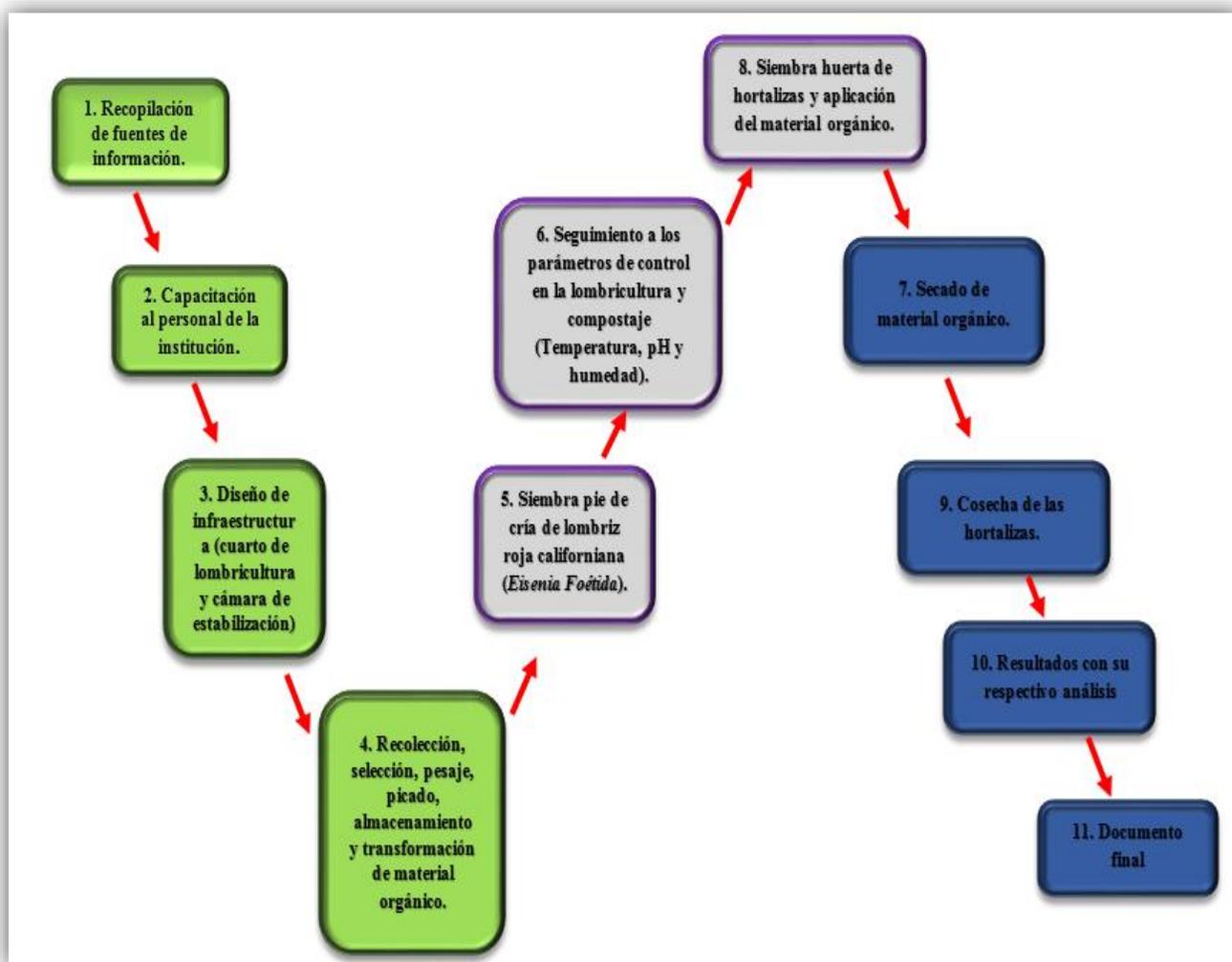
Como parte de la estrategia de trabajo, se realizó la recopilación de fuentes de información a partir de un diagnóstico situacional por medio de preguntas puntuales, visitas de inspección, toma de datos, capacitación sobre generación y manejo de residuos orgánicos aplicado al personal manipulador de alimentos, para obtener información de los de los residuos generados.

Se diseñó una infraestructura, que ayuda a mejorar las condiciones del sitio donde se desarrolló el lombricultivo y compostaje (cuarto de lombricultura y cámara de estabilización), en el cuarto se instalaron tres (3) camas, acorde a la necesidad del proyecto.

Se implementó un sistema de control y seguimiento a los parámetros fisicoquímicos (Temperatura, humedad, pH) en cada cama o lecho de las lombrices, para la medición de variables óptimas que ayuden a la productividad de las lombrices.

Finalmente, mostrar la importancia ambiental del proyecto, estimando la cantidad de humus durante el proceso de lombricultura. (Figura 13).

Figura 13. Diagrama Proceso de Proyecto



Fuente: Autor

Construcción de Cuarto de Lombricultura con sus Respectivas Camas y Cámara de Estabilización de RSO (Adaptación del Terreno y Tanque, Corte y Armado)

19.1. Materiales

En la construcción del cuarto de lombricultura y la cámara de estabilización se emplearon los siguientes materiales: madera, policarbonato, polisombra, plástico negro y amarillo, hoyadora, pala, azadón, pica, serrucho, tubos PVC, amarres, rejilla, codos, tachuelas, puntillas, martillo, pulidora, cemento, bisagras, argollas, malla de anejo, tina (para lixiviado), candado, carretilla, alicates, alambre dulce, galón impermeabilizante y estivas para plataforma de secado del material orgánico.

Adaptación del terreno

Para la construcción del cuarto de lombricultura se utilizó un área de 12.50 m², con una altura de 1.80 m, 2.86 m de largo y 4.76 m de ancho. Inicialmente se hizo control de roedores en la zona para poder llevar a cabo el proyecto. Esta área se cubrió con polisombra alrededor y su interior se construyeron tres (3) camas para las lombrices con las siguientes medidas; 2 m de largo por 1 m de ancho y 50 cm de profundidad. (Figura 14).

Figura 14. Construcción cuarto y camas de lombricultura



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Adaptación del tanque

Un tanque antiguo con tierra y huesos de res enterrados en su interior. Se usaba como recipiente para sembrar plantas; por lo que se tuvo que desocupar en su totalidad para su respectiva adaptación. Con área de $3,50 \text{ m}^2$, se inició la construcción de la cámara de estabilización con las siguientes medidas: Altura de 2 m, largo 3,12 m y ancho de 3,04 m. Se diseñó un sistema de recolección de lixiviados para lo que se utiliza un tubo de PVC de 2 pulgadas con una rejilla en el interior del tanque, y en la parte exterior se ubica una caneca de 20 litros enterrada en la que recolecta el lixiviado para su posterior recirculación en las pilas de compostaje. (Figura 15 y 16).

Figura 15. Adaptación del tanque

Fuente: El autor



Fuente: El autor

Figura 16. Caneca para la recolección de lixiviado

Fuente: El autor



Fuente: El autor

Plataforma de secado

La plataforma de secado consta de un área de 8.19 m², con un largo de 6,30 m, y un ancho de 1,30 m, se utilizaron cuatro (4) estibas unidas una con la otra, se forraron con lona verde para poder extender el material orgánico, y se cubre con un hule amarillo. (Figura 17).

Figura 17. Plataforma de secado



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Manejo y Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos Mediante la Lombricultura y el Compostaje

Caracterización, Separación, Recolección, Acopio, Transformación y

Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos Mediante la Lombricultura y Compostaje

Caracterización

El objetivo es determinar la cantidad y composición de los residuos orgánicos generados por semana en las dos cocinas de la institución. Se dispone en una caneca los residuos orgánicos que se aprovechan en las dos alternativas trabajadas.

Se observa mediante la caracterización que los rangos en kilogramos que se manejan en la semana está entre 20 kg a 199 kg, sus valores son variables dependiendo la cantidad de donaciones que se presente en la semana, dado que algunos productos donados por la Plaza de Mercado llegan a la institución en condiciones no óptimas para el consumo humano, por lo que son aprovechados para el proyecto. (Tabla 4). La mayoría de residuos están compuestos por fruta, tubérculos y verduras.

Tabla 4. Cantidad de residuos sólidos orgánicos tratados en la lombricultura y compostaje

Año	Mes	Cantidad de RSO/kg	Sub-total/kg
2018	Agosto	407	2067
	Septiembre	346	
	Octubre	443	
	Noviembre	389	
	Diciembre	482	
2019	Enero	407	1556
	Febrero	509,5	
	Marzo	379,5	
	Abril	115	
	Mayo	145	
		Total	3623 kg

Fuente: El autor

Separación

Para esta etapa del proceso, se apoyó con el suministro de unas listas de residuos aprovechables para la lombricultura, y además se realizó capacitación al personal de la institución en cuanto a los temas: Generación y manejo de residuos orgánicos, Socialización del proyecto, y una capacitación adicional solicitada sobre el manejo de los residuos peligrosos en el área de enfermería de la institución. (Figura 18). Aplicado de acuerdo a lo dispuesto en la Guía Técnica Colombiana – GTC 24 (Tipos de residuos para la separación en la fuente) (Norma Técnica Colombiana, 2009) , Decreto 4741 de 2005 (Minambiente, Decreto 4741 de 2005, 2005), y Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. (Minambiente, 2005).

Figura 18. Capacitación al personal de la institución



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Recolección

Durante cada día de la semana se procede a hacer recolección de los residuos dispuestos en las canecas de las cocinas, y son llevados en canastillas hacia el área de picado. El picado de los residuos es realizado con un machete de forma manual, procurando obtener un producto de una dimensión más pequeña, y así el proceso de transformación sea mucho más rápido. Al finalizar el picado, se dispone los residuos orgánicos de nuevo en las canastillas y se lleva parte del residuo al cuarto de lombricultura para ser suministrado a las lombrices, y el sobrante es almacenado en la cámara de estabilización. (Figura 19).

Figura 19. Canastilla con RSO para el área de picado



Fuente: El autor

Acopio

En el proceso de acopio del RSO, este es realizado en la cámara de estabilización, donde el paso siguiente es pesar cada una de las canastillas con el residuo, para tener control de la cantidad de residuo que es depositado en el proceso de transformación por medio de pilas. (Figura 20). Según la Guía Técnica Colombiana GTC-24, en el punto tres (3) Definiciones, numeral tres punto uno (3.1) Acopio o almacenamiento temporal, y además de las definiciones dadas en la GTC -86, se aplica la siguiente definición: “Es la acción del generador de colocar temporalmente lo residuos sólidos en recipientes, depósitos contenedores retornables o desechables dentro de sus instalaciones mientras se procesan para su aprovechamiento, transformación, comercialización o se presentan al servicio de recolección para su tratamiento o disposición final. (Norma Técnica Colombiana, 2009).

Figura 20. Acopio y Pesaje de RSO

Fuente: El autor



Fuente: El autor

Transformación

La transformación del material orgánico es realizada por las lombrices y el compostaje, esperando contribuir de esta forma a la minimización de los residuos que son depositados en el relleno sanitario, reduciendo también el impacto generado a los recursos naturales. La transformación mediante el compostaje es por el método de conversión biológica aerobia, es un proceso con presencia de oxígeno, que actúa como principal fuente de energía para que el microorganismo pueda subsistir. (Bembibre, 2010).

Aprovechamiento

La separación en la fuente de los RSO en la institución no es la más apropiada. Estos residuos tienen como disposición final a cielo abierto en el lote de su propiedad, y otra cierta

cantidad dispuesto para el servicio de recolección donde finalmente será depositado en el Relleno Sanitario del Parque Ambiental de Pírgua.

Con la implementación y ejecución del proyecto, se espera dar solución a la problemática encontrada, la adecuada separación en la fuente, y una disposición final mediante el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos por medio de la lombricultura, y como segunda opción el compostaje por la cantidad de residuo que se genera en este proceso; para la obtención de humus el cual se aproveche en los cultivos que implementa la institución para el sostenimiento de las pacientes y el personal que labora en la misma. (Figura 21).

Figura 21. Cultivo de la institución abonado con humus y compostaje



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Se tomó de referencia lo dispuesto en la Guía Técnica Colombiana GTC-24, en el punto (3) tres, numeral tres punto dos (3.2) aprovechamiento, en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos define: “Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan en el ciclo económico y productivo

en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos. (Norma Técnica Colombiana, 2009).

Implementación de la Lombricultura como Alternativa de Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos y Adicionalmente se Implementa el “Compostaje” por la Cantidad de Residuos que se Generan en el Asilo San José

Herramientas y equipos

Al dar inicio al desarrollo de la lombricultura y compostaje, se requiere de las siguientes herramientas, y equipos que permitan un manejo adecuado de las lombrices como del residuo.

Balde, canastillas, peinilla (machete), costal de fique, báscula, termómetro digital LDC laser, medidor digital de humedad y pH, palas, regaderas, pasto seco, polisombra, cartón, carretilla, lonas. (Figura 22 y 23).

Figura 22. Termómetro digital LDC laser (temperatura externa)



Fuente: Autor



Fuente: Autor

Figura 23. Medidor digital de humedad, pH y temperatura interna



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Elementos de protección personal

Para el manejo de lombricultura y el compostaje, es necesario que el personal encargado de la manipulación y manejo de los residuos sólidos orgánicos utilicen elementos de protección personal como: Overol, Botas de caucho, Guantes de caucho, Guantes de nitrilo, Mascarilla 3M, Gafas de protección, gorro.

Material Orgánico base en las Camas de las Lombrices

Se procede después del armado de las tres (3) camas a disponer 219 kilos en cada una de material orgánico, que se venía preparando con anticipación para colocar 2 kilos de pie de cría de lombriz roja californiana por cama, con el fin de dar inicio al proceso de la lombricultura.

Este material se estuvo preparando dándole volteo cada 8 días, aplicando suelo para que se mezclara y se presente actividad de los microorganismos del material orgánico, , y así el

proceso de transformación sea más rápido. Al colocar el material en las camas se procede a dispersarlo para que quede de una misma dimensión en toda el área de la cama.

Se colocó 7 Kilos de pie de cría de la lombriz roja californiana en una sección de cada cama, junto con el sustrato que traen del lugar de origen el cual contiene (Estiércol de caballo y estiércol de conejo), y se cubrió con pasto seco, el cual ayuda para que no tengan mucha luz, las protege de depredadores y evita la proliferación de mosquitos. (Figura 24).

Figura 24. Pie de cría lombriz roja californiana



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Con el transcurso de los días, se evidencia el traslado de las lombrices a otras secciones de la cama, lo que significa que el material les gusta, y empezaron a su trabajo de transformación.

Aplicación de Alimento a las lombrices

Se dispone RSO fresco en cada una de las camas. Se inicia con una prueba de 5 kilogramos de material orgánico fresco sobre el ya preparado con anticipación por cama, se va

subiendo o disminuye según el consumo que vayan haciendo. La segunda aplicación fue de 11 kilos, tercera aplicación se disminuyó a 8 kilos, cuarta aplicación fueron 4 kilos, la quinta sube de nuevo a 10 kilos, sexta aplicación 8 kilos, séptima aplicación 5,6 kilos, octava aplicación 6,6 kilos, para un total de material fresco de 175 kilogramos (Figura 25).

Figura 25. Aplicación del RSO a las lombrices



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Conteo Manual de las lombrices

A los tres (3) meses de puestas en las camas se realizó el conteo manual de individuos por cama, para lo que se secciona las camas en cuatro partes iguales de (50 cm) c/u. En la cama uno (1) se encuentran 305 individuos, cama dos (2) 318 individuos y en la cama tres (3) 327 individuos para un total de 950 individuos. (Figura 26).

Figura 26. Conteo manual de lombrices por cada cama



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Se evidencia en el conteo, cocones o huevos, cría recién salida del cocón, lombriz adulta y lombrices de medio $\frac{1}{2}$ centímetro aproximadamente. (Figura 27 y 28).

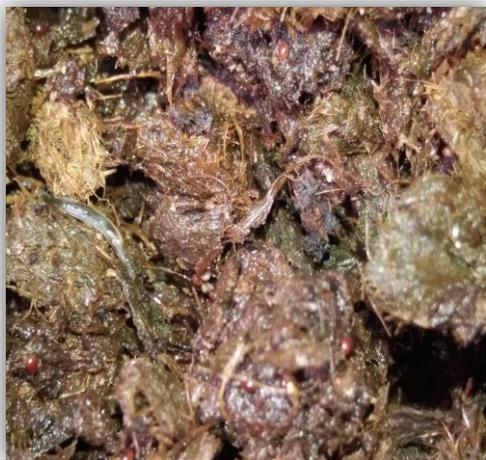
Figura 27. Cocón o huevos de lombriz roja californiana



Fuente: El autor

Fuente: El autor

Figura 28. Cría recién salida del cocón y lombriz adulta y joven de ½ centímetro



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Seguimiento de los Parámetros de Control

Registro diario de la toma temperatura, pH y humedad de cada cama. Se establece como hora específica las 8:00 am para hacer seguimiento de estos parámetros de lunes a sábado, y así garantizar un ambiente adecuado para la reproducción de las lombrices. Para la toma de estos parámetros se utiliza un Termómetro digital LDC laser, Medidor digital de humedad y pH. El termómetro digital registra (temperatura externa), el medidor digital de humedad y pH registra (humedad, pH y temperatura interna) del material orgánico donde se encuentran las lombrices. (Figura 29).

Figura 29. Temperatura externa, temperatura interna, pH y humedad



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Parámetros Óptimos para el Lombricultivo

Se debe cumplir unas condiciones básicas, las que conllevan a que los parámetros sean óptimos. Según la Guía Técnica para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a Través de Metodologías de compostaje y lombricultura, los parámetros óptimos son los siguientes: la temperatura entre 10 a 25°C sin que descienda por debajo de los 7°C y no supere los 35°C; el pH entre 6,5 y 7,5 por debajo de 4,5 y por encima de 8,5 pueden causar la muerte del lombricultivo; la humedad entre 70 y 80 % humedades inferiores pueden dificultar el movimiento de las lombrices en lombricultivo y muerte debido a la dificultad de obtener oxígeno del agua; humedades superiores pueden ahogar las lombrices debido a que ellas respiran por la piel, además de la posible atracción de vectores (moscas); la luminosidad, las lombrices son

fotosensibles, por lo tanto se debe mantener protegido el lombricultivo protegido de los rayos directos del sol. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Condiciones implementadas en el Lombricultivo

Las condiciones que se implementan son: En el lombricultivo se selecciona el tipo alimento para suministrarles que no tenga cítricos, que sea variados entre frutas y verduras, se cubre las camas con pasto o polisombra para evitar tener demasiada luminosidad y protegerlas de depredadores, aplicación de caldo de microorganismos – CMR para ayudar a la descomposición del material orgánico y subir la temperatura del producto, y se recircula el lixiviado en las camas para humedecerlas. (Figura 30).

Figura 30. Aplicación de CMR y cubrimiento con pasto seco



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Reproducción de las lombrices

Las condiciones climáticas de la ciudad de Tunja, no son las mejores para una reproducción efectiva de la lombriz roja californiana, por lo que es importante las condiciones implementadas; se ha encontrado lombrices adultas, jóvenes, cría recién salida del cocón o huevo y huevos o cocones. Los individuos adultos son de menor cantidad, por lo que la transformación del material orgánico es más demorado, pues entre más grande sea la lombriz tiene la capacidad de tratar mayor cantidad de RSO.

También es importante resaltar que, si hay presencia de cocones y crías recién salidas del cocón, significa que se ha logrado generar condiciones óptimas para la reproducción. En este tipo de clima la postura de huevos o cocones puede generarse cada 12 días, y su maduración sexual se puede producir hasta los 90 días, pues el clima interviene en el proceso biológico de las lombrices.

Cosecha de Humus

Cuando hay una apariencia granulosa, de coloración negruzca, con olor a tierra, ya se tiene humus para cosechar. El proceso que se utilizó para recolectar el material fue el siguiente: Se dejó sin alimento a las lombrices cinco (5) días antes, se armó una trampa artesanal con un costal de malla sobre el que se colocó dos kilos de residuo fresco a las 5 de la tarde, y se dispuso la hora de las (7:00 a.m.) del día siguiente para verificar la cantidad de individuos que subieron al material. (Figura 31).

Figura 31. Trampa con costal de malla y muestra humus recolectado sin cribar



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Se toma una hora temprana antes que haya más luz solar para que no se devuelvan hacia abajo. Se coloca en una canastilla con material orgánico las lombrices que subieron a la trampa, y ese mismo día se vuelve a colocar a la misma hora en la tarde de nuevo la trampa para hacer el mismo proceso. Este proceso se realiza durante una semana, y las lombrices que no subieron a la trampa son recolectadas manualmente.

Cantidad de Material Orgánico Transformado en Humus

Durante los ocho (8) meses del proceso de la lombricultura, se logró transformar (832) kilogramos de residuos orgánicos. Se incorporó ochocientos veinte siete (827 kg) de humus sin tamizar en un área de terreno, poco fértil, y cinco (5 kg) de humus que se aplicó en uno (1) de los tres surcos seleccionados para hacer el comparativo entre compostaje, humus y sin ninguno de los dos abonos. En este comparativo, se evidenció ciertas características físicas en el cultivo

entre las que encontramos las siguientes: En el surco sembrado con humus y compostaje el color de las hojas son más fuertes y brillantes, su tamaño grande y con un sabor agradable. Lo que permitió identificar que el producto aplicado al cultivo, cuenta con nutrientes óptimos para seguir siendo aplicado. (Figura 32).

Figura 32. Surcos comparativos con (humus, compostaje y sin abonos)



Fuente: El autor



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos por Medio de la Alternativa del Compostaje

Para llevar a cabo el aprovechamiento de los RSO por medio del compostaje, se tuvo en cuenta el siguiente proceso:

Inicialmente, la caracterización, separación, recolección y acopio del RSO, es el mismo manejo para la lombricultura; pero el proceso siguiente después del acopio tiene un manejo diferente. El compostaje se dio inicio mucho antes que la lombricultura, pues se debía hacer un control de ciertas plagas que afectan el lombricultivo (control nombrado anteriormente en la implementación de la lombricultura).

Picado

Los residuos orgánicos que se encuentran en canastillas, se van colocando en pequeñas porciones en un tronco de madera y se dispone a picar manualmente con una peinilla o machete, hasta obtener aproximadamente un tamaño ideal (1 a 3 cm). Esta actividad se realiza en un término de tiempo entre (1 a 3) horas, dependiendo la cantidad de material recolectado. La cantidad también dependen de las donaciones que llegan durante el día. (Figura 33).

Figura 33. Picado manual de residuos sólidos orgánicos



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Peso y registro de la Información

Una vez realizado el picado, se procede a pesar el material orgánico y registrar la información. Inicialmente, se tiene el peso de la canastilla vacía según la forma y tamaño esta entre 1 ½ y 2 kg y después se pesa con el residuo sólido orgánico, para tener así el peso real del material orgánico.

Para esta actividad se utiliza la báscula clásica con gancho, un laso y palo de escoba; fue la forma de poder realizar el peso al no contar con una báscula digital. (Figura 34).

Figura 34. Báscula clásica con gancho y laso con palo de escoba para pesar



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Mezcla

Ya obteniendo el material picado, se procede a hacer la mezcla para poder formar las pilas de residuos. En este proceso se hace capas intercaladas de material vegetal seco (Pasto de poda seco recolectado de la poda de los lotes del mismo Asilo), con un espesor aproximado de entre cinco a diez (5 a 10) cm dependiendo de la cantidad de residuos que se vayan a mezclar, y por último la capa de RSO. Al finalizar la elaboración de las capas, el paso a seguir es mezclar para quede homogénea, procurando que el material vegetal seco se incorpore muy bien con el RSO. (Figura 35). Este proceso se lleva a cabo en el lugar donde se va a realizar las pilas y el proceso de compostaje (Cámara de estabilización).

Figura 35. Elaboración de capas y mezcla de capas



Fuente: El autor



Fuente: El autor

La materia seca ayuda absorber la humedad de los residuos, con la finalidad de no generar malos olores y evitar la proliferación de vectores; por otro lado, ayuda a la oxigenación del material orgánico por el espacio que se genera entre material orgánico y materia seca.

Formación de Pilas

La formación de las pilas es el paso a seguir después de la mezcla previamente realizada del material orgánico con el material seco.

Con una pala ancha se procede a realizar la pila con una altura aproximada de (80 cm) y ancho de 60 cm, y largo de 70 cm (Estas medidas son aproximadas según la cantidad de material en el momento de elaboración de las pilas). El tamaño de las pilas es importante para llevar un control de los parámetros físicos y químicos óptimos (temperatura, pH y humedad) en la transformación del material orgánico realizada por los microorganismos. (Figura 36).

Finalmente, luego de la elaboración de la pila, si es necesario, se humedece y después se cubre con pasto seco para aumentar la temperatura, para que el proceso de compostaje sea adecuado y también para evitar la presencia de vectores (moscas y mosquitos).

Figura 36. Elaboración de la pila y aplicación de lixiviado para humedecer la pila



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Adición de CMR, lixiviado o Agua lluvia

Si la pila lo requiere, se procede a humedecerla. Para el desarrollo de esta actividad se utilizó como aspersor una regadera de jardín plástica con capacidad para 8 L de agua.

El caldo de microorganismos – CMR, es aplicado para ayudar a descomponer los residuos con más rapidez, y la medida que se utilizó fue: por 1 L de agua 50 ml de CMR, medida recomendada por el ingeniero Gonzalo Castillo quien elabora el producto. Este caldo se aplica esporádicamente dependiendo como vaya el proceso.

Entre las donaciones que llegan a la institución, viene alimentos no aptos para el consumo humano, entre estos se encuentra la panela. Este producto fue aprovechado derritiendo

cuatro (4) panelas en 10 l de agua, y fue utilizada para humedecer las pilas y así apórtales energía a los microorganismos; para que mejoren su desempeño descomponedor y subiera la temperatura cuando requería.

El lixiviado es generado por los mismos residuos durante el proceso de degradación, el cual es recolectado en una caneca de 20 l que fue colada en la parte externa de la cámara de estabilización, enterrada a donde llega un tubo PVC de dos pulgadas (2") desde la parte interna de la cámara.

Este lixiviado es reincorporado a las pilas para humedecerlas, si estas lo requieren. Durante el proceso se logró generar más de 40 l, aprovechado en el mismo material, observar (Figura 37). Y el agua lluvia era utilizada en el momento que el lixiviado se había acabado.

Figura 37. Lixiviado generado del compostaje y preparación con CMR y panela



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Toma de Parámetros de control (Temperatura, pH y humedad)

Los parámetros de control se toman los días sábados en las horas de la mañana específicamente a las (8:00 a.m.), con el fin de garantizar un ambiente adecuado para los microorganismos del material orgánico, y así facilitar su trabajo de transformación. Para la toma de estos parámetros se utiliza un Termómetro digital LDC laser, Medidor digital de humedad y pH. El termómetro digital registra (temperatura externa), el medidor digital de humedad y pH registra (humedad, pH y temperatura interna) del material orgánico de cada una de las pilas. (Figura 38).

Figura 38. Temperatura, humedad y pH en pila de compostaje



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Los parámetros óptimos para un buen compostaje son los relacionados anteriormente en el título “proceso de degradación del compostaje” Según la Guía Técnica para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a Través de Metodologías de Compostaje y Lombricultura, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, estos se encuentran dentro de los parámetros adecuados, que se encuentran expuestos en la **Tabla 5**. Parámetros a tener en cuenta en la lombricultura, anteriormente relacionada.

Volteo de las pilas

El proceso del compostaje es aerobio (con presencia de oxígeno), y si no hay oxígeno pasaría ser anaerobio (sin presencia de oxígeno) lo que generaría putrefacción del material orgánico. Para evitar esta situación, se realiza volteo de cada una de las pilas cada ocho (8) días, con el propósito de oxigenar, y que el material tenga la temperatura adecuada para que el proceso de compostaje se desarrolle en óptimas condiciones, observar (Figura 39).

Figura 39. Volteo de las pilas de compostaje



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Cosecha y Aprovechamiento del RSO

En el proceso que se realizó para la elaboración del compostaje tuvo una duración de ocho (8) meses, tiempo en el que se transformó dos mil setecientos noventa y uno (2.791 kg) de RSO.

Las características que indican que el material está listo para cosechar son: debe tener un olor agradable (como a tierra de bosque), el compost debe oscurecer con la madurez, humedad entre 30 a 35%, pH entre 7 y 8, esponjoso, el temperatura debe descender a temperatura ambiente (Figura 40), según Guía Técnica para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a Través de Metodologías de Compostaje y Lombricultura, verificando los resultados obtenidos estos se encuentran dentro de los rangos establecidos.

Figura 40. Compostaje listo para cosechar



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Siembra de Huerta Hortalizas

Este material orgánico, fue aprovechado en los cultivos (maíz, zanahoria, arveja, hierbas aromáticas, entre otros) que son realizados en la institución para el sostenimiento de las pacientes y el personal que labora en la misma. También se hizo la siembra de una huerta de hortalizas (espinaca, brócoli, lechuga crespita, y coliflor) en un área de terreno poco fértil, con el fin de

incorporar el material que se fue obteniendo, y así verificar la calidad del producto producido en el compostaje y la lombricultura, observar (Figura 41).

Figura 41. Elaboración de surcos y siembre de semillas



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Riego, Control de Plaga y Maleza

El riego se realiza con una regadera de jardín plástica con capacidad para 8 litros de agua en las horas de la mañana, con agua lluvia previamente recolectada.

En algunas de las hortalizas hizo presencia algún tipo de plaga llamado pulgón. Se hizo control a este tipo de plaga con la preparación de una formula natural, que es la siguiente:

- 1 L de Vinagre casero o ácido acético.
- 150 gr de ají.
- 50 gr de nicotina o tabaco.
- 250 gr de ajo.
- 150 gr de jabón rey.
- 1 L de agua sin cloro.

Esta mezcla se deja fermentar por cinco (5) días, se dispone a colar para aplicar una medida de vaso tintero en un 1 l de agua sin cloro, y aplica por aspersión a la planta afectada, (Figura 42).

Figura 42. Riego de hortalizas y control de plaga



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Producción en la Huerta de Hortalizas

Los productos cosechados de la huerta abonada con compostaje y también lombricompostado o humus, según testimonio de los trabajadores de la misma institución que los consumieron fueron de buena calidad y se notó unas características específicas que los diferenciaban con los cultivados con productos químicos, y teniendo en cuenta que en este terreno ya se había hecho siembra antes y no se lograba obtener buenos productos.

Las características que evidenciaron en estos productos cosechados fueron los siguientes:
El color de las hojas eran más vivos y brillantes, el tamaño y la abundancia en las hojas mucha más grande, y el sabor más agradable para el paladar, (Figura 43).

Figura 43. Cosecha de espinaca y brócoli



Fuente: El autor



Fuente: El autor

Resultados y Análisis Obtenidos

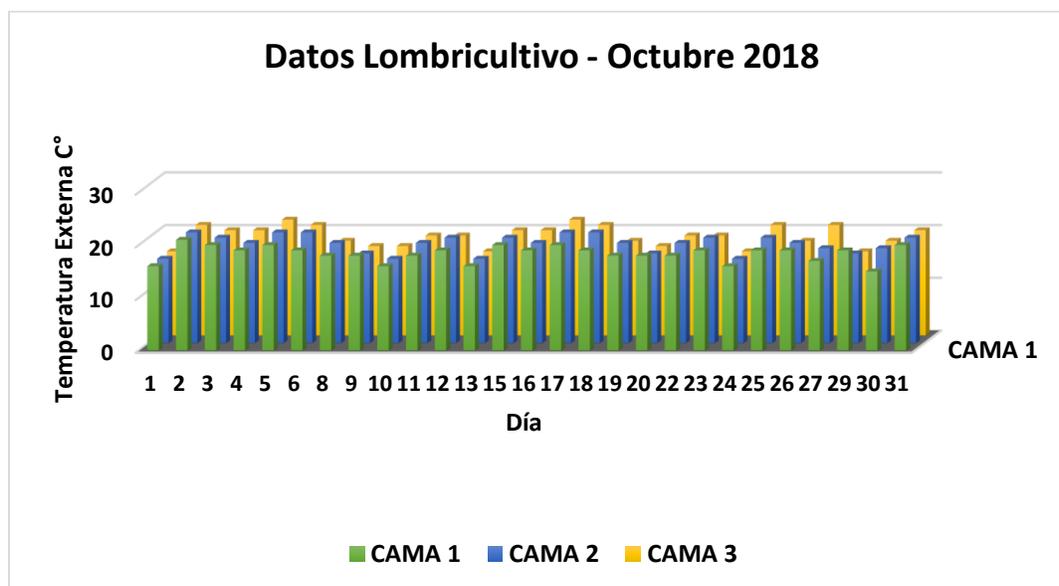
24.1. Registro diario de temperatura, pH y humedad en la alternativa de lombricultura

En el transcurso del tiempo en que fue desarrollada la alternativa de la lombricultura, se hizo el control y seguimiento de los siguientes parámetros (temperatura, pH y humedad). Estos registros fueron tomados a diario de lunes a sábado durante ocho (8) meses a las ocho (8) de la mañana. Información que se muestra a continuación en las figuras o graficas donde se representa la misma.

Las tablas con los datos que son aquí graficados, se anexan en Excel para soporte de la información acá suministrada.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de octubre de 2018

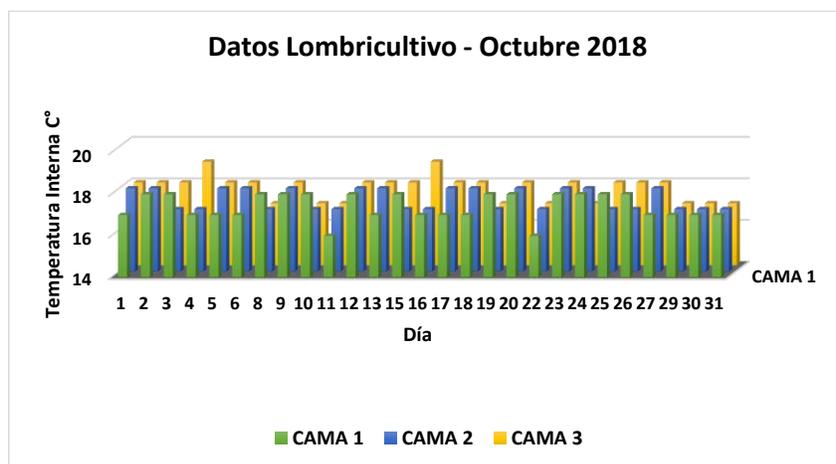
Figura 44. Temperatura externa cama 1, 2 y 3



Fuente: El autor

En esta figura 44, se puede apreciar el registro diario de la temperatura externa del mes de octubre del año 2018 en las tres (3) camas elaboradas para el lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica un aumento en los días iniciales 3 al 5, medios 15 al 18 y finales 31, la que estuvo dentro de los parámetros óptimos para una adecuada reproducción de las lombrices. El promedio del mes se encuentra entre los 18 a 19 °C.

Figura 45. Temperatura interna cama 1, 2 y 3

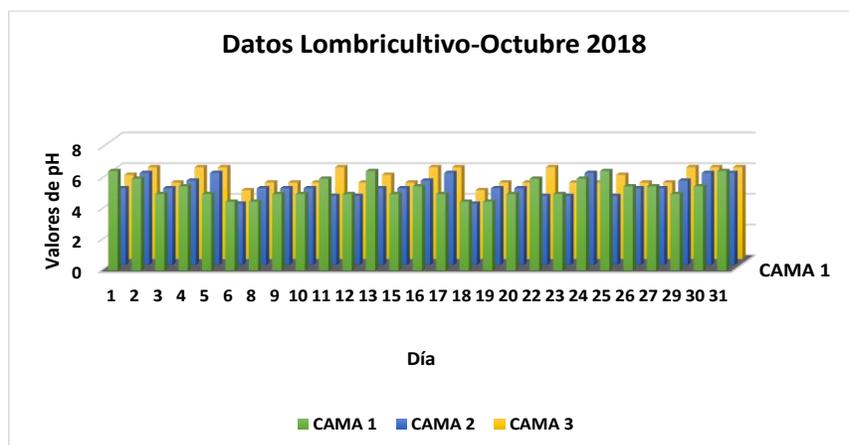


Fuente: El autor

En la presente figura 45, se puede apreciar, el registro diario de la temperatura interna del mes de octubre del año 2018 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identificó una disminución a 16°C en la cama uno (1) los días once y veintidós, y un aumento muy significativo de 19 °C el día cuatro y dieciséis en la cama tres (3), parámetros que se encuentran dentro de los óptimos y no genera riesgo para la supervivencia de las lombrices. El promedio del mes se encuentra en 17 °C.

Valores de pH en el mes de octubre de 2018

Figura 46. Valores de pH en las camas 1, 2 y 3



Fuente: El autor

La figura 46 representa, el registro diario de los valores de pH en el mes de octubre del año 2018 en las tres (3) camas del lombricultivo. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó una disminución entre (4 - 4,5) en la cama (1, 2 y 3) el día seis y dieciocho, en la cama (1) el día ocho y diecinueve, y en la cama (2) el día once, doce, veintidós, veintitrés y veinticinco, parámetros que se encuentran un poco bajos de los óptimos y lo que puede generar muerte en las lombrices, si permanece por mucho tiempo. El promedio del mes se encuentra en (5 – 5,4).

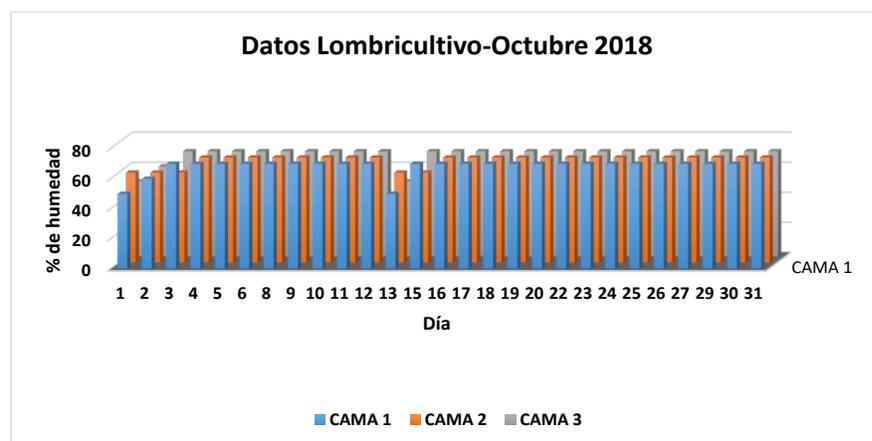
Porcentaje de humedad en el mes de octubre de 2018

Tabla 6. Niveles de humedad obtenidos durante el proceso de lombricultura y compostaje

Porcentaje	30%	40%	50%	60%	70%
Niveles de humedad obtenidos	DRY+	DRY	NOR	WET	WET+
Traducción	Muy seco	Seco	Normal	Mojado	Muy mojado

Fuente: El autor

Figura 47. Porcentaje de humedad en las camas 1, 2 y 3



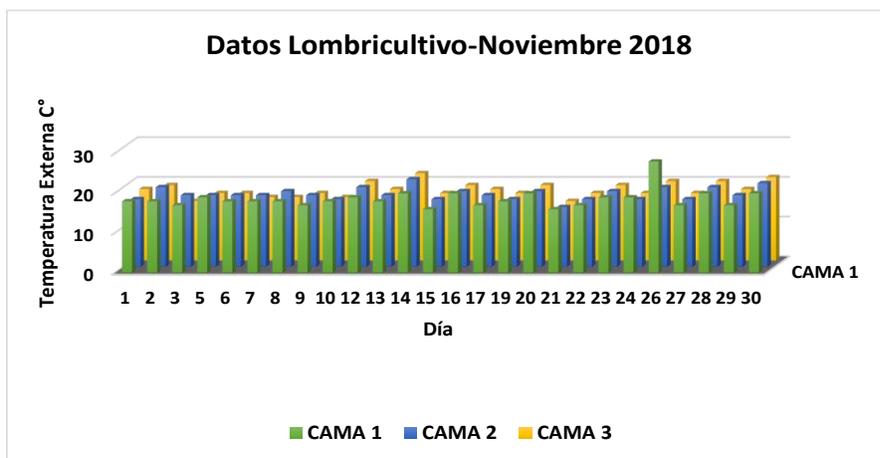
Fuente: El autor

Se puede apreciar en la siguiente figura 47, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de octubre del año 2018 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO en el que están las lombrices en el transcurso del mes. Se identificó humedad del 50% el día uno y trece en las camas uno y tres (1 y 3), la que se encuentra dentro

del rango normal para la cómoda respiración lombrices. El promedio del mes se encuentra en 68,1%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de noviembre de 2018

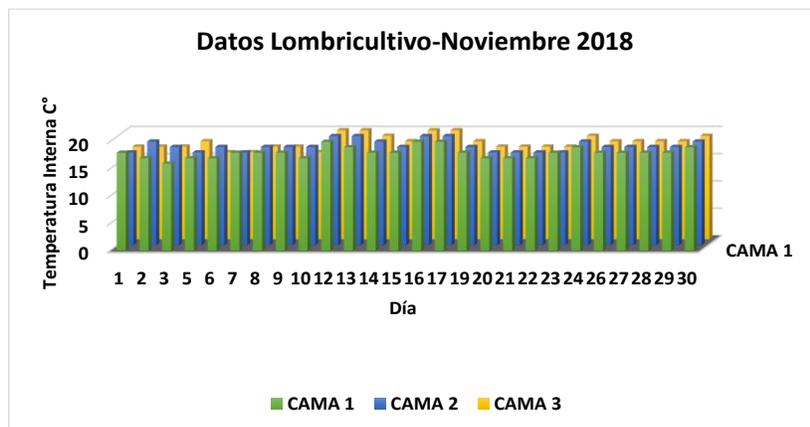
Figura 48. Temperatura externa cama 1, 2 y 3



Fuente: El autor

En esta figura 48, se puede apreciar, el registro diario de la temperatura externa del mes de noviembre del año 2018 en las tres (3) camas elaboradas para el lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica un aumento muy representativo a 28°C en el día veintiséis, y entre 20 a 22 °C en la cama uno, dos y tres (1, 2 y 3), en los días doce (12), catorce (14) y treinta (30), parámetros óptimos para una adecuada reproducción de las lombrices, según la literatura consultada para el desarrollo del proyecto. El promedio del mes se encuentra entre los 17,9 a 18,5 °C.

Figura 49. Temperatura interna cama 1,2 y 3

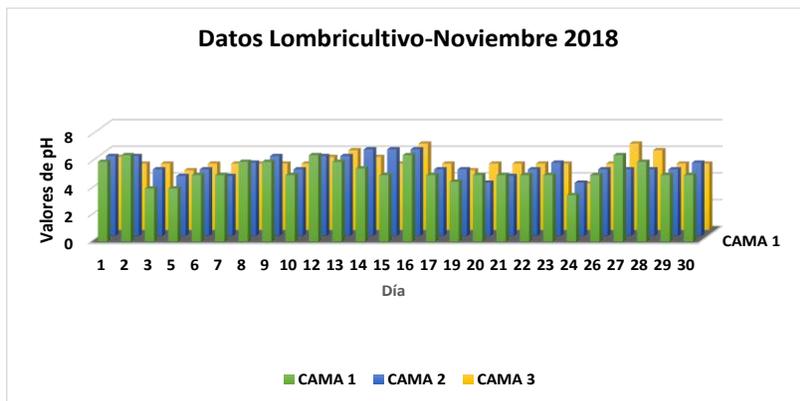


Fuente: El autor

En la presente figura 49, se puede apreciar el registro diario de la temperatura interna del mes de noviembre del año 2018 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identificó un aumento entre 19 a 20°C en las tres (3) camas los días doce, trece, dieciséis, diecisiete, veinticuatro y treinta, parámetros sobresalientes a los que se venían generando en los demás días del mes, se encuentran dentro de los óptimos para una adecuada reproducción de las lombrices, según la literatura consultada para el desarrollo del proyecto. El promedio del mes se encuentra en 17,8 a 18,2 °C.

Valores de pH en el mes de noviembre de 2018

Figura 50. Valores de pH registrados en las camas 1, 2 y 3

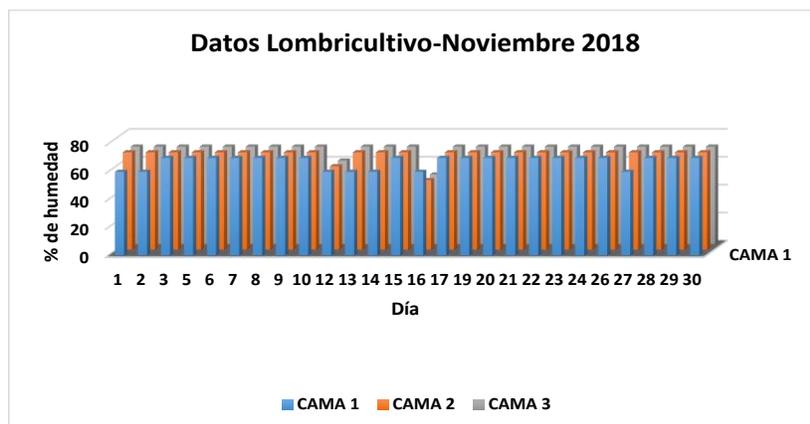


Fuente: El autor

La figura 50 representa, el registro diario de los valores de pH en el mes de noviembre del año 2018 en las tres (3) camas del lombricultivo. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un aumento al (6, 5) en la cama uno, dos y tres (1,2 y 3), los días dos, doce, catorce, quince, dieciséis y veintisiete, sobresalientes a los que se venían generando en los demás días del mes, y una disminución del 3,5 en la cama 1 y 2 el día veinticuatro; esta disminución puede generar riesgo si se mantiene por mucho tiempo. En cuanto al aumento se encuentra entre los parámetros óptimos para que las lombrices puedan consumir el alimento sin ningún problema. El promedio del mes se encuentra en 5,2 – 5,3.

Porcentaje de humedad en el mes de noviembre de 2018

Figura 51. Porcentaje de humedad en las camas 1, 2 y 3

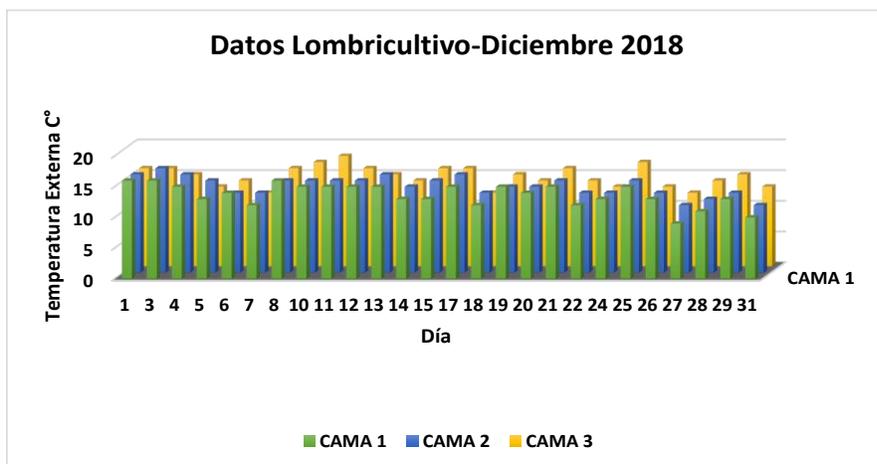


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la figura 51, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de noviembre del año 2018 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO en el que están las lombrices en el transcurso del mes. Se identificó humedad del 50% el día dieciséis en la cama uno y dos (1 y 2). Los demás días están entre el 60 a 70% parámetros óptimos para la reproducción de la lombriz, según la literatura consultada para el desarrollo del proyecto. El promedio del mes se encuentra entre 67,3 a 68,8%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de diciembre de 2018

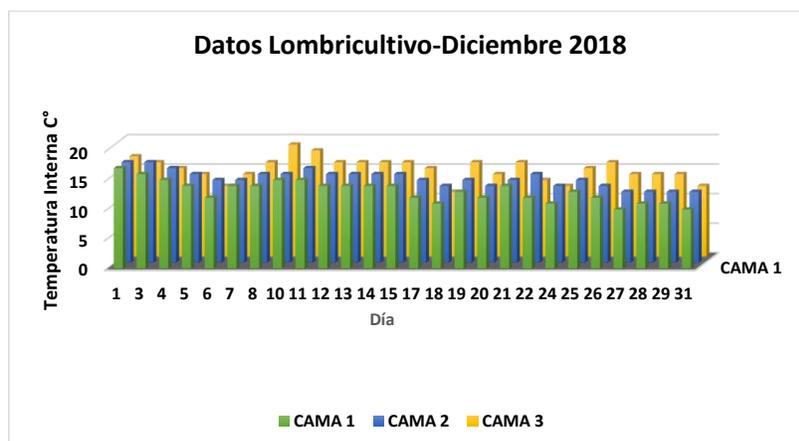
Figura 52. Temperatura externa cama 1, 2 y3



Fuente: El autor

En esta figura 52, se puede apreciar, el registro diario de la temperatura externa del mes de diciembre del año 2018 en las tres (3) camas elaboradas para el lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica una disminución muy representativo a 9°C en el día veintisiete (27), en la cama uno (1), en los demás días del mes también presentaron temperaturas bajas en comparación a las registradas en los meses anteriores, estos parámetros pueden generar riesgo para supervivencia y reproducción de las lombrices. El promedio del mes se encuentra entre los 13,7 a 14,7 °C.

Figura 53. Temperatura interna cama 1, 2 y 3

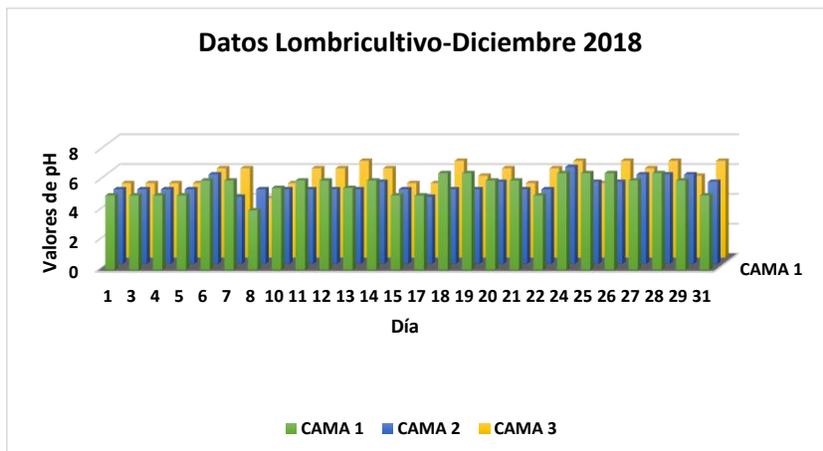


Fuente: El autor

En la presente figura 53, se puede apreciar el registro diario de la temperatura interna del mes de diciembre del año 2018 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identificó un aumento entre 17 a 19°C en las tres (3) camas los días uno, tres, diez y once, parámetros sobresalientes a los que se generaron en los demás días del mes. Aunque es de resaltar que se tuvieron temperaturas bajas en la mayoría de los días. El promedio del mes se encuentra en 13,1 a 14,9 °C.

Valores de pH en el mes de diciembre de 2018

Figura 54. Valores de pH en las camas 1, 2 y 3

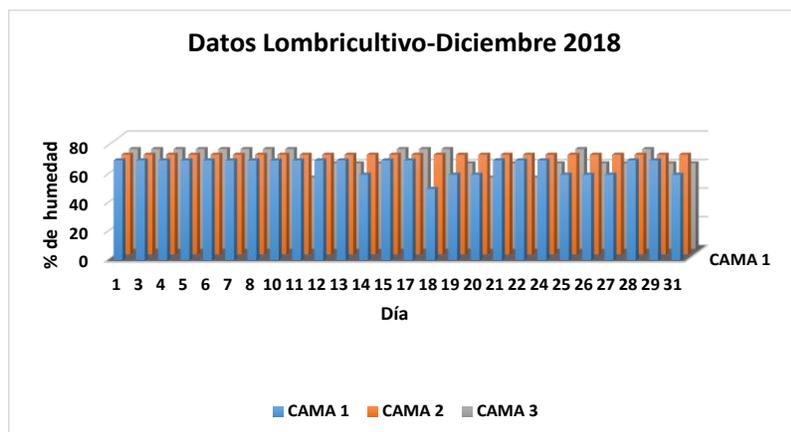


Fuente: El autor

La figura 54 representa, el registro diario de los valores de pH en el mes de diciembre del año 2018 en las tres (3) camas del lombricultivo. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un aumento al (6, 5) en las tres (3) camas, los días trece, dieciocho, diecinueve, veinticuatro, veinticinco, veintiséis y veintiocho, sobresalientes a los que se venían generando en los demás días del mes. Estos parámetros se encuentran entre los óptimos para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra en un pH ácido de 5,3 – 5,7.

Porcentaje de humedad en el mes de diciembre de 2018

Figura 55. Porcentaje de humedad en las camas 1, 2 y 3

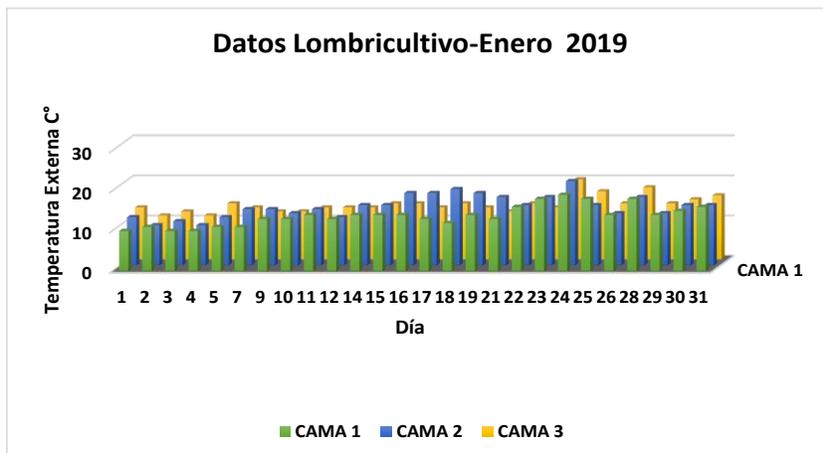


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la siguiente figura 55, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de diciembre del año 2018 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO en el que están las lombrices en el transcurso del mes. Se identificó humedad del 50% los días once, dieciocho, veinte y veintidós, en la cama uno y tres (1 y 3), la que se encuentra dentro del rango normal para la cómoda respiración lombrices. Los demás días están entre el 60 a 70% parámetros óptimos para la reproducción de la lombriz. El promedio del mes se encuentra entre 63,8 a 70%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de enero de 2019

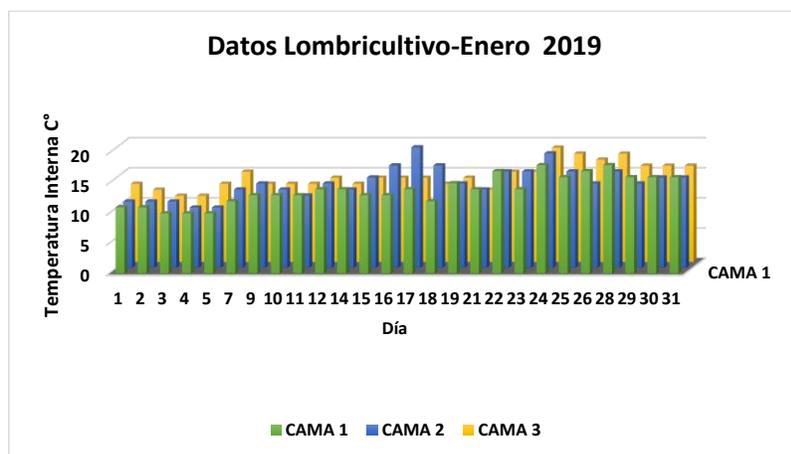
Figura 56. Temperatura externa cama 1, 2 y 3



Fuente: El autor

En esta figura 56, se puede apreciar el registro diario de la temperatura externa del mes de enero del año 2019 en las tres (3) camas elaboradas para el lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica un aumento muy representativo entre 19 a 21°C en los días dieciocho y veinticuatro, los demás días tuvieron una baja en temperatura hasta 10°C, los parámetros muy bajos pueden generar riesgo para supervivencia y reproducción de las lombrices. El promedio del mes se encuentra entre los 13,8 a 14,7 °C.

Figura 57. Temperatura interna cama 1, 2 y 3

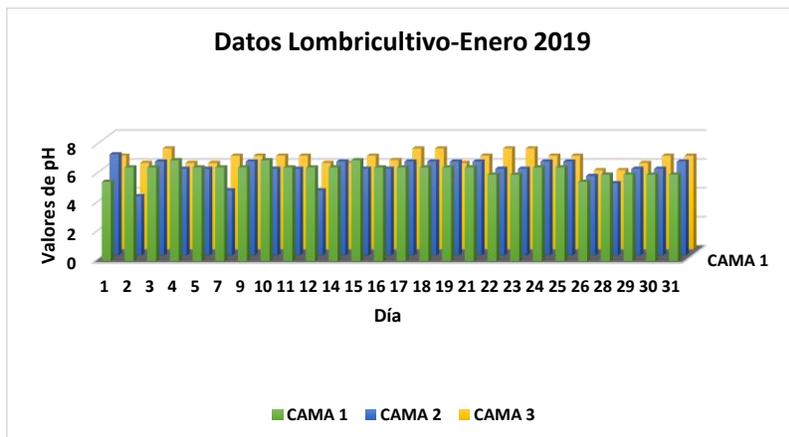


Fuente: El autor

En la presente figura 57, se puede apreciar el registro diario de la temperatura interna del mes de enero del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identificó un aumento entre 19 a 20°C en la cama dos y tres (2 y 3) los días diecisiete y veinticuatro, parámetros sobresalientes a los que se generaron en los demás días del mes. Aunque es de resaltar que se tuvieron temperaturas bajas en los primeros días del mes desde 10°C, creando riesgo en la reproducción de las lombrices, si se mantiene por mucho tiempo. El promedio del mes se encuentra en 13,8 a 14,3 °C.

Valores de pH en el mes de enero de 2019

Figura 58. Valores de pH registrado en las camas 1, 2 y 3

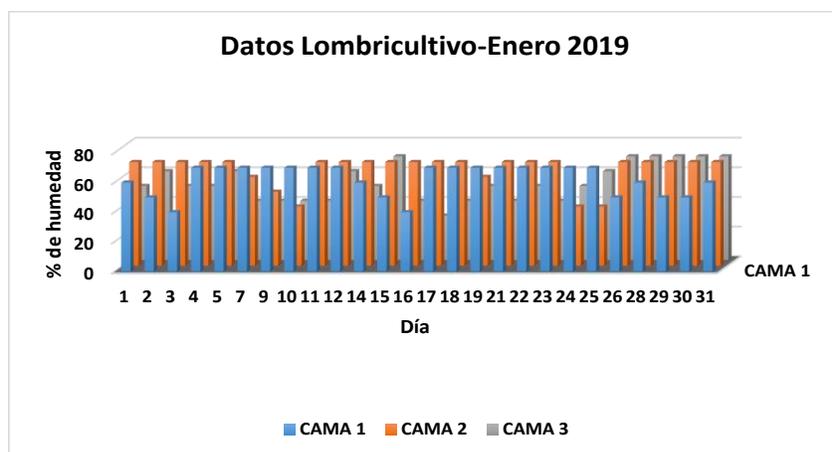


Fuente: El autor

La figura 58, representa el registro diario de los valores de pH en el mes de enero del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó una disminución al (4,1) en la cama dos, los días dos, siete y doce, sobresalientes a los que se generaron en los demás días del mes. Esta baja de pH si permanece por demasiado tiempo, se convierte en riesgo para la supervivencia de la lombriz. Se resalta que los demás días se obtuvieron registro de parámetros desde 5,5 a 7 entre los óptimos para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra en 6 – 6,4.

Porcentaje de humedad en el mes de enero de 2019

Figura 59. Porcentaje de humedad en las camas 1,2 y 3

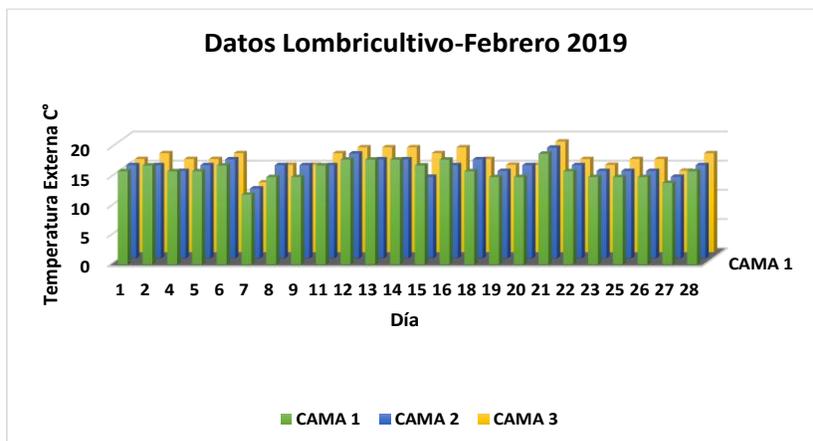


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la siguiente figura 59, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de enero del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO en el que están las lombrices en el transcurso del mes. Se identificó humedad del 30 y 40% los días tres, siete, nueve, diez, once, dieciséis, diecisiete, dieciocho, veintiuno, veintitrés, veinticuatro y veinticinco en las tres (3) camas, la que se encuentra en un porcentaje muy bajo y puede generar dificultad para la respiración y traslado de las lombrices. Los demás días están entre el 50 a 70% parámetros óptimos para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra entre 52,3 a 65%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de febrero de 2019

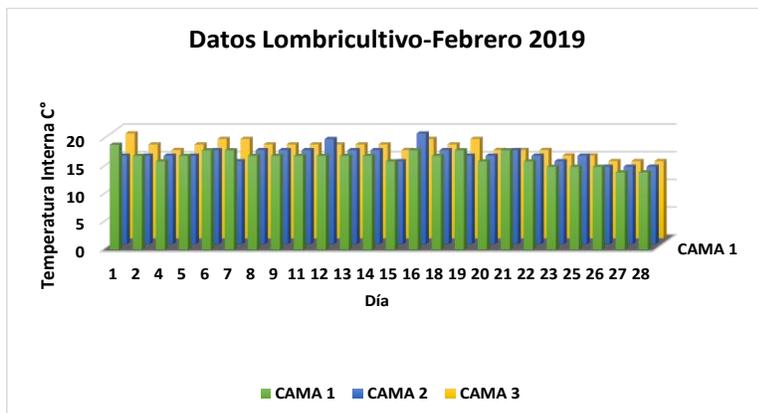
Figura 60. Temperatura externa cama 1,2 y 3



Fuente: El autor

En esta figura 60, se puede apreciar, el registro diario de la temperatura externa del mes de febrero del año 2019 en las tres (3) camas elaboradas para el lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica un aumento a 19 °C el día veintiuno, y se registró una temperatura baja de hasta 12 °C el día siete, en los demás días tuvieron una temperatura óptima para el adecuado funcionamiento del lombricultivo. El promedio del mes se encuentra entre los 15,8 a 16,2 °C.

Figura 61. Temperatura interna cama 1,2 y 3

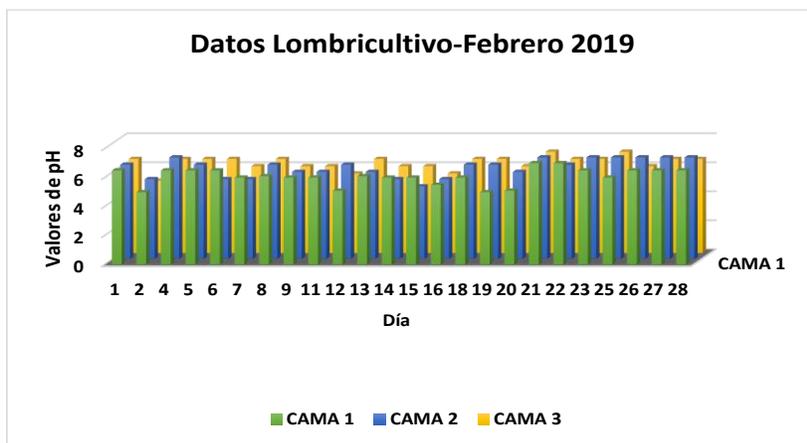


Fuente: El autor

En la figura 61 se puede apreciar, el registro diario de la temperatura interna del mes de febrero del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identificó una disminución hasta 14°C en las tres (3) camas los días veintiséis, veintisiete, y veintiocho, y un aumento de 19 y 20°C los días uno, doce, y dieciséis en las tres (3) camas, se observa que en temperatura baja, las lombrices tienden a disminuir su trabajo de transformación y también en la reproducción. El promedio del mes se encuentra en 16,3 a 16,6 °C.

Valores de pH en el mes de febrero de 2019

Figura 62. Valores de pH registrado en las camas 1,2 y 3

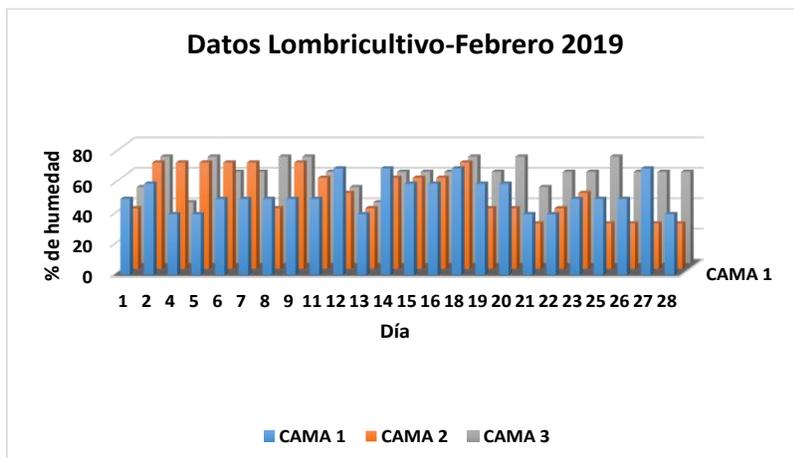


Fuente: El autor

La figura 62 representa, el registro diario de los valores de pH en el mes de febrero del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un parámetro entre (5,1-7) durante todo el mes, los cuales son óptimos para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra en (6,1 – 6,3).

Porcentaje de humedad en el mes de febrero de 2019

Figura 63. Porcentaje de humedad en las camas 1,2 y 3

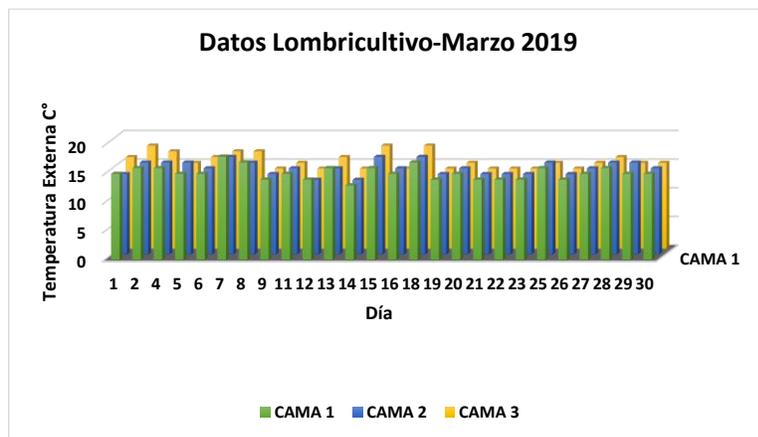


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la siguiente figura 63, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de febrero del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO en el que están las lombrices en el transcurso del mes. Se identificó humedad del 30 y 40% los días uno, cuatro, cinco, trece, veinte, veintiuno, veintidós veinticinco, veintiséis, veintisiete y veintiocho en las tres (3) camas, la que se encuentra en un porcentaje muy bajo y puede generar dificultad para la respiración y traslado de las lombrices. Los demás días están entre el 50 a 70% parámetros óptimos para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra entre 50,8 a 60%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de marzo de 2019

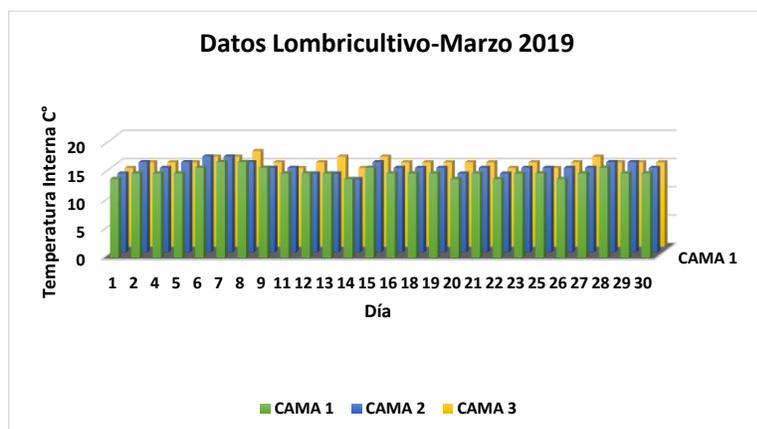
Figura 64. Temperatura externa cama 1,2 y 3



Fuente: El autor

En esta figura 64, se puede apreciar, el registro diario de la temperatura externa del mes de marzo del año 2019 en las tres (3) camas elaboradas para el lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica un aumento a 18 °C los días siete, quince y dieciocho, y se registró una temperatura baja de hasta 14 °C los días uno, nueve, doce, catorce, dieciséis, diecinueve, veintiuno, veintidós, veintitrés y veintiséis, en los demás días tuvieron una temperatura óptima que no genera riesgo al lombricultivo. El promedio del mes se encuentra entre los 15,1 a 15,4 °C.

Figura 65. Temperatura interna cama 1,2 y 3

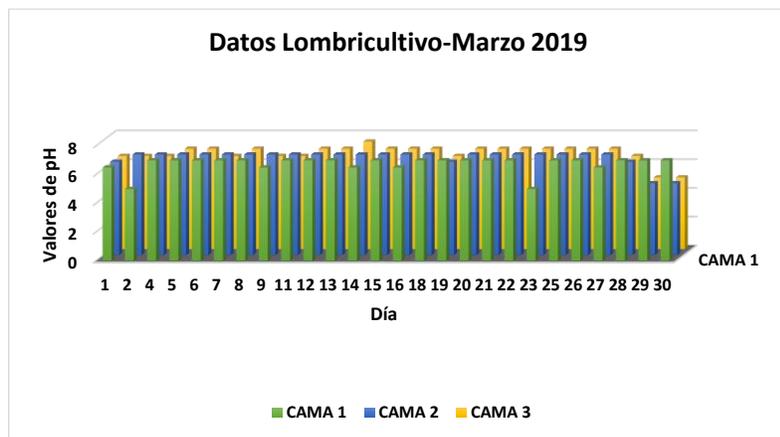


Fuente: El autor

En la figura 65 se puede apreciar, el registro diario de la temperatura interna del mes de marzo del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identificó una disminución hasta 14°C en las tres (3) camas los días uno, doce, trece, catorce, veinte, veintidós y veintiséis, se observa que en temperatura baja, las lombrices tienden a disminuir su trabajo de transformación y también en la reproducción. Los demás días se tuvo una temperatura no muy alta, pero estable, sin generar algún tipo de riesgo para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra en 15,1 °C.

Valores de pH en el mes de marzo de 2019

Figura 66. Valores de pH registrado en las camas 1, 2 y 3

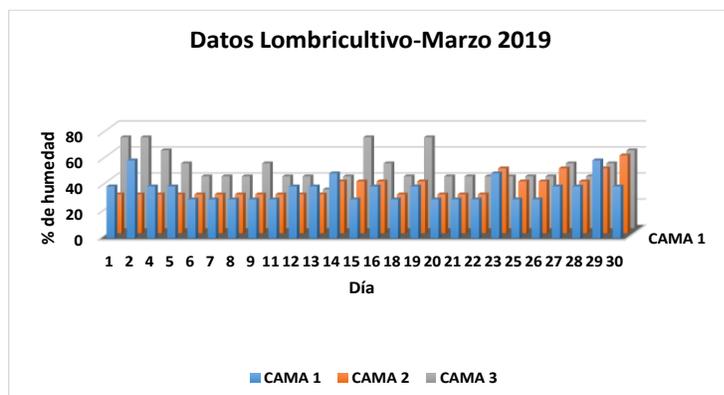


Fuente: El autor

La figura 66 representa el registro diario de los valores de pH en el mes de marzo del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un parámetro entre (5-7) durante todo el mes, los cuales son óptimos para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra en (6,7 – 6,8).

Porcentaje de humedad en el mes de marzo de 2019

Figura 67. Porcentaje de humedad en las camas 1, 2 y 3

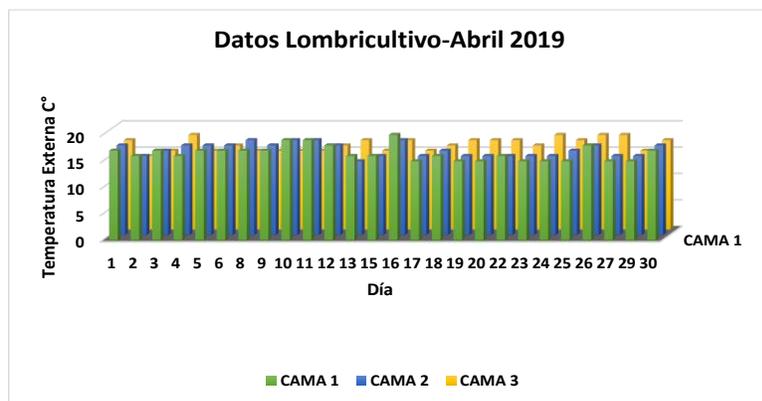


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la figura 67, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de marzo del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO en el que están las lombrices en el transcurso del mes. Se identificó humedad del 30 y 40% en la mayor parte del mes, en las tres (3) camas; la que se encuentra en un porcentaje muy bajo y puede generar dificultad para la respiración y traslado de las lombrices. Y entre el 50 a 70% los días uno, dos, cuatro, nueve, catorce, quince, dieciséis, diecinueve, veintitrés, veintisiete, veintinueve y treinta, parámetros óptimos para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra entre 37,7 a 47,7%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de abril de 2019

Figura 68. Temperatura externa cama 1,2 y 3

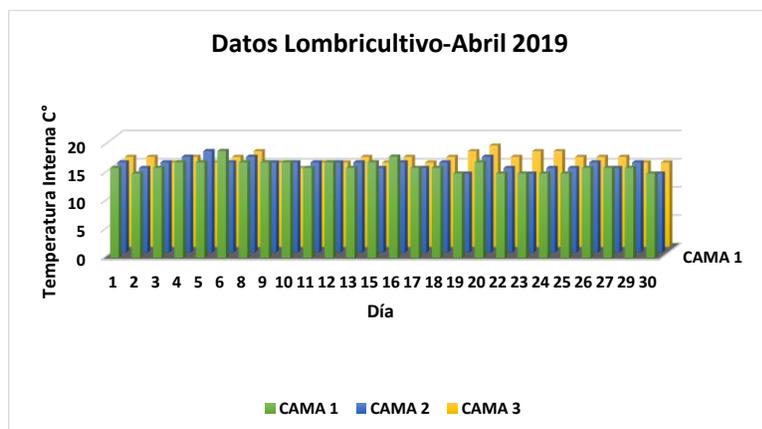


Fuente: El autor

En esta figura 68, se puede apreciar el registro diario de la temperatura externa del mes de abril del año 2019 en las tres (3) camas elaboradas para el lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica un aumento a 20 °C el día dieciséis en la cama uno (1), en los demás días tuvieron una temperatura

óptima que no genera riesgo al lombricultivo. El promedio del mes se encuentra entre los 16,2 a 16,5 °C.

Figura 69. Temperatura interna cama 1, 2 y 3

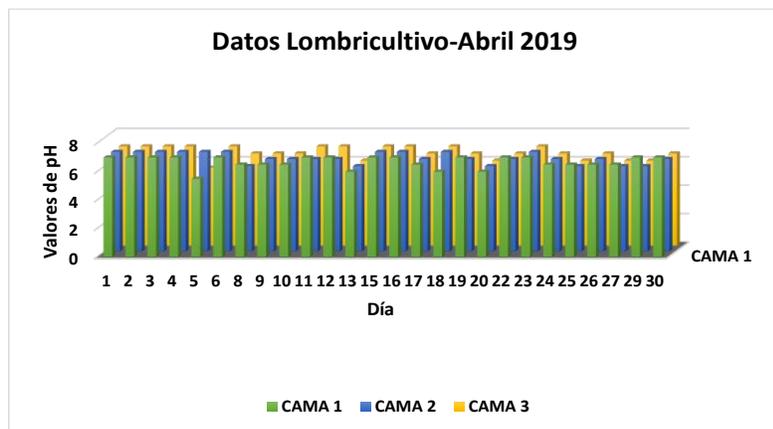


Fuente: El autor

En la figura 69 se puede apreciar, el registro diario de la temperatura interna del mes de abril del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identificó una disminución hasta 14°C en la cama dos y tres (2 y 3), los días diez, diecinueve, veintitrés y treinta, se observa que en temperatura baja, las lombrices tienden a disminuir su trabajo de transformación y también en la reproducción. Los demás días se tuvo una temperatura no muy alta, pero estable, sin generar algún tipo de riesgo para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra en 15,7 a 16,2 °C.

Valores de pH en el mes de abril de 2019

Figura 70. Valores de pH registrado en las camas 1, 2 y 3

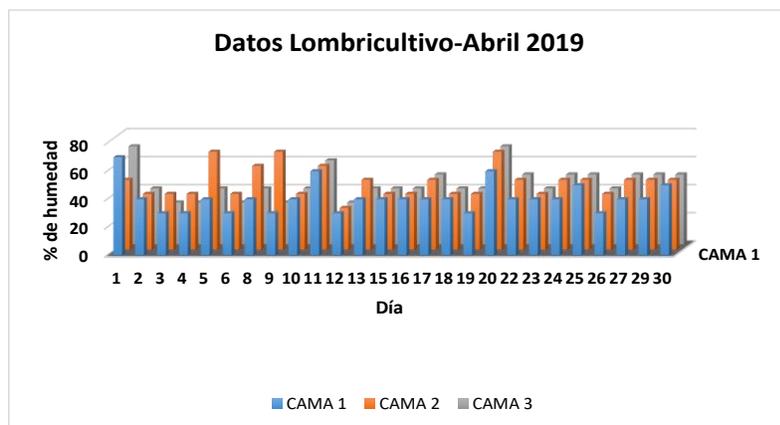


Fuente: El autor

La figura 70 representa, el registro diario de los valores de pH en el mes de abril del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un parámetro entre (5,5-7) durante todo el mes, los cuales son óptimos para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra en (6,6 – 6,7).

Porcentaje de humedad en el mes de abril de 2019

Figura 71. Porcentaje de humedad en las camas 1, 2 y 3

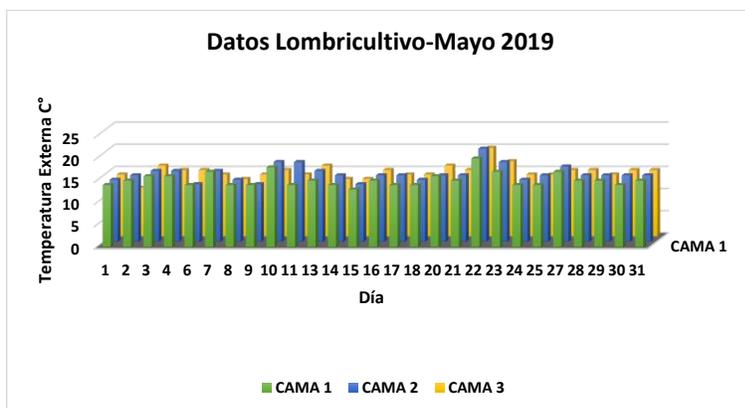


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la siguiente figura 71, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de abril del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO en el que están las lombrices en el transcurso del mes. Se identificó humedad del 30 y 40% en la mayor parte del mes, distribuidos en las tres (3) camas; la que se encuentra en un porcentaje muy bajo y puede generar dificultad para la respiración y traslado de las lombrices. Y entre el 50 a 70% los días uno, cinco, nueve, once, trece, diecisiete, veinte, veintidós, veinticuatro, veinticinco, veintisiete, veintinueve y treinta, parámetros óptimos para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra entre 40,8 a 48,1%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de mayo de 2019

Figura 72. Temperatura externa cama 1, 2 y 3

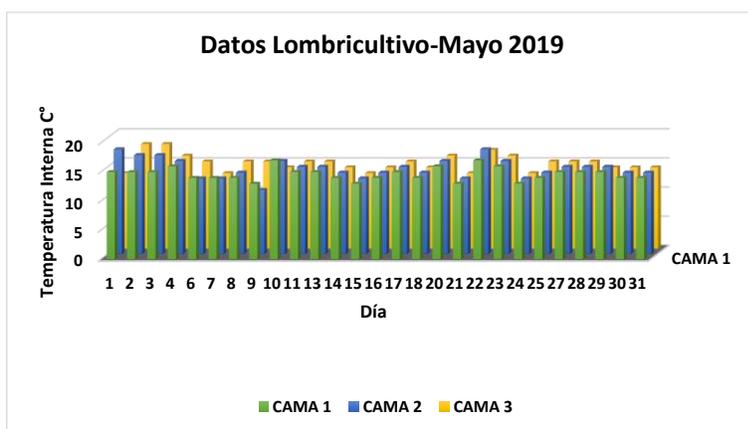


Fuente: El autor

En la figura 72, se puede apreciar, el registro diario de la temperatura externa del mes de mayo del año 2019 en las tres (3) camas elaboradas para el lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica un aumento a 20 y 21 °C el día veintidós en las tres (3) camas, y disminución hasta 13°C en las tres

(3) camas, los días seis, nueve y quince, en los demás días tuvieron una temperatura no muy alta, pero es óptima que no genera riesgo al lombricultivo. El promedio del mes se encuentra entre los 14,7 a 15,4 °C.

Figura 73. Temperatura interna cama 1, 2 y 3

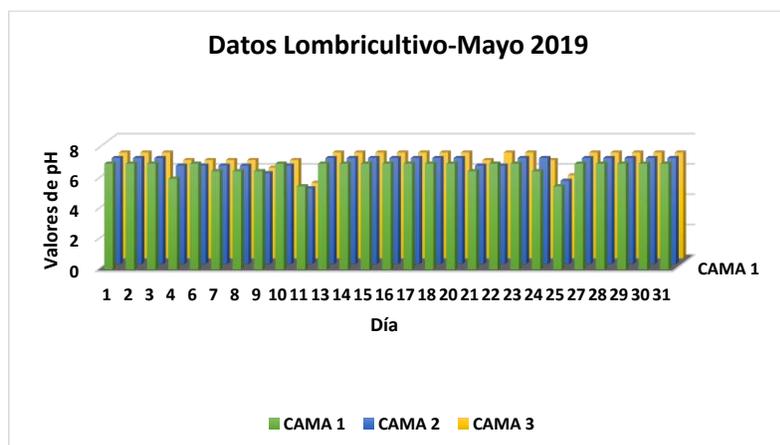


Fuente: El autor

En la figura 73, se puede apreciar, el registro diario de la temperatura interna del mes de mayo del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identificó una disminución hasta 11°C en la cama dos (2), el día nueve, se observa que en temperatura baja, las lombrices tienden a disminuir su trabajo de transformación y también en la reproducción. Y un aumento hasta 18°C distribuido en las tres (3) camas, los días uno, dos, tres y veintidós. Los demás días se tuvo una temperatura no muy alta, con ciertas variaciones, sin generar algún tipo de riesgo para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra en 14,6 a 14,8 °C.

Valores de pH en el mes de mayo de 2019

Figura 74. Valores de pH en las camas 1, 2 y 3

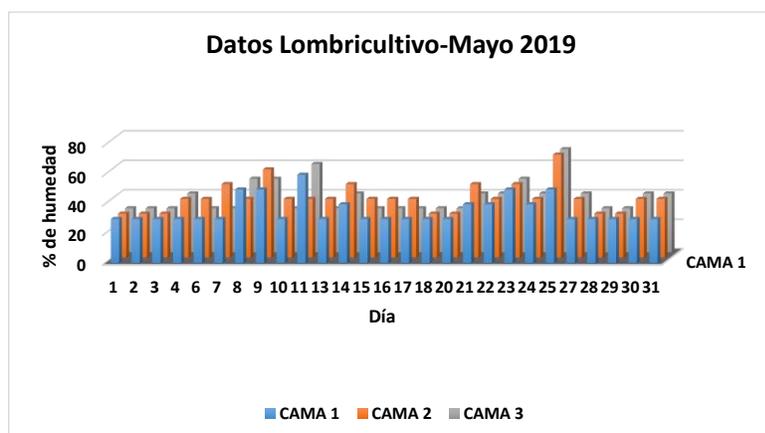


Fuente: El autor

La figura 74 representa, el registro diario de los valores de pH en el mes de mayo del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un parámetro entre (5 -7) durante todo el mes, los cuales son óptimos para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra en (6,7 – 6,8).

Porcentaje de humedad en el mes de mayo de 2019

Figura 75. Porcentaje de humedad en las camas 1,2 y 3



Fuente: El autor

Se puede apreciar en la siguiente figura 75, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de mayo del año 2019 en las tres (3) camas del lombricultivo. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO en el que están las lombrices en el transcurso del mes. Se identificó humedad del 30 y 40% en la mayor parte del mes, distribuidos en las tres (3) camas; la que se encuentra en un porcentaje muy bajo y puede generar dificultad para la respiración y traslado de las lombrices. Y entre el 50 a 70% los días siete, ocho, nueve, once, catorce, veintiuno, veintitrés y veinticinco, parámetros óptimos para el lombricultivo. El promedio del mes se encuentra entre 35,6 a 40,7%.

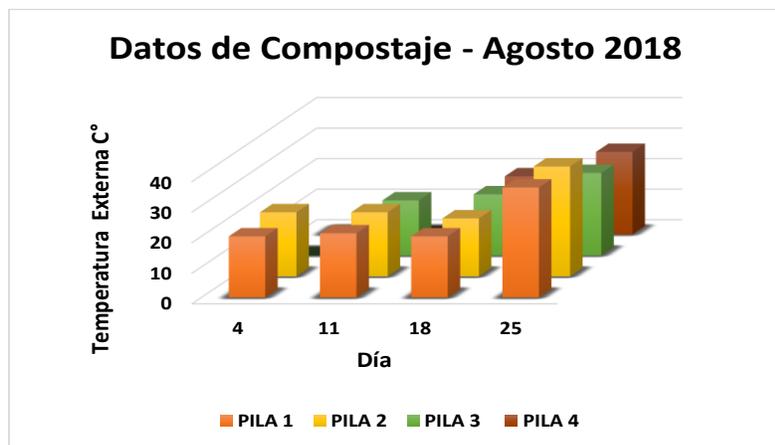
24.2. Registro semanal de Temperatura, pH y Humedad en la Alternativa del Compostaje

Durante el tiempo en que se desarrolló la alternativa del compostaje, se hizo el control y seguimiento de los siguientes parámetros (temperatura, pH y humedad). Estos registros fueron tomados cada ocho (8) días los sábados más específicamente, durante ocho (8) meses a las siete (7) de la mañana. Información que se muestra a continuación en las figuras o graficas donde se representa la misma.

Las tablas con los datos que son aquí graficados, se anexan en Excel para soporte de la información acá suministrada. En algunas fechas en específico de estas tablas, se encuentran casillas en cero, lo que indica la no existencia de pilas. Esto significa que da apertura en la siguiente fecha a una nueva pila o en definitiva se da el cierre a una antigua pila la fecha anterior al cero.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de agosto de 2018

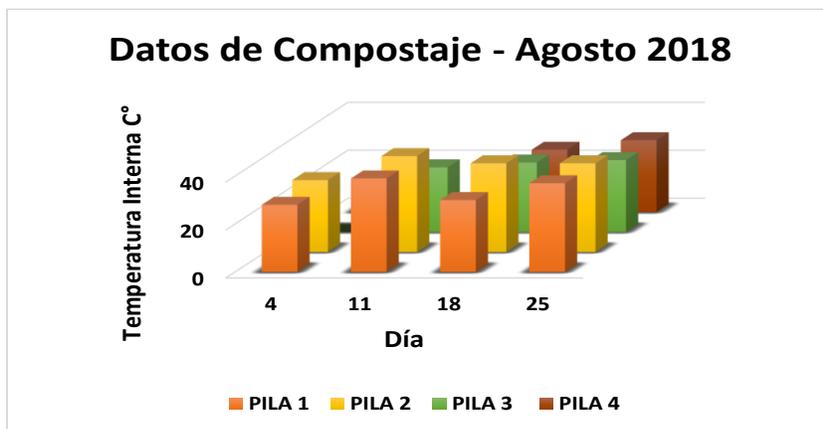
Figura 76. Temperatura externa pilas 1 al 4



Fuente: El autor

En esta figura 76, se puede apreciar, el registro semanal de la temperatura externa del mes de agosto del año 2018 en las pilas (1 al 4) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las primeras fases en el proceso de compostaje, se tiene una temperatura cercana a temperatura ambiente. Esto se puede ver el día cuatro en la pila uno y dos (1 y 2). En este mismo día en la pila tres y cuatro (3y 4) las encontramos en cero (0), lo que indica que no ha iniciado pila, sino hasta el día once y dieciocho. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. El promedio del mes se encuentra entre los 11,5 a 24,3 °C.

Figura 77. Temperatura interna pilas 1 al 4

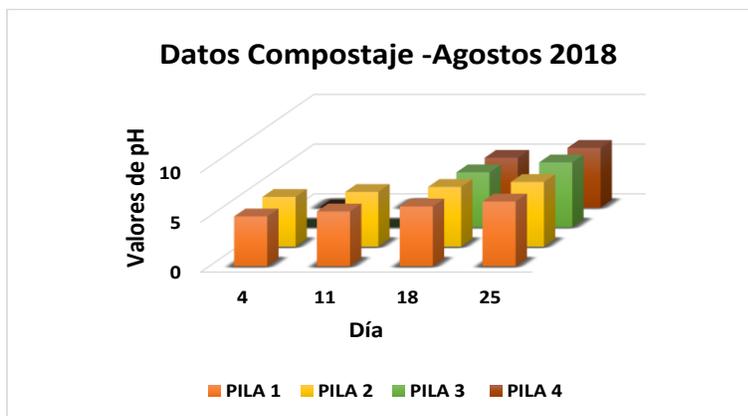


Fuente: El autor

La figura 77 muestra, el registro semanal de la temperatura interna del mes de agosto del año 2018 en las pilas (1 al 4) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identifica que a medida que avanza el tiempo en las pilas, se va aumentando la temperatura entre la primera y segunda semana, que hace presencia la fase mesófila, y se puede extender ese aumento hasta la cuarta semana, eso dependiendo la cantidad de RSO que se maneje. Esto se puede ver en los días once, dieciocho y veinticinco en la pila uno y dos (1 y 2). Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. El promedio del mes se encuentra entre los 14 a 36 °C.

Valores de pH en el mes de agosto de 2018

Figura 78. Valores de pH registrado en las pilas 1 al 4

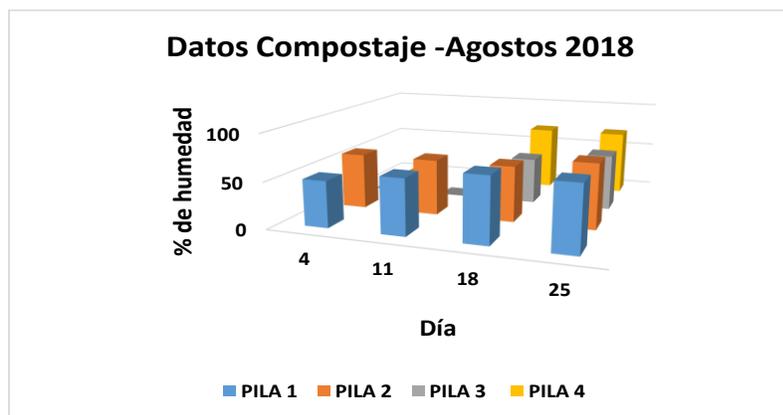


Fuente: El autor

La figura 78 representa el registro semanal de los valores de pH en el mes de agosto del año 2018 en las pilas (1 al 4) de compostaje. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un parámetro entre (5 -6,5) en la primera fase del proceso de degradación, los cuales son óptimos para el compostaje. El promedio del mes se encuentra en (2,8 – 5,8).

Porcentaje de humedad en el mes de agosto de 2018

Figura 79. Porcentaje de humedad en las pilas 1 al 4

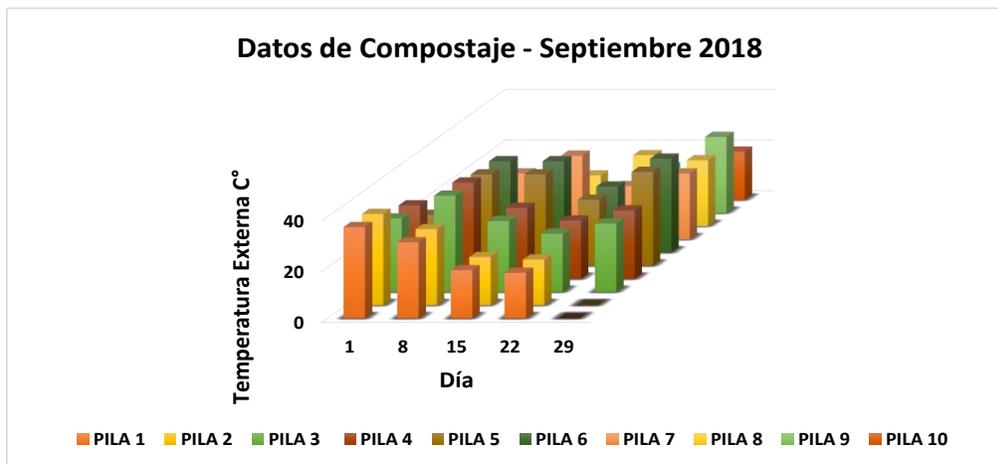


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la figura 79, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de agosto del año 2018 en el compostaje. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO. Se identificó humedad del 50 al 70% valores distribuidos entre las cuatro pilas; parámetros óptimos para la degradación por los microorganismos. El promedio del mes se encuentra entre 27,5 a 62,5%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de septiembre de 2018

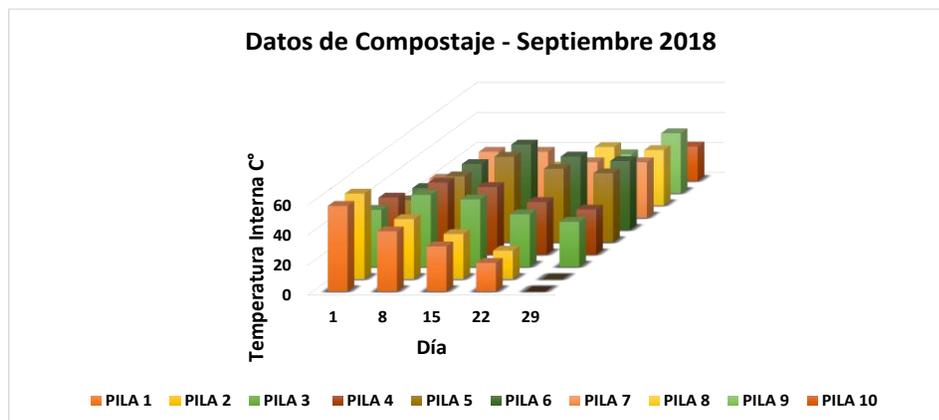
Figura 80. Temperatura externa pilas 1 al 10



Fuente: El autor

En esta figura 80 se puede apreciar, el registro semanal de la temperatura externa del mes de septiembre del año 2018 en las pilas (1 al 10) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las pilas de la (1 al 4) en el día uno y ocho, se mantiene temperatura alta. En las demás pilas de la (5 al 7) en el inicio del proceso en el día uno, se encuentran a temperatura ambiente, y en los días ocho, quince y veintidós aumenta la temperatura. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. El promedio del mes se encuentra entre los 3,8 a 31 °C.

Figura 81. Temperatura interna pilas 1 al 10

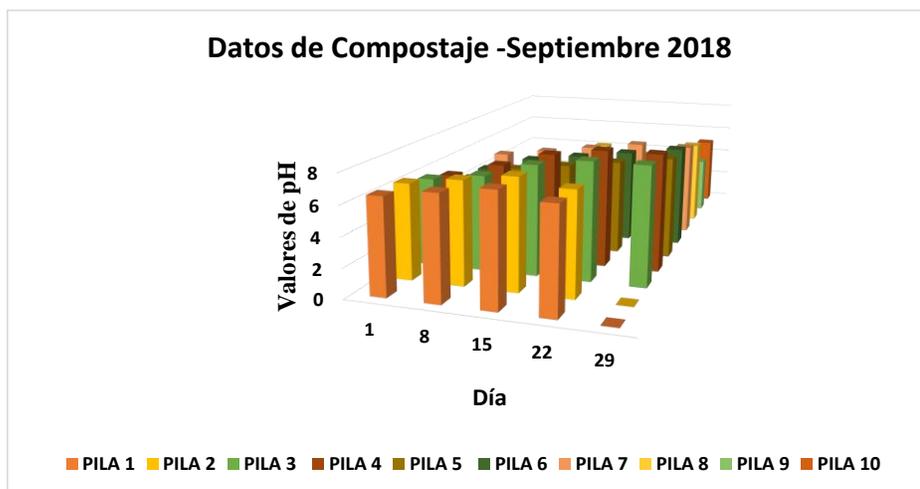


Fuente: El autor

La figura 81 muestra, el registro semanal de la temperatura interna del mes de septiembre del año 2018 en las pilas (1 al 10) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identifica que a medida que avanza el tiempo en las pilas, se va aumentando la temperatura y se puede extender ese aumento hasta la cuarta semana, eso dependiendo la cantidad de RSO que se maneje. Se observa de la pila uno (1) a la siete (7) un aumento significativo de temperatura, que ayuda a que los parámetros sean óptimos, para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. El promedio del mes se encuentra entre los 4,6 a 44,8 °C.

Valores de pH en el mes de septiembre de 2018

Figura 82. Valores de pH en las pilas 1 al 10

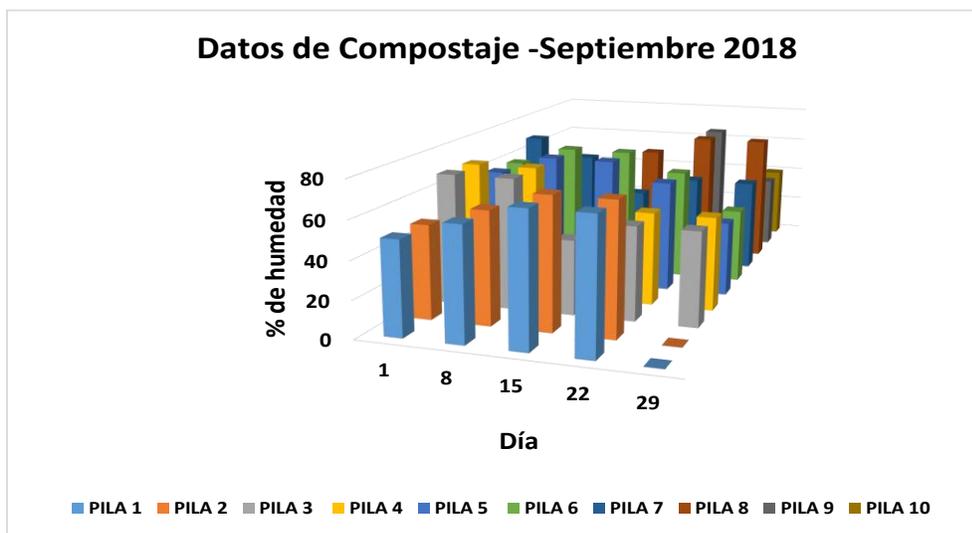


Fuente: El autor

La figura 82 representa, el registro semanal de los valores de pH en el mes de septiembre del año 2018 en las pilas (1 al 10) de compostaje. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un parámetro entre (5 -8) en la segunda fase del proceso de degradación de la pila (1 al 7), los cuales son óptimos para el compostaje. El promedio del mes se encuentra en (1 – 7,2).

Porcentaje de humedad en el mes de septiembre de 2018

Figura 83. Porcentaje de humedad en las pilas 1 al 10

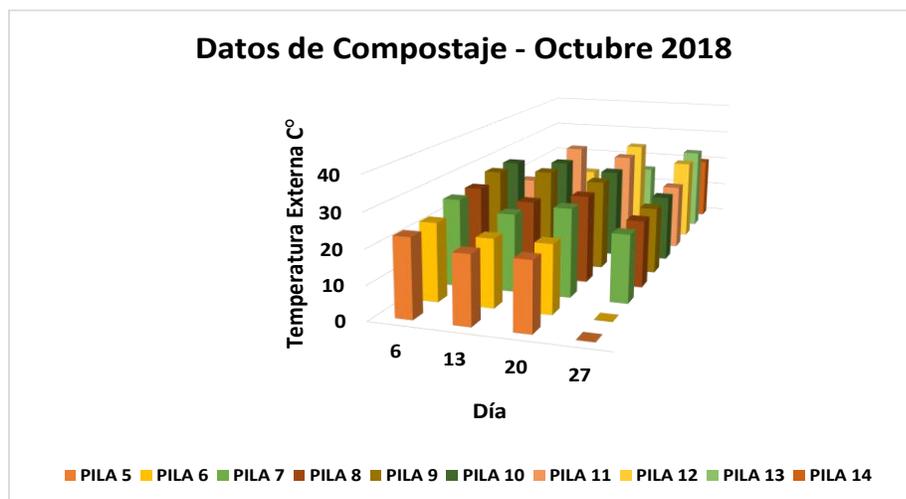


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la figura 83, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de septiembre del año 2018 en el compostaje. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO. Se identificó humedad del 40% en la primera fase de la pila diez (10) y en la segunda fase de la pila (9). La humedad de 40 al 70% valores distribuidos entre las pilas uno a la nueve (1 al 9); parámetros óptimos para la degradación por los microorganismos. El promedio del mes se encuentra entre 8 a 60%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de octubre de 2018

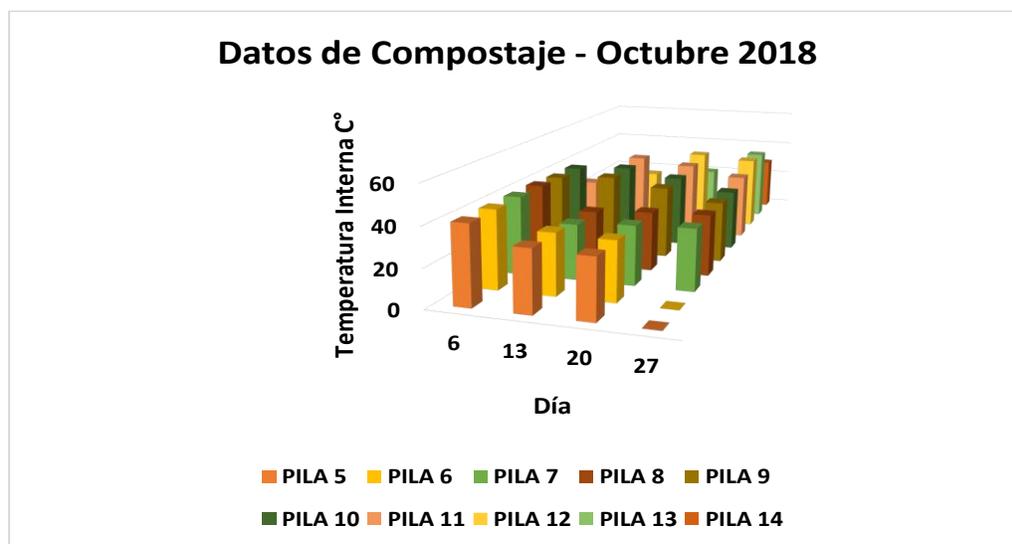
Figura 84. Temperatura externa pilas 5 al 14



Fuente: El autor

Se puede apreciar en esta figura, el registro semanal de la temperatura externa del mes de octubre del año 2018 en las pilas (5 al 14) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las pilas de la (5 al 6) en el día veinte se mantiene temperatura ambiente. En las pilas de la (12 al 14) en los días trece, veinte y veintisiete, la temperatura está acorde a la fase que va cada una de las pilas. En las demás pilas de la (7 al 11) en los días del seis al veintisiete hay variabilidad en el temperatura acorde en la fase en la que se encuentra cada una. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. El promedio del mes se encuentra entre los 5 a 26 °C.

Figura 85. Temperatura interna pilas 5 al 14

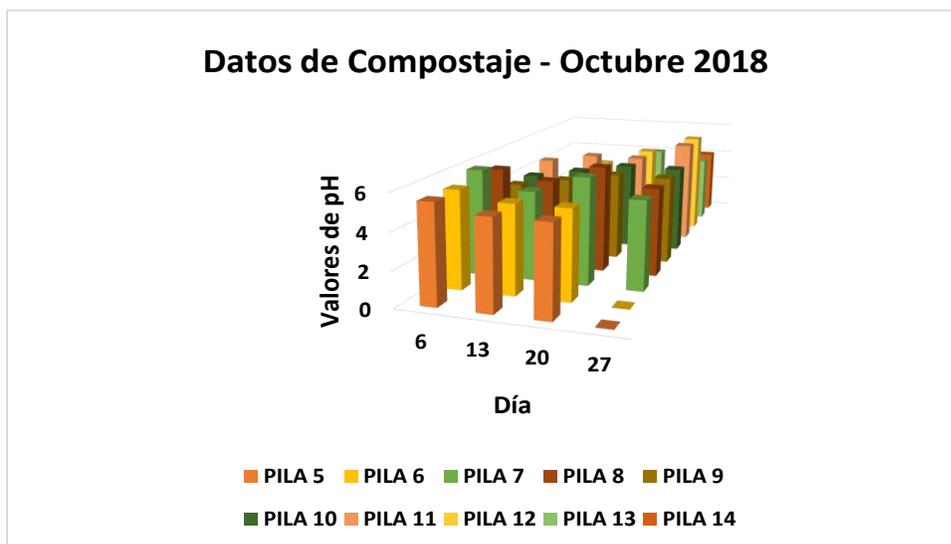


Fuente: El autor

Se puede apreciar en esta figura 85, el registro semanal de la temperatura interna del mes de octubre del año 2018 en las pilas (5 al 14) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las pilas de la (5 al 6) en el día veinte, se mantiene temperatura promedio óptima ya para fase final de esta pila. En las pilas de la (12 al 14) en los días trece, veinte y veintisiete, la temperatura está acorde a la fase que va cada una de las pilas. En las demás pilas de la (7 al 11) en los días del seis al veintisiete, hay variabilidad en la temperatura acorde en la fase en la que se encuentra cada una. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. El promedio del mes se encuentra entre los 7,3 a 38 °C.

Valores de pH en el mes de octubre de 2018

Figura 86. Valores de pH registrados en las pilas 5 al 14

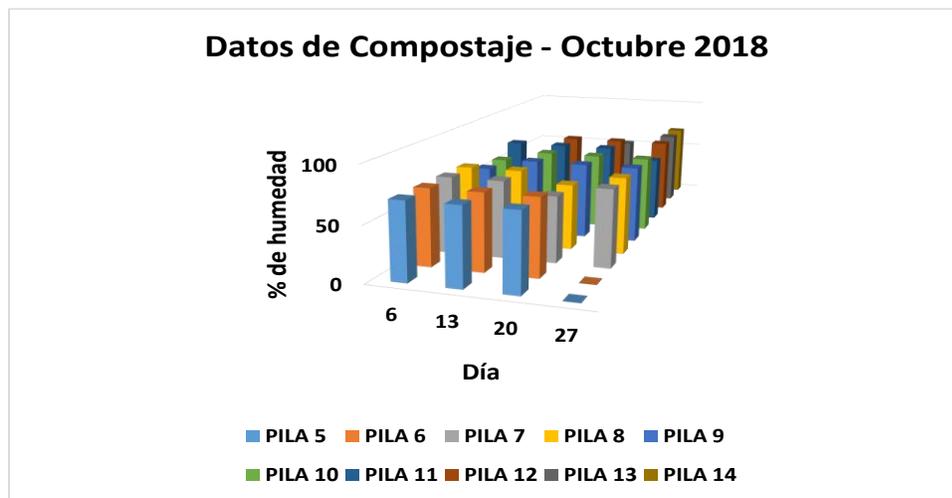


Fuente: El autor

La figura 86 representa, el registro semanal de los valores de pH en el mes de octubre del año 2018 en las pilas (5 al 14) de compostaje. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un parámetro entre (4 -6) distribuidos en las diez (10) pilas. El valor más bajo lo encontramos en los días iniciales de las pilas nueve, diez, doce y catorce (9, 10, 12 y 14), cuando se está estabilizando el pH. En las demás pilas y los días siguientes, se encuentran parámetros óptimos previos a la fase en la que se encuentra cada pila. El promedio del mes se encuentra en (1 – 5,5).

Porcentaje de humedad en el mes de octubre de 2018

Figura 87. Porcentaje de humedad en las pilas 5 al 14

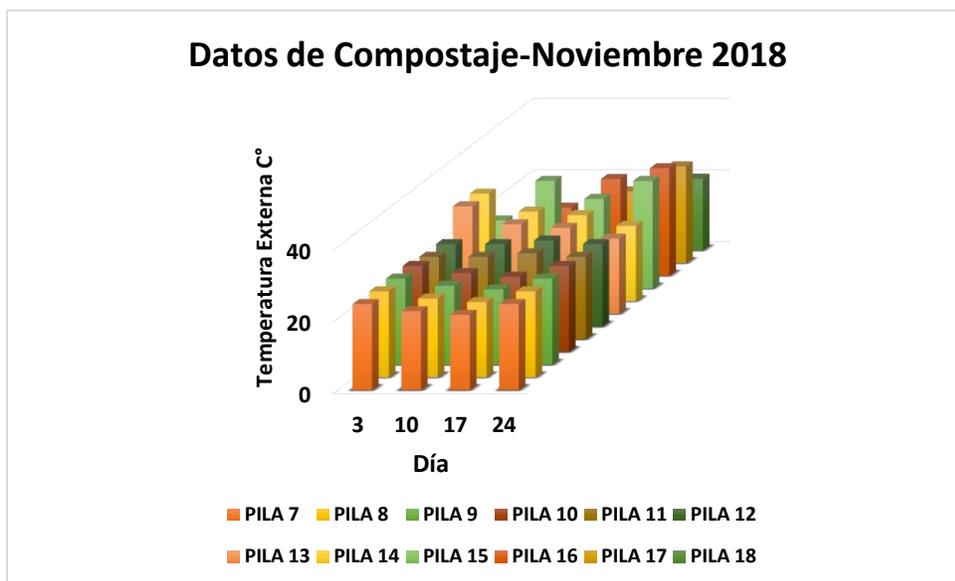


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la figura 87, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de octubre del año 2018 en el compostaje. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO. Se identificó humedad del 60 al 70% valores distribuidos entre las pilas cinco a la catorce (5 al 14); parámetros óptimos para la degradación por los microorganismos. El promedio del mes se encuentra entre 17,5 a 67,5%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de noviembre de 2018

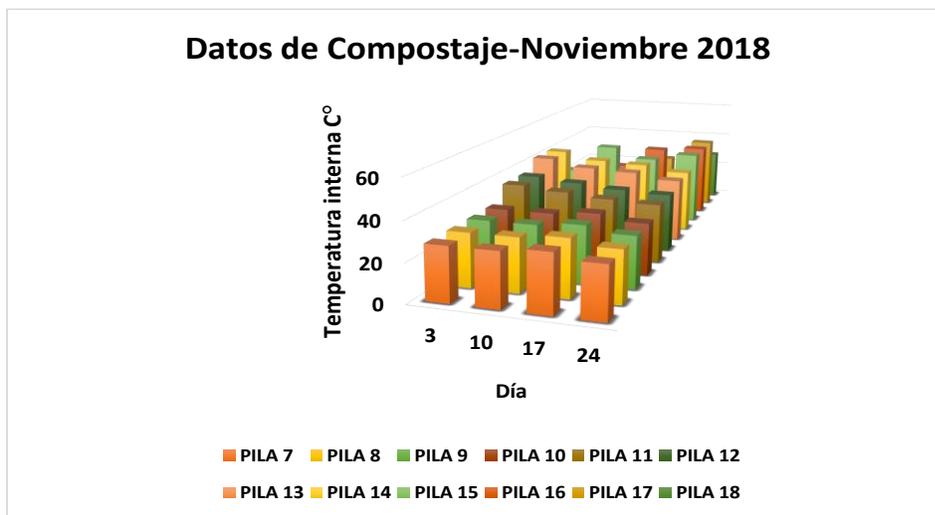
Figura 88. Temperatura externa pilas 7 al 18



Fuente: El autor

Se puede apreciar en esta figura 88, el registro semanal de la temperatura externa del mes de noviembre del año 2018 en las pilas (7 al 18) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las pilas de la (13 al 17) entre los días del tres al veinticuatro, se encuentra temperaturas hasta 30°C en comparación a las pilas de la siete a la doce (7 al 12) donde se encuentra hasta 24°C. La temperatura está acorde a la fase que va cada una de las pilas. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. El promedio del mes se encuentra entre los 5 a 26 °C.

Figura 89. Temperatura interna pilas 7 al 18

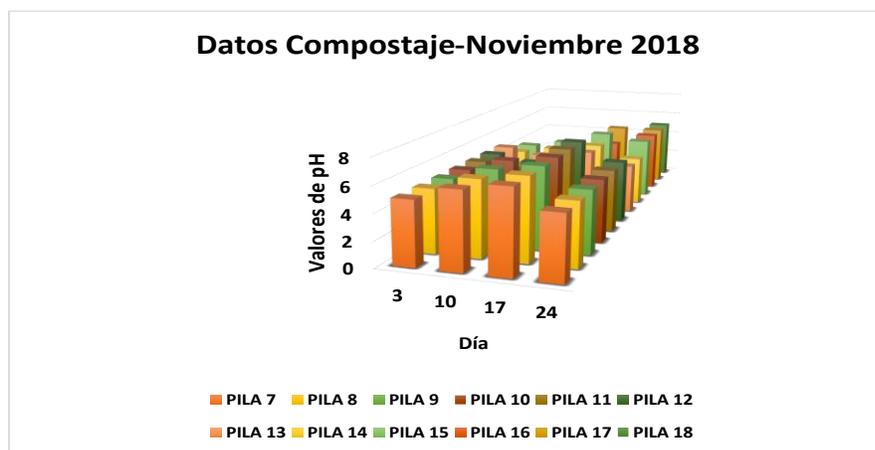


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la figura 89, el registro semanal de la temperatura interna del mes de noviembre del año 2018 en las pilas (7 al 18) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las pilas de la (7 al 18) entre los días del tres al veinticuatro, se encuentra temperaturas desde 26 hasta 42°C, lo que indica que se encuentran entre las fases mesofílica y de enfriamiento. La temperatura está acorde a la fase que va cada una de las pilas. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. El promedio del mes se encuentra entre los 17 a 37,8 °C.

Valores de pH en el mes de noviembre de 2018

Figura 90. Valores de pH registrados en las pilas 7 al 18

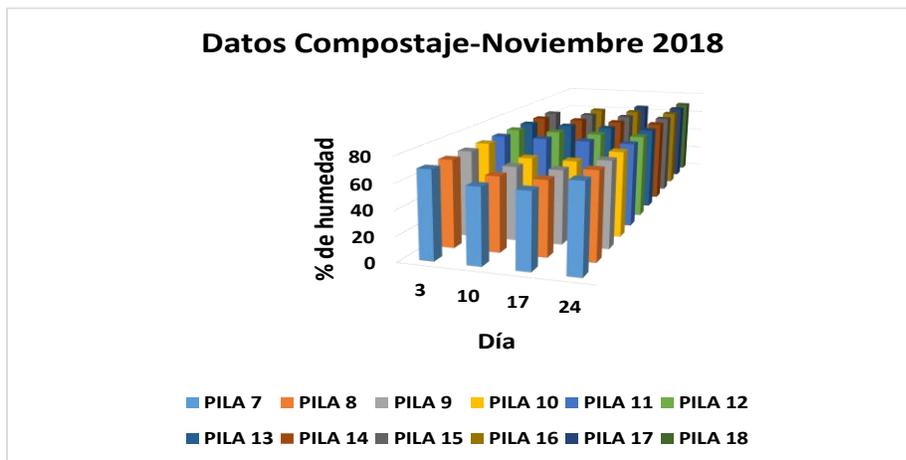


Fuente: El autor

La figura 90 representa, el registro semanal de los valores de pH en el mes de noviembre del año 2018 en las pilas (7 al 18) de compostaje. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un parámetro entre (4 -6,5) distribuidos en la doce (12) pilas. El valor más bajo lo encontramos en los días iniciales de las pilas catorce, quince y dieciséis (14, 15 y 16), en los días finales de pilas trece y catorce (13 y 14). Estos parámetros registrados en las doce (12) pilas, son óptimos acorde a la fase en la que se encuentra cada pila. El promedio del mes se encuentra en (1,3 – 5,6).

Porcentaje de humedad en el mes de noviembre de 2018

Figura 91. Porcentaje de humedad en las pilas 7 al 18

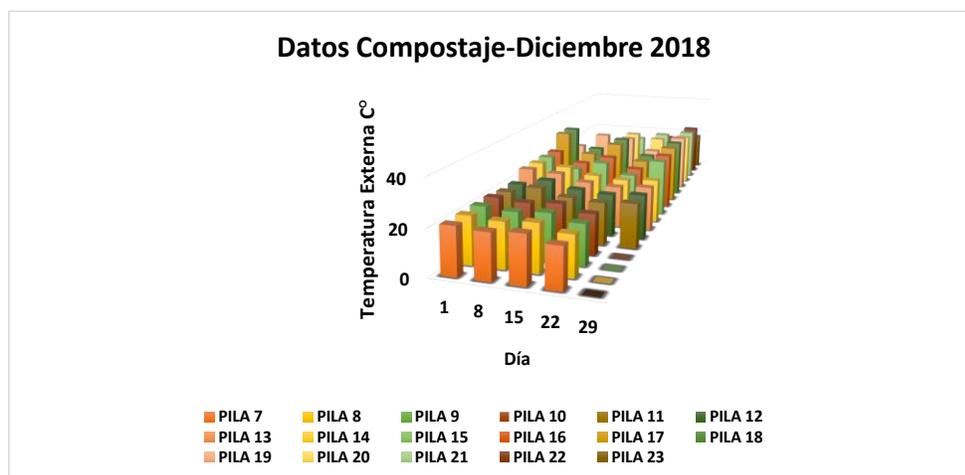


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la figura 91, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de noviembre del año 2018 en el compostaje. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO. Se identificó humedad del 60 al 70% valores distribuidos entre las pilas siete a la dieciocho (7 al 18); parámetros óptimos para la degradación por los microorganismos. El promedio del mes se encuentra entre 17,5 a 70%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de diciembre de 2018

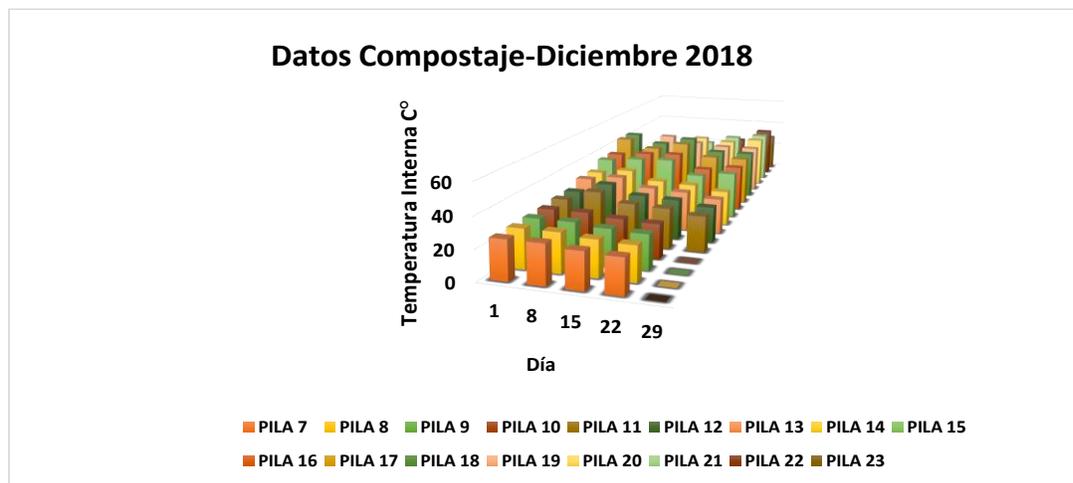
Figura 92. Temperatura externa pilas 7 al 23



Fuente: El autor

En esta figura 92, se aprecia, el registro semanal de la temperatura externa del mes de diciembre del año 2018 en las pilas (7 al 23) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las pilas de la (17 al 18) en el día uno, se encuentra temperaturas 31°C en comparación a las demás pilas donde se encuentra un máximo de 27°C. La temperatura está acorde a la fase que va cada una de las pilas. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. También se evidencia que las pilas siete a la diez (7 al 10) que van finalizando, se va disminuyendo a temperatura ambiente. El promedio del mes se encuentra entre los 3,6 a 25 °C.

Figura 93. Temperatura interna pilas 7 al 23

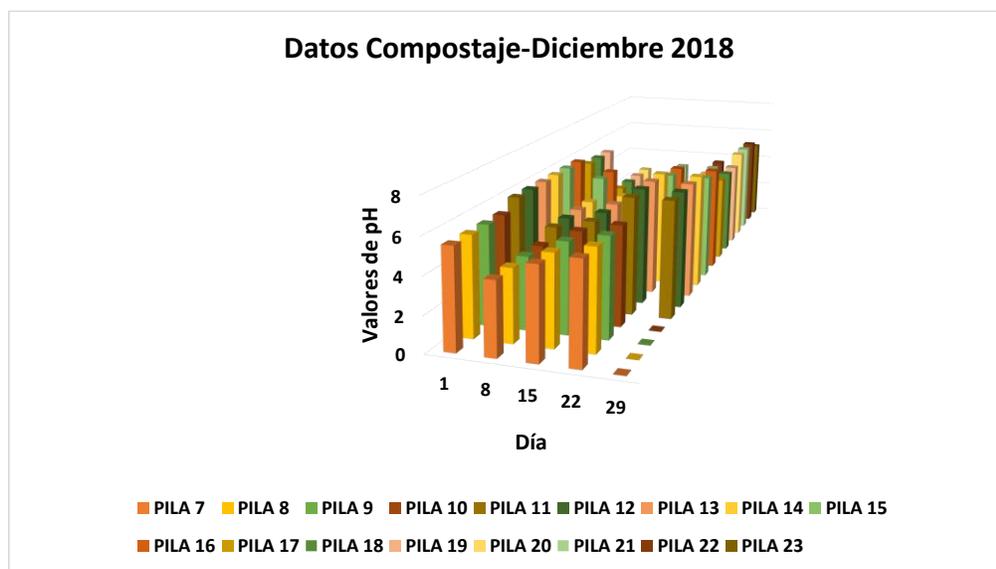


Fuente: El autor

En esta figura 93, se aprecia, el registro semanal de la temperatura interna del mes de diciembre del año 2018 en las pilas (7 al 23) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las pilas de la (17 al 18) en el día uno, se encuentra temperaturas 44°C en comparación a las demás pilas donde se encuentra un máximo de 43°C . La temperatura está acorde a la fase que va cada una de las pilas. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. También se evidencia que las pilas siete a la diez (7 al 10) que van finalizando, se va disminuyendo a temperatura ambiente. El promedio del mes se encuentra entre los $5,6$ a $38,6^{\circ}\text{C}$.

Valores de pH en el mes de diciembre de 2018

Figura 94. Valores de pH registrado en las pilas 7 al 23

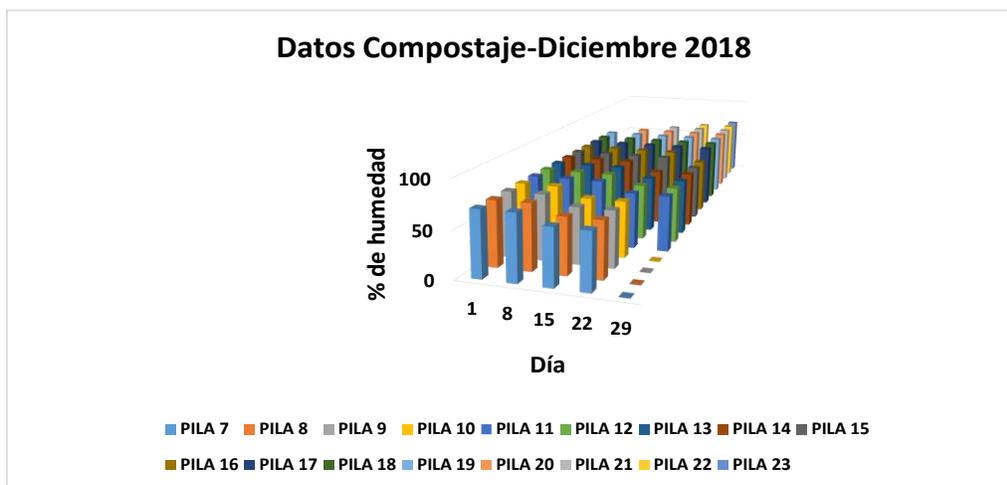


Fuente: El autor

La figura 94 representa, el registro semanal de los valores de pH en el mes de diciembre del año 2018 en las pilas (7 al 23) de compostaje. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un parámetro entre (4 -6,5) distribuidos en la diecisiete (17) pilas. El valor más bajo lo encontramos en el día ocho de la pila siete a la diez (7 al 10), en el día quince de la quince y dieciséis (15 y 16); en los días ocho, quince y veintidós distribuidos de la pila diecisiete a la veintidós (17 al 22). Estos parámetros registrados como bajos se deben al tipo de residuo que tenía cada una, lo que demora un poco más de estabilizar. Los demás parámetros registrados están dentro de los óptimos según la literatura consultada para el desarrollo del proyecto, y acorde a la fase en la que se encuentra cada pila. El promedio del mes se encuentra en (1 – 5,7).

Porcentaje de humedad en el mes de diciembre de 2018

Figura 95. Porcentaje de humedad en las pilas 7 al 23

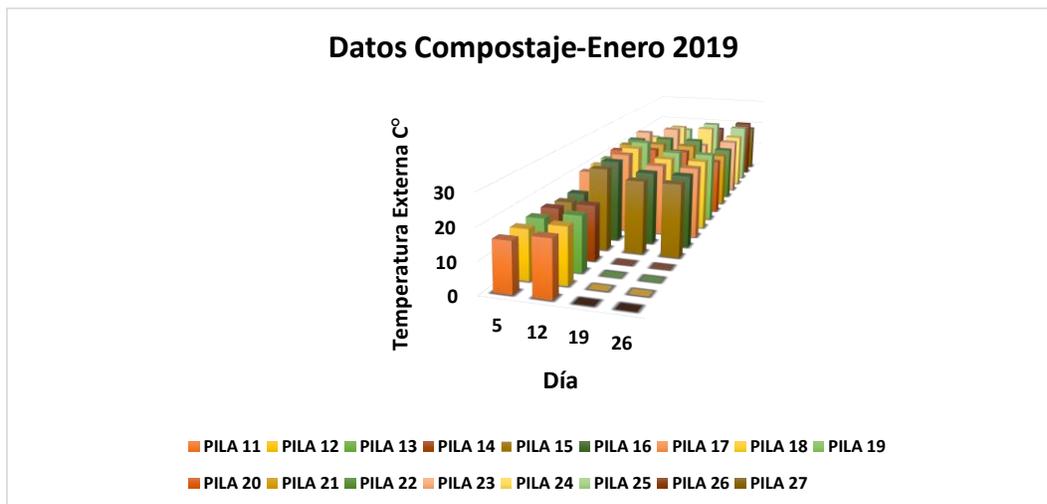


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la figura 95, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de diciembre del año 2018 en el compostaje. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO. Se identificó humedad del 60 al 70% valores distribuidos entre las pilas siete a la veintitrés (7 al 23); parámetros óptimos para la degradación por los microorganismos. El promedio del mes se encuentra entre 14 a 70%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de enero de 2019

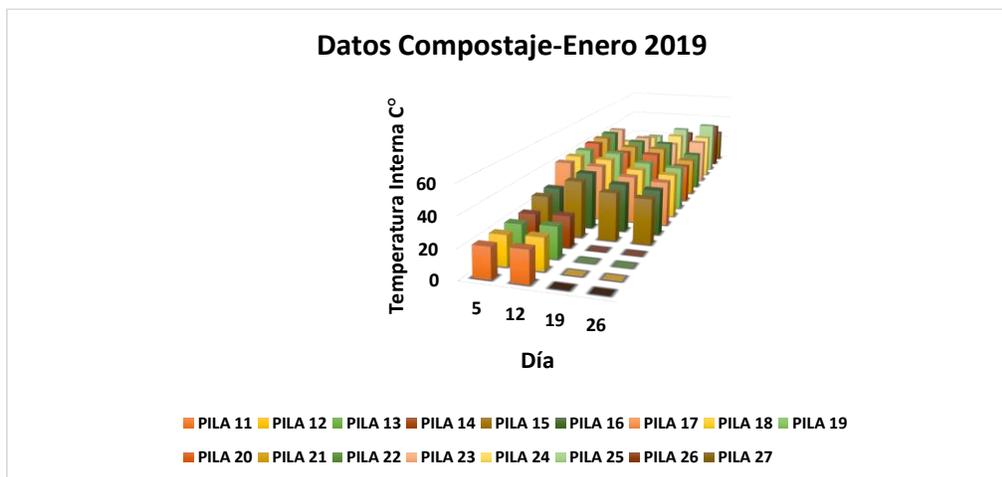
Figura 96. Temperatura externa pilas 11 al 27



Fuente: El autor

Esta figura 96 muestra, el registro semanal de la temperatura externa del mes de enero del año 2019 en las pilas (11 al 27) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las pilas de la (11 al 14) que están en la fase final en los días cinco y doce, se encuentra temperaturas de 16 y 18°C, en comparación a las demás pilas donde se encuentra un máximo de 24°C. La temperatura está acorde a la fase que va cada una de las pilas. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. También se evidencia que las pilas (26 y 27) que van iniciando, están a temperatura ambiente. El promedio del mes se encuentra entre los 4,5 a 23,8 °C.

Figura 97. Temperatura interna pilas 11 al 27

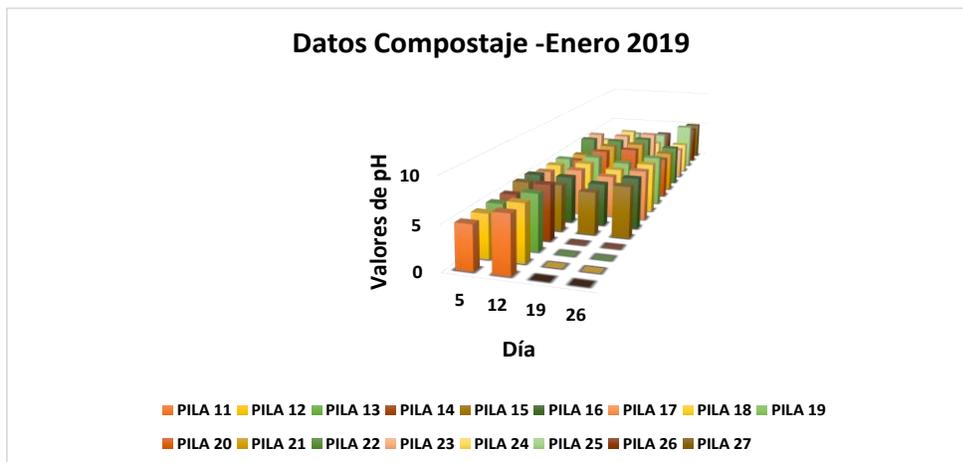


Fuente: El autor

En esta figura 97, se aprecia, el registro semanal de la temperatura interna del mes de enero del año 2019 en las pilas (11 al 27) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las pilas de la (17 al 23) en el día cinco y en el día veintiséis de la pila 25 se encuentra temperaturas de 41 y 42°C en comparación a las demás pilas donde se encuentra un máximo de 40°C. La temperatura está acorde a la fase que va cada una de las pilas. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. También se evidencia que las pilas (11 al 14) que van finalizando, se va disminuyendo a temperatura ambiente. El promedio del mes se encuentra entre los 6,5 a 36,8 °C.

Valores de pH en el mes de enero de 2019

Figura 98. Valores de pH registrado en las pilas 11 al 27

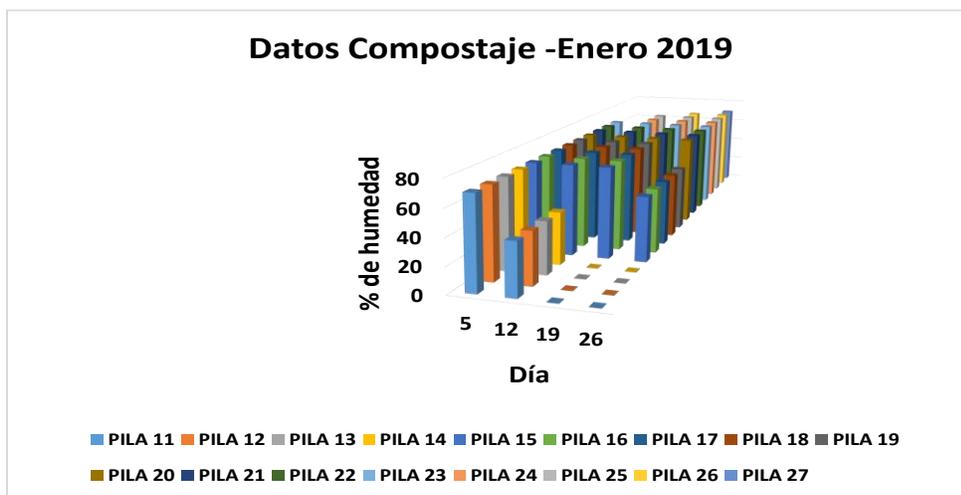


Fuente: El autor

La figura 98 representa, el registro semanal de los valores de pH en el mes de enero del año 2019 en las pilas (11 al 27) de compostaje. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un parámetro entre (4 -6,5) distribuidos en la diecisiete (17) pilas. El valor más bajo lo encontramos en los días cinco, diecinueve y veintiséis de las pilas (20 al 26). Los demás parámetros registrados están dentro de los óptimos según la literatura consultada para el desarrollo del proyecto, y acorde a la fase en la que se encuentra cada pila. El promedio del mes se encuentra en (1,3 – 5,5).

Porcentaje de humedad en el mes de enero de 2019

Figura 99. Porcentaje de humedad en las pilas 11 al 27

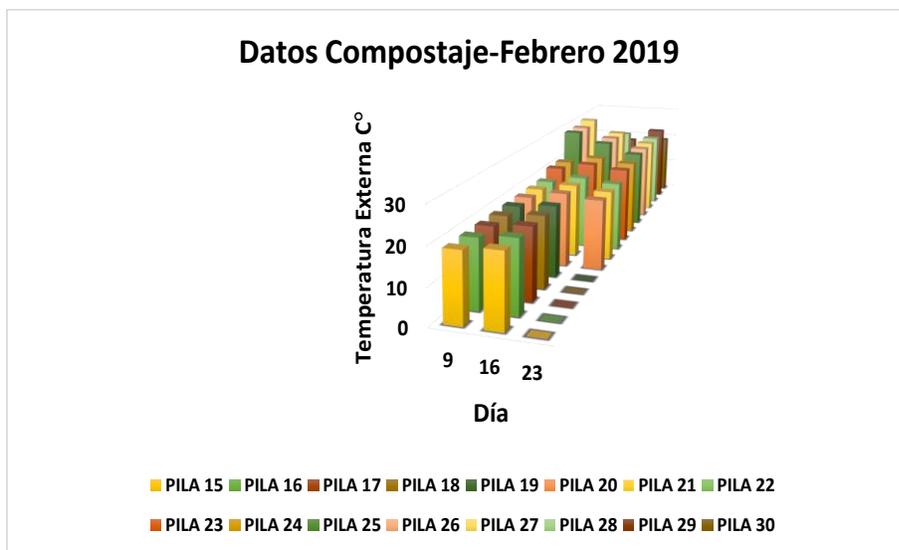


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la figura 99, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de enero del año 2019 en el compostaje. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO. Se identificó humedad del 50 al 70% valores distribuidos entre las pilas (11 al 27). En las pilas (11 al 14) día doce se tuvo una baja de humedad a 40% lo que no genera riesgo para el proceso. Estos parámetros son óptimos para la degradación por los microorganismos. El promedio del mes se encuentra entre 17,5 a 70%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de febrero de 2019

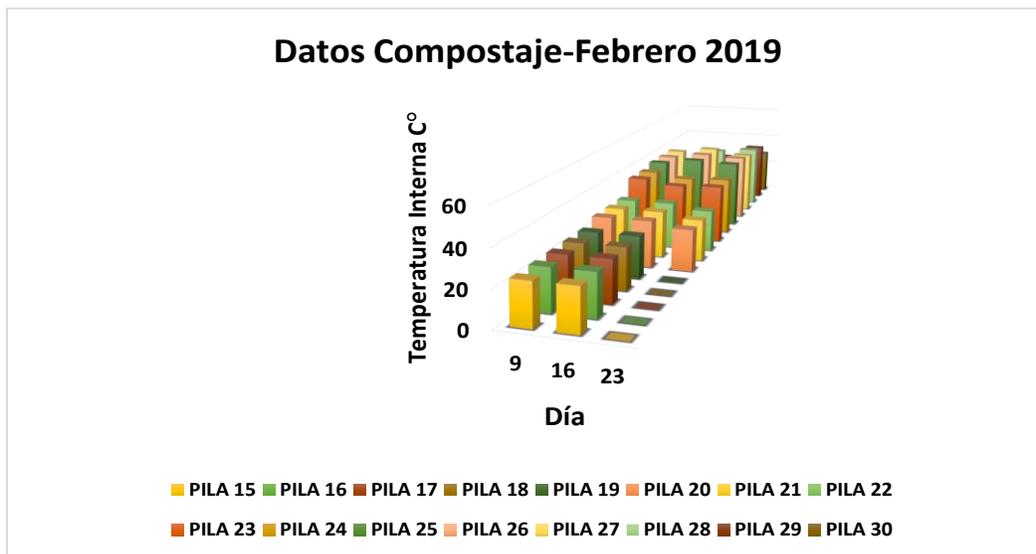
Figura 100. Temperatura externa pilas 15 al 30



Fuente: El autor

Esta figura 100 muestra, el registro semanal de la temperatura externa del mes de febrero del año 2019 en las pilas (15 al 30) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las pilas (25 al 27) en el día nueve se encuentra de 29 y 30°C, en comparación a las demás pilas donde se encuentra un máximo de 24°C. En la pila 15 al 19 se encuentra a temperatura ambiente, ya se encuentran en la fase final. La temperatura está acorde a la fase que va cada una de las pilas. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. También se evidencia que las pilas (29 y 30) que van iniciando, están a temperatura ambiente. El promedio del mes se encuentra entre los 6,3 a 26,3 °C.

Figura 101. Temperatura interna pilas 15 al 30

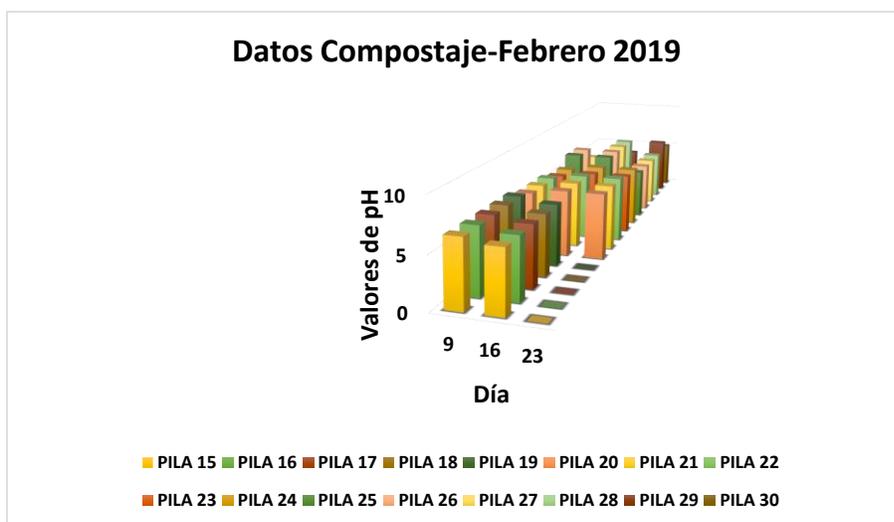


Fuente: El autor

Esta figura 101 muestra, el registro semanal de la temperatura interna del mes de febrero del año 2019 en las pilas (15 al 30) elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las pilas (25 al 28) en los días nueve, dieciséis y veintitrés, se encuentran de 38 y 41°C, en comparación a las demás pilas donde se encuentra un máximo de 36°C. En la pila (15 al 19) se encuentra aproximando a temperatura ambiente, ya se encuentran en la fase final. La temperatura está acorde a la fase que va cada una de las pilas. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. También se evidencia que las pilas (29 y 30) que van iniciando, la temperatura va subiendo. El promedio del mes se encuentra entre los 9,3 a 39,7 °C.

Valores de pH en el mes de febrero de 2019

Figura 102. Valores de pH registrado en las pilas 15 al 30

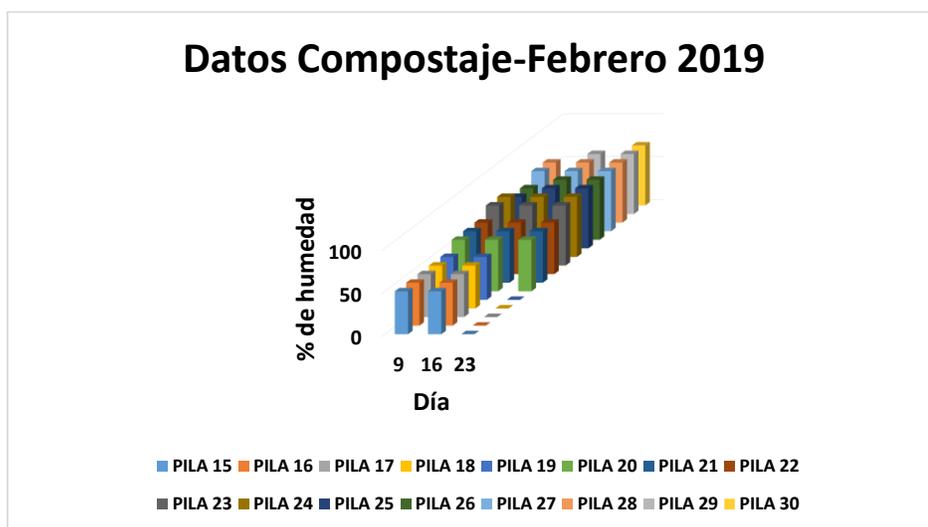


Fuente: El autor

La figura 102 representa, el registro semanal de los valores de pH en el mes de febrero del año 2019 en las pilas 15 al 30 de compostaje. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un parámetro entre 4 -6,5 distribuidos en las dieciséis (16) pilas. El valor más bajo lo encontramos en el día nueve de la pila 28. Los demás parámetros registrados están dentro de los óptimos, acorde a la fase en la que se encuentra cada pila, según la literatura consultada para el desarrollo del proyecto. El promedio del mes se encuentra en 1,7–6,3.

Porcentaje de humedad en el mes de febrero de 2019

Figura 103. Porcentaje de humedad en las pilas 15 al 30

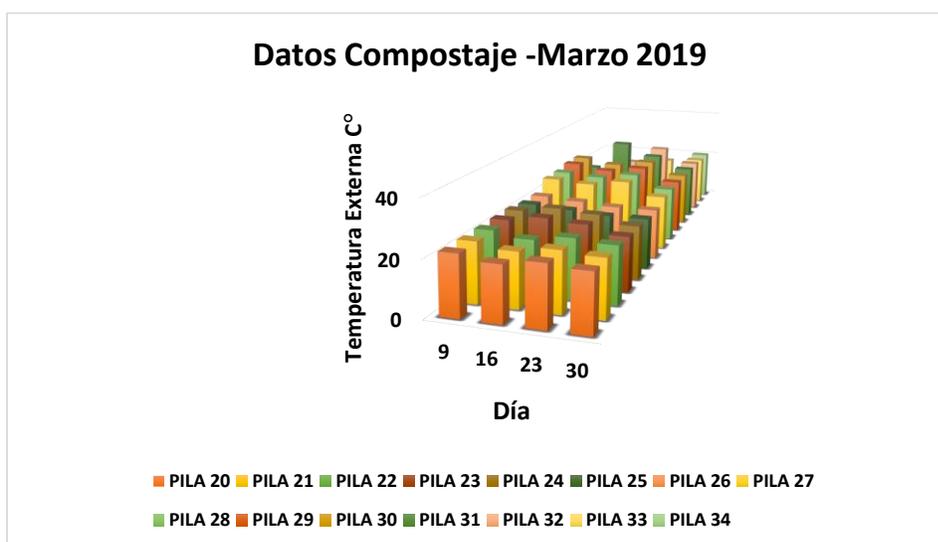


Fuente: El autor

Se puede apreciar en la figura 103, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de febrero del año 2019 en el compostaje. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO. Se identificó humedad del 50 al 70% valores distribuidos entre las pilas 15 al 30. En las pilas 15 al 19 en los días nueve y dieciséis, se tuvo una humedad de 50%, ya se encuentran en la fase final, y no genera riesgo para el proceso. Estos parámetros son óptimos para la degradación por los microorganismos. El promedio del mes se encuentra entre 23,3 a 70%.

Temperatura externa e interna en grados Celsius en el mes de marzo de 2019

Figura 104. Temperatura externa pilas 20 al 30

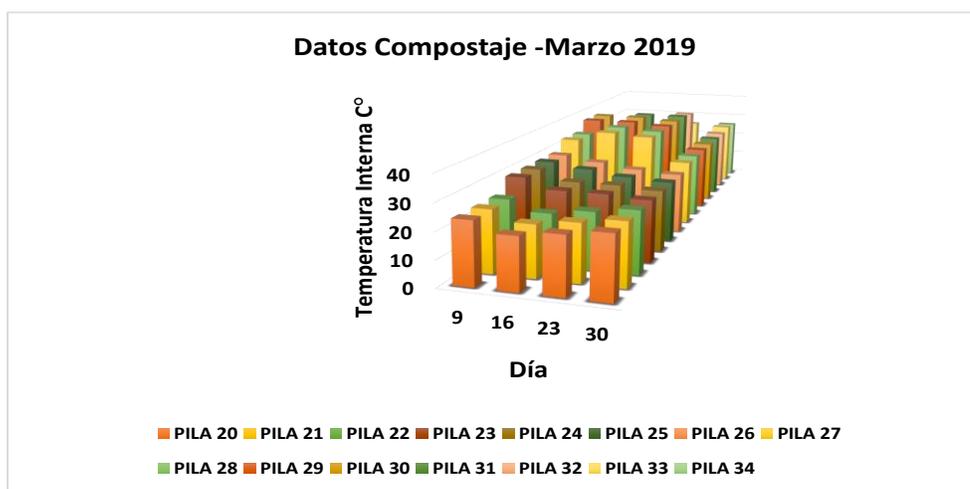


Fuente: El autor

Esta figura 104 muestra, el registro semanal de la temperatura externa del mes de marzo del año 2019 en las pilas 20 al 34 elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura externa en el transcurso del mes, en donde se identifica que en la pila 31 en el día dieciséis (16) se encuentra en 31°C, en comparación a las demás pilas donde se encuentra un máximo de 26°C. En la pila 25, 26, 31 y 33 en los días nueve, dieciséis, veintitrés y treinta, se encuentra registro más cercano a temperatura ambiente. La temperatura está acorde a la fase que va cada una de las pilas. Los parámetros son óptimos para

que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. También se evidencia que la pila 33 y 34 que van iniciando, están a temperatura ambiente. El promedio del mes se encuentra entre los 5 a 24,3 °C.

Figura 105. Temperatura interna pilas 20 al 34

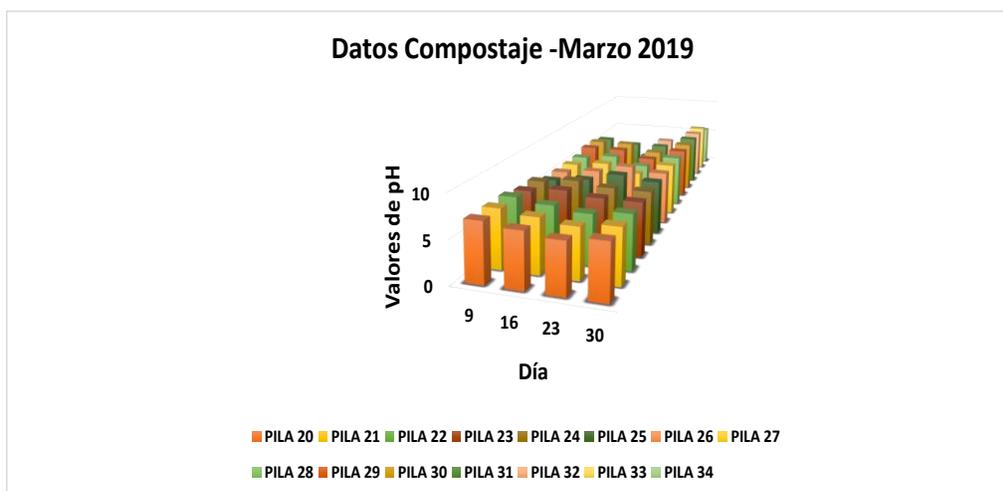


Fuente: El autor

Esta figura 105 muestra, el registro semanal de la temperatura interna del mes de marzo del año 2019 en las pilas 20 al 34, elaboradas para llevar a cabo el compostaje. Este registro indica el comportamiento de la temperatura interna en el transcurso del mes, en donde se identifica que en las pilas 27 al 31 en los días nueve, dieciséis, veintitrés, se encuentra entre 36 y 37°C, en comparación a las demás pilas donde se encuentra un máximo de 35°C. La temperatura está acorde a la fase que va cada una de las pilas. Los parámetros son óptimos para que se genere una adecuada degradación del residuo sólido orgánico. También se evidencia que la pila 33 y 34 que van iniciando, están aumentando. El promedio del mes se encuentra entre los 6,5 a 34 °C.

Valores de pH en el mes de marzo de 2019

Figura 106. Valores de pH registrado en las pilas 20 al 34

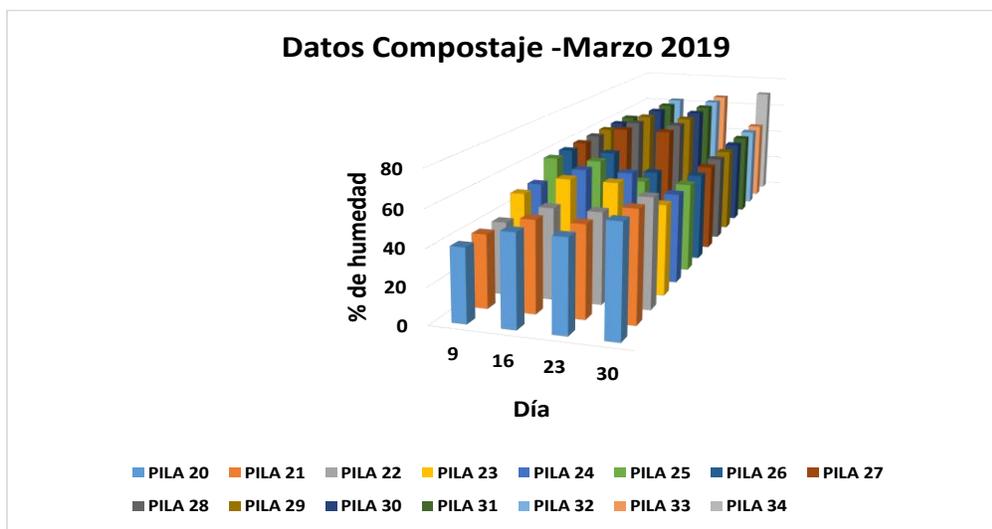


Fuente: El autor

La figura 106 representa, el registro semanal de los valores de pH en el mes de marzo del año 2019 en las pilas 20 al 34 de compostaje. Indicando el comportamiento del pH en el transcurso del mes, en donde se identificó un parámetro entre 5 -7 distribuidos en las quince (15) pilas. El valor más bajo lo encontramos en los días dieciséis y veintitrés (16 y 23) de las pilas 27 al 33. Los demás parámetros registrados están dentro de los óptimos según la literatura consultada para el desarrollo del proyecto, y acorde a la fase en la que se encuentra cada pila. El promedio del mes se encuentra en 1,4– 6,6.

Porcentaje de humedad en el mes de marzo de 2019

Figura 107. Porcentaje de humedad en las pilas 20 al 34



Fuente: El autor

Se puede apreciar en la figura 107, el registro diario del porcentaje de humedad en el mes de marzo del año 2019 en el compostaje. Este registro muestra la humedad que tiene el RSO. Se identificó humedad del 40 al 70% valores distribuidos entre las pilas 20 al 34. En las pilas 20 al 22 en el día nueve, se tuvo una humedad de 40%, no genera riesgo para el proceso. Estos

parámetros son óptimos para la degradación por los microorganismos. El promedio del mes se encuentra entre 17,5 a 62,5%.

Análisis Económico, Financiero, Social y Ambiental

Análisis Económico

El presupuesto empleado para la ejecución del proyecto fue asumido por los estudiantes en la compra de algunas herramientas, insumos y equipos fundamentales para el funcionamiento del cultivo de lombrices y el compostaje.

Tabla 7. Análisis Económico

COSTO DE INVERSIÓN				
Actividad	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
	Disco de madera pulidora	1u	\$ 12.000	\$ 12.000
Adecuación del Lugar	Raticida	1 paquete	\$ 5.000	\$ 5.000
	Varillones	32 u	\$ 3.500	\$ 112.000
	Tubo PVC	3 m	\$ 6.000	\$ 18.000
	Tachuelas	1 libra	\$ 6.000	\$ 6.000

	Cajas de puntillas	5 cajas	\$ 3.500	\$ 17.500
	Rejilla	1 u	\$ 4.500	\$ 4.500
	Codo	1 u	\$ 3.000	\$ 3.000
	Frasco soldadura	1 u	\$ 3.500	\$ 3.500
	Amarres	10 u	\$ 400	\$ 4.000
	Bisagras	2 u	\$ 1.250	\$ 2.500
	Argollas	4 u	\$ 500	\$ 2.000
	Malla de anejo plástica	2 m	\$ 6.000	\$ 12.000
	Candado	2 u	\$ 500	\$ 1.000
	Pistola para silicona	1 u	\$ 10.000	\$ 10.000
	Plástico amarillo	6 m	\$ 48.000	\$ 48.000
	Tubo de silicona	1 u	\$ 10.000	\$ 10.000
	Trampas para ratones	4 u	\$ 6.000	\$ 24.000
	Estibas	6 u	\$ 4.000	\$ 24.000
	Balde	1 u	\$ 3.500	\$ 3.500
	Tirillas indicador de pH	100 u	\$ 9.900	\$ 9.900
	Sobres de semillas	6 u	\$ 3.500	\$ 21.000
	Cinta atrapa moscas	3 cajas	\$ 6.000	\$ 18.000
Insumos	Manzana para trampa cacera de moscos	30 u	\$ 5.000	\$ 5.000
	Vino para trampa cacera de moscos	1 botella	\$ 8.000	\$ 8.000
	Plántulas	280 u	\$ 10.200	\$ 10.800
	Pegante para moscos	1 galón	\$ 70.000	\$ 70.000
	CMR microorganismos eficientes	2 galones	\$ 15.000	\$ 30.000

	Ajo	250 g	\$ 2.200	\$ 2.200
	Jabón Rey	1 Barra	\$ 1.600	\$ 1.600
	Vinagre	1 litro	\$ 2.000	\$ 2.000
	Tabaco	5 u	\$ 500	\$ 500
	Compra de Lombrices	15 kg	\$ 20.000	\$ 300.000
Equipos	Termómetro Digital LDC Laser	1 u	\$ 90.000	\$ 90.000
	Regadera	1 u	\$ 18.500	\$ 18.500
	Carretilla	1 u	\$140.000	\$ 140.000
	Fumigadora Pequeña	1 u	\$ 22.000	\$ 22.000
	Medidor digital de humedad y pH	1 u	\$186.000	\$ 186.000
	Análisis de suelo	1 u	\$ 70.000	\$ 70.000
	Transporte de materiales	2 días	\$ 30.000	\$ 30.000
	Pasajes	4	\$ 13.000	\$ 52.000
	Fotocopias	20 u	\$ 100	\$ 2.000
	Impresiones	6 u	\$ 300	\$ 1.800
	Transporte Público	50 Pasajes	\$ 1.650	\$ 82.500
	Total			\$ 1.496.300

Fuente: Aut

Análisis Financiero

En la construcción del cuarto de lombricultura y la cámara de estabilización para el compostaje, fue necesario contratar mano de obra, la compra de materiales y algunos insumos, los

cuales fueron financiados por el Asilo San José. Algunos de las herramientas utilizadas fueron prestados por la misma institución para el desarrollo del proyecto.

Tabla 8. Análisis Financiero

COSTO DE INVERSIÓN				
Actividad	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
	Poli sombra	24 m	\$ 6.500	\$ 156.000
	Bronco uno	1 galón	\$ 55.000	\$ 55.000
	Bronco Látex	1 galón	\$ 65.000	\$ 65.000
	Bultos de cemento	2 bultos	\$ 20.000	\$ 40.000
	Lonas de arena lavada	4 u	\$ 5.000	\$ 20.000
	Plástico Negro	12 m	\$ 6.500	\$ 78.000
Adecuación del lugar	Tina	1 u	\$ 28.000	\$ 28.000
	Azadón	1 u	\$ 25.000	\$ 25.000
	Pala	2 u	\$ 20.000	\$ 40.000
	Pica	1 u	\$ 25.000	\$ 25.000
	Lamina de policarbonato	1 u	\$ 780.000	\$ 780.000
	Mano de obra maestros	8 días	\$ 40.000	\$ 320.000
	Compra de Lombrices	6 kg	\$ 15.000	\$ 90.000
	Total			\$ 1.722.000

Fuente: Autor

Análisis Social

En la ciudad de Tunja, según informe de avances 2018 del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS, se ha implementado diversidad de medidas entre las que se encuentra comparendo ambiental, y actividades de formación como la Educación Ambiental; por el inadecuado manejo de los residuos sólidos que hace la ciudadanía. (Alcaldía, 2019).

El informe también muestra que la Alcaldía de Tunja y la empresa de servicio de aseo ServiTunja S.A E.S.P hoy (Urbaser Tunja S.A. E.S.P), han trabajado en conjunto implementado programas de recolección y transporte, el servicio de limpieza de las áreas rivereñas, entre otros, con su debido seguimiento y control; ya que las acciones en contra del medio ambiente por parte de la ciudadanía, obliga a implementar programas más exhaustivos para mitigar el impacto generado. También han efectuado programas de compostaje en el área rural de la ciudad con el fin de minimizar la cantidad de residuos que son llevados al relleno sanitario y así aumentar su vida útil; acciones que según el informe han logrado obtener resultados. (Alcaldía, 2019)

Aunque se ve las acciones por parte de las entidades públicas en cuando al cuidado ambiental, debido al crecimiento poblacional que se va presentando anualmente, estas medidas no son suficientes para generar un cambio proporcional a la necesidad detectada; es por eso que se hace importante la implementación de estos tipos de proyectos que permiten la adquisición de conocimientos en la práctica, desde la separación en la fuente, manejo y aprovechamiento del residuos sólido orgánico generado en la institución.

Ahora bien, el proyecto es un espacio abierto para adquirir y dar conocimiento a las familias representadas en cada uno de los trabajadores del Asilo; conocimiento que puede ser

aplicado en sus hogares, y así aprovechar los residuos sólidos orgánicos que son generados en los mismos.

A demás, es un principio de restauración de la economía familiar, para quienes toman esta alternativa como una forma de sustento, ya que el humus obtenido de la lombricultura y compost del proceso del compostaje son productos que se pueden comercializar y también sirven para hacer sus propias huertas caseras evitando la compra de productos que hacen parte del consumo diario en el hogar.

De esta forma muchas familias pueden contribuir al cuidado del medio ambiente desde la separación en la fuente y aprovechando el material orgánico, lo cual evita que su disposición final sea en el Relleno Sanitario del Parque Ambiental de Pirgua.

Análisis Ambiental

El crecimiento poblacional en los últimos años en Colombia ha determinado el impacto al medio ambiente por los residuos sólidos orgánicos que se generan diariamente en los hogares.

Los residuos sólidos orgánicos que se generan en Colombia han presentado impacto ambiental en los recursos Naturales por su inadecuado manejo y disposición final. Es por eso que dentro de la normatividad ambiental colombiana encontramos el Decreto No.1713 del 06 de agosto del 2002. Este decreto establece normas orientadas a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios. (Presidente de la República de Colombia, 2002).

Con el desarrollo del proyecto de lombricultura y adicionalmente el de compostaje, se busca que los residuos sólidos orgánicos, tengan separación en la fuente, una disposición final adecuada y sean aprovechados de forma comercial generando ingresos económicos a la institución; y así poder suplir las múltiples necesidades que tienen las pacientes en el área de la salud, y los trabajadores en cuanto a los elementos que se requieren para el desarrollo de sus funciones, promoviendo también un espacio de acción social. Además, incentiva que otras instituciones y familias de la comunidad Tunjana, promuevan este tipo de alternativas que son amigables con el medio.

Finalmente, estas alternativas de aprovechamiento promueven espacios de formación donde se tiene en cuenta la educación ambiental, que es uno de los principales temas a tratar para crear conciencia del cuidado y la conservación de los recursos naturales, pues es la fuente de vida de la que dependemos el ser humano para poder subsistir en el planeta tierra.

Conclusiones

La implementación de este proyecto, brinda la posibilidad de expandir este tipo de alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, en otras instituciones que quieran contribuir al cuidado del medio ambiente, y al desarrollo sostenible de la misma.

La lombricultura y el compostaje, son alternativas que ayuda a la reducción de la problemática ambiental y genera beneficios, socioeconómicos, y ambientales a la institución.

El diagnóstico situacional realizado para determinar la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados en la semana, el manejo y disposición final; ayudo visualizar la importancia en la formación en gestión integral de residuos a los trabajadores encargados de manipular alimentos, servicios generales, administración y las demás áreas en salud; con el propósito de promover la educación ambiental en la misma institución, y en los hogares a los que pertenecen cada uno de los trabajadores del Asilo.

Adicionalmente a la alternativa de la lombricultura, se vio la necesidad de implementar el compostaje desde la etapa inicial del proyecto; debido a la cantidad de residuos orgánicos que se producen diariamente en el Asilo San José.

La infraestructura que se construyó para mejorar las condiciones del espacio dispuesto para la lombricultura y el compostaje, ayudo respecto a las condiciones fisicoquímicas óptimas en cada alternativa, generando un resultado satisfactorio en la producción de humus de lombriz y compostaje durante el tiempo que duro el proyecto.

En el método de control y seguimiento implementado para medir las variables de las dos alternativas implementadas; se identificó la importancia que tiene los parámetros como la temperatura, pH y humedad en el proceso desarrollado para la transformación del material orgánico. Estos parámetros intervienen en la producción de las lombrices, y en el trabajo realizado por los microorganismos en el material orgánico.

El producto obtenido fue aplicado en las huertas de la Institución, se evidenció la importancia que tiene la producción de este tipo de abono orgánico, para cultivar alimentos sanos y libres de químicos, que benefician a las pacientes como a los trabajadores de la Institución.

Recomendaciones

Es importante la formación de la comunidad Tunjana, en el desarrollo de mecanismos de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, que promuevan el cuidado del medio ambiente.

Es necesario implementar una estrategia de seguimiento a las alternativas desarrolladas (lombricultura y compostaje) durante el proyecto, con el fin de garantizar la continuidad del mismo.

El proyecto desarrollado tiene el espacio para poder ser tecnificado, y garantizar una producción que cumpla con los estándares de calidad establecidos por los entes delegados del Gobierno Nacional; garantizando productos óptimos para ser comercializados a nivel municipal y departamental.

Se recomienda hacer partícipe a los trabajadores de la Institución donde se aplique este tipo de alternativas, con el propósito de ampliar el conocimiento, y así promover la práctica en los hogares y comunidades a las que pertenecen los mismos.

Bibliografía

- Alcaldía Mayor de Bogotá . (2014). Guía Técnica para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Metodologías de Compostaje y Lombricultura. 158. Obtenido de http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf
- Alcaldía Mayor de Bogotá . (2014). Guía Técnica para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a Través de Metodologías de Compostaje y Lombricultura. Obtenido de http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf
- Alcaldía Mayor de Tunja . (s.f.). *Geografía* . Obtenido de <http://www.tunjaboyaca.gov.co/municipio/geografia>
- Asamblea Nacional Constituyente . (4 de Julio de 1991). Constitución Política de Colombia. (Corte Constitucional , Consejo Superior de la Judicatura , Centro de Documentación Judicial -CENDOJ, & Biblioteca Enrique Low Murtra-BELM, Edits.) Bogotá. Obtenido de <https://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia.pdf>
- Bembibre, C. (Octubre de 2010). *Definición de Aerobia*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/general/aerobia.php>

Compostadores. (s.f.). *El pH en el compost*. Obtenido de

<http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/la-cosecha-el-compost-casero/155-el-ph-en-el-compost.html>

Compostadores. (s.f.). *http://www.compostadores.com*. Obtenido de

<http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/compostar-hacer-compost/146-la-humedad-en-el-compostador.html>

Compostadores. (s.f.). *La lombricultura*. Obtenido de [http://www.compostadores.com/descubre-](http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/vermicompostaje/172-la-lombricultura.html)

[el-compostaje/vermicompostaje/172-la-lombricultura.html](http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/vermicompostaje/172-la-lombricultura.html)

ConceptoDefinición . (s.f.). *Temperatura*. Obtenido de

<https://conceptodefinicion.de/temperatura/>

Congreso de Colombia . (16 de Julio de 1979). Ley 9 de 1979. Obtenido de

https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf

Congreso de Colombia . (22 de Diciembre de 1993). Ley 99 de 1993. Obtenido de

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/leyes>

Congreso de Colombia . (11 de Julio de 1994). Ley 142 de 1994. Obtenido de

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>

Congreso de Colombia . (29 de Diciembre de 2000). Ley 632 de 2000. Obtenido de

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/leyes>

Congreso de la República . (Julio de 1997). Ley 388 de 1997. Obtenido de

[https://www.habitatbogota.gov.co/transparencia/normatividad/normatividad/ley-388-](https://www.habitatbogota.gov.co/transparencia/normatividad/normatividad/ley-388-1997)

[1997](https://www.habitatbogota.gov.co/transparencia/normatividad/normatividad/ley-388-1997)

- Congreso de la República . (21 de Julio de 2009). Ley 1333 de 21 julio de 2009. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/404-plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-9>
- Congresos de Colombia . (27 de Noviembre de 2008). Ley 1252 de 2008. Obtenido de https://quimicos.minambiente.gov.co/images/Respel/11252_2008_prohibitivas_respel.pdf
- Cumbre Pueblos . (4 de Octubre de 2017). *Cumbre Pueblos* . Obtenido de Google : <https://cumbrepuebloscop20.org/medio-ambiente/contaminacion/ambiental/>
- Dávila , M., & Ramírez, C. (Marzo de 1996). *Avances Técnicos Cenicafé*. Obtenido de http://kimera.com/data/redlocal/ver_demos/RLBVF/VERSION/RECURSOS/VERSION_%20OJCMarias/3%20NUEVOS%20PROCESOS%20-%20OFICIOS%20ESPECIALIZADOS/lombricultura%20pulpa%20cafe.pdf
- Definición.de. (s.f.). *Recolección*. Obtenido de <https://definicion.de/recoleccion/>
- Desechos-Sólidos.com. (s.f.). *Manejo de los desechos sólidos* . Obtenido de <https://desechos-solidos.com/manejo/>
- El Tiempo. (16 de Julio de 1991). Lombricultura: Industria Ecológica. *El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-120679>
- FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Santiago de Chile . Obtenido de <http://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- FAO. (2013). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Manual de Compostaje del Agricultor*. Santiago de Chile. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

Fundación Hogares Juveniles Campesinos . (2005). *Cría de la Lombriz de Tierra*. Medellín, Antioquia, Colombia: SAN PABLO. Obtenido de <http://www.hogaresjuvenilescampesinos.org/>

Fundación Hogares Juveniles Campesinos . (2005). *Cría de la Lombriz de Tierra*. Medellín, Antioquia , Colombia: SAN PABLO. Obtenido de <http://www.hogaresjuvenilescampesinos.org/>

Fundación Hogares Juveniles Campesinos. (2005). *Cría de la Lombriz de Tierra* (Marcela Ramirez Aza ed.). Bogotá: SAN PABLO.

Glosario Reciclaje . (24 de Febrero de 2016). Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/reciclaje/lixiviados>

Glosario-Vocabulario. (s.f.). *Manual de Lombricultura*. Obtenido de <https://www.manualdelombricultura.com/glosario/pal/36.html>

Gobierno de España. (2018). *Terminología*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/terminologia/>

Guaján Anrango, Z. V., & Recalde Moreno, T. R. (16 de Septiembre de 2020). *Evaluación de la factibilidad del uso de residuos urbanos para la elaboración compost en el canton cotacachi provincia de imbabura*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10585/2/03%20RNR%20362%20TRA%20BAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Guía Técnica Colombiana . (22 de Octubre de 2003). Guía para la Implementación de la Gestión Integral de Residuos -GIR-. Obtenido de <https://docplayer.es/40574936-Guia-tecnica-colombiana-86.html>

Guía Técnica Colombiana . (26 de Abril de 2006). Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos No Peligrosos. Obtenido de <https://docplayer.es/78626477-Guia-tecnica-colombiana-53-7.html>

HIDRONOR. (s.f.). *Diccionario Ambiental*. Obtenido de <https://www.hidronor.cl/d/>

Impacto. (11 de 05 de 2018). *Semana Sostenible*. Obtenido de <https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/manejo-de-residuos-en-colombia-es-una-bomba-a-punto-de-estallar/40963>

InfoAgro. (s.f.). *LA LOMBRICULTURA (1a Parte)*. Obtenido de <https://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.htm>

Infoagro. (s.f.). *www.lombricultura.cl*. Obtenido de <http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/Compostaje.pdf>

Inforjardin . (s.f.). *Reciclable-definición*. Obtenido de <https://www.infojardin.com/glosario/raleo/reciclable.htm>

Instituto Juan de Herrera . (s.f.). *Glosario de términos sobre reciclaje*. (Intituto Juan de Herrera, Editor) Obtenido de <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/n2glosar.html>

Lerma González , H. D. (2009). *Metodología de Investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto*. (Ecoe Ediciones , Ed.) Obtenido de <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/3244/1/METODOLOGIA%20DE%20LA%20I>

INVESTIGACION%20PROPUESTA%20ANTEPROYECTO%20Y%20PROYECTO.pdf

Lombrimadrid. (2011). *Breve Historia de la Lombricultura* . Obtenido de
<https://lombrimadrid.es/lombricultura/historia-de-la-lombricultura/>

Méndez , Á. (27 de enero de 2011). Fermentación. *Química* . Obtenido de
<https://quimica.laguia2000.com/general/fermentacion>

Minambiente . (26 de Septiembre de 2003). Resolución 1045 de 2003. Obtenido de
https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientevt_1045_2003.htm

Minambiente. (26 de Julio de 1983). Decreto 2104 del 26 de julio de 1983. Obtenido de
https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/1983/dec_2104_1983.pdf

Minambiente. (07 de Mayo de 2003). Decreto 1140 de 2003. Obtenido de
https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_1140_070503.pdf

Minambiente. (29 de Abril de 2004). Resolución 0477 de 2004. Obtenido de
<http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0477%20-%202004.pdf>

Minambiente. (30 de Diciembre de 2005). Decreto 4741 de 2005. Obtenido de
<http://www.ideam.gov.co/documents/51310/526371/Decreto+4741+2005+PREVENCION+Y+MANEJO+DE+REIDUOS+PELIGROSOS+GENERADOS+EN+GESTION+INTEGRAL.pdf/491df435-061e-4d27-b40f-c8b3afe25705>

Minambiente. (Diciembre de 2005). Política Ambiental para la gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Obtenido de

https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Politica_Cas_de_la_Direccion/Politica_Ambiental_para_la_Gestion_Integral_de_Residuos_o_Desechos_Peligrosos.pdf

Ministerio de Agricultura . (18 de Diciembre de 1974). Decreto 2811 del 18 de Diciembre de 1974. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/decretos>

Ministerio del Medio Ambiente . (Julio de 1998). Política para la Gestión Integral de Residuos. Santafé de Bogotá. Obtenido de

http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Politica_Cas_de_la_Direccion/Politica_para_la_gestion_integral_de__1.pdf

Ministerios del Medio Ambiente . (Agosto de 1998). POLITICA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS. Santafé de Bogotá. Obtenido de

http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/residuos/politica%20y%20plan%20de%20accion/politica%20de%20residuos.pdf

Minvivienda. (4 de Junio de 2003). Decreto 1505 de 2003. Obtenido de

<http://www.minvivienda.gov.co/DecretosAgua/1505%20-%202003.pdf>

Montes, D. (s.f.). *Glosario de Términos de Reciclaje*. (UNAM, Productor) Obtenido de

<http://www.ingenieroambiental.com/4012/Glosario%20de%20Terminos%20de%20Reciclaje.pdf>

Norma Técnica Colombiana . (20 de Mayo de 2009). Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la Separación en la Fuente. Obtenido de

<http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/GTC%2024%20DE%202009.pdf>

Norma Técnica Colombiana. (20 de 05 de 2009). *Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente*. Obtenido de

<http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/GTC%2024%20DE%202009.pdf>

ORSU. (s.f.). *RESIDUOS ORGÁNICOS*. Obtenido de

<http://www.consorciorsumalaga.com/5936/residuos-organicos>

Presidente de la República de Colombia . (6 de Agosto de 2002). Decreto 1713 de 2002.

Obtenido de <http://corponarino.gov.co/expedientes/juridica/2002decreto1713.pdf>

Reciboy. (s.f.). *Un Servicio Público con Dignidad por Naturaleza*. Obtenido de reciboy.com:

<http://reciboy.com/page-3.html>

ReciTunja. (s.f.). *recitunja.com*. Obtenido de <http://www.recitunja.com/>

Residuos Profesional . (12 de Marzo de 2019). *Europa recicla el 55% de todos los residuos*

tratados, según EUROSTAT. Obtenido de <https://www.residuosprofesional.com/europa-tasa-reciclaje-eurostat/>

Schuldt, Miguel. (1900). Lombricultura: Viveros Domesticos de Eisenia Foetida. *Revista Museo*, 63. Obtenido de

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47183/Documento_completo__.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Schuldt, Miguel. (2002). Las Lombrices Utilizadas en Vermicultivos. Argentina. Obtenido de <http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/biblioteca/lombriz/LAS%20L%20OMBRES%20UTILIZADAS%20EN%20%20VERMICULTIVOS%20Schuldt.pdf>

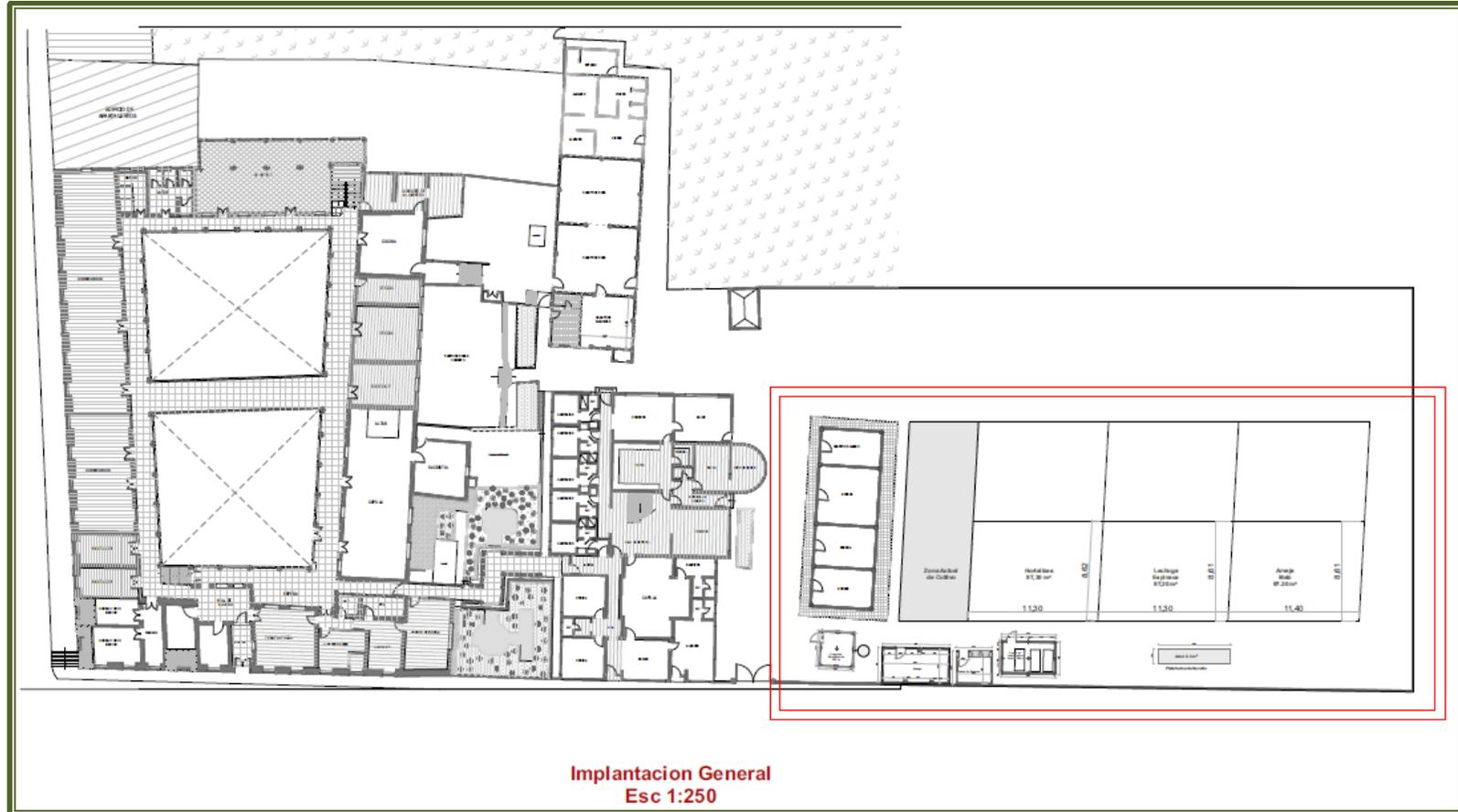
Significados. (s.f.). *Significado de producto*. Obtenido de <https://www.significados.com/producto/>

Tello Espinoza , P., Martínez Arce , E., Daza, D., Soulier Faure, M., & Terraza, H. (2010).

Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010. Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo -IDB: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Informe-de-la-evaluaci%C3%B3n-regional-del-manejo-de-residuos-s%C3%B3lidos-urbanos-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-2010.pdf>

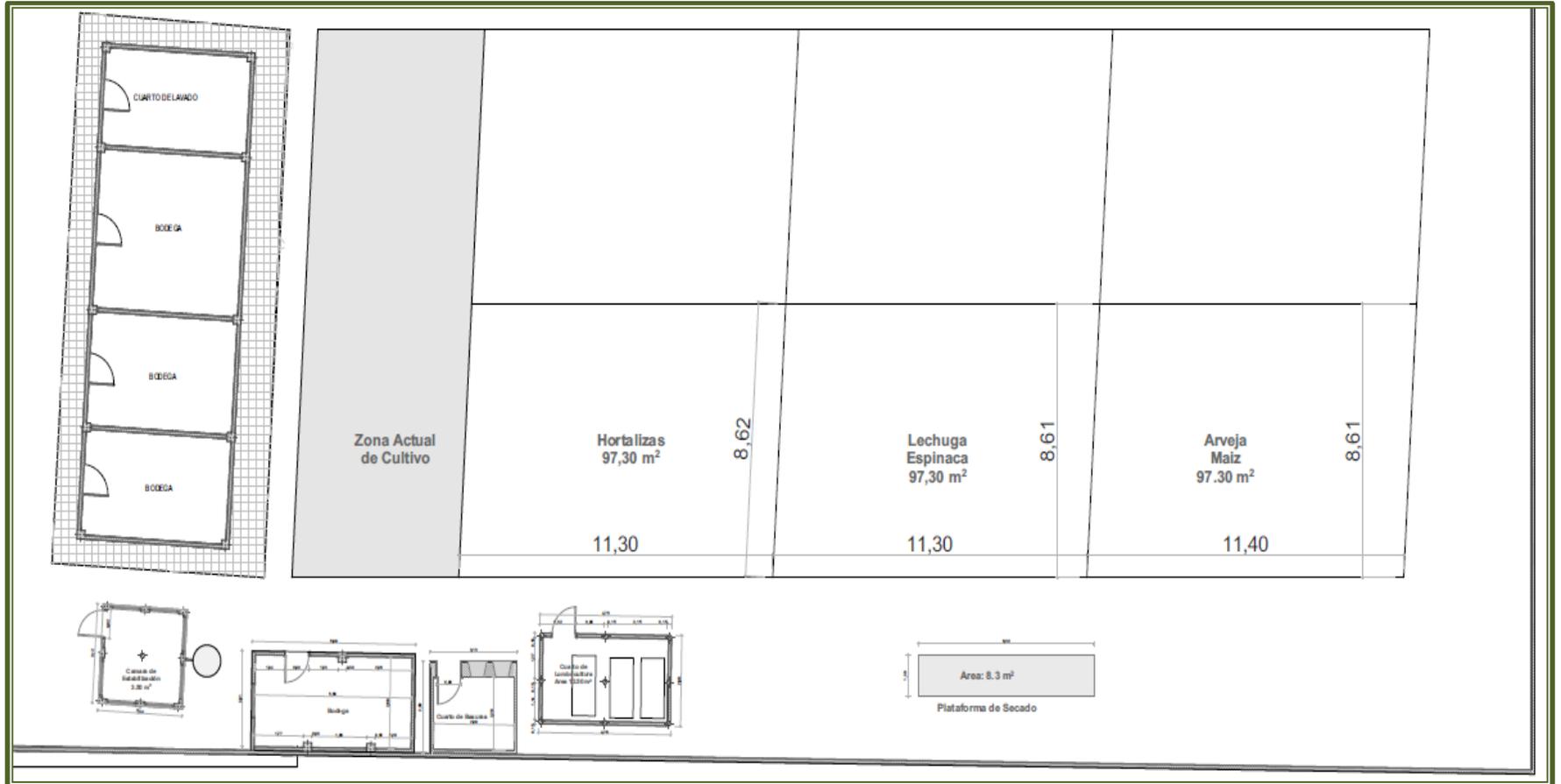
Anexos

Anexo 1. Plano implantación general-Asilo San José



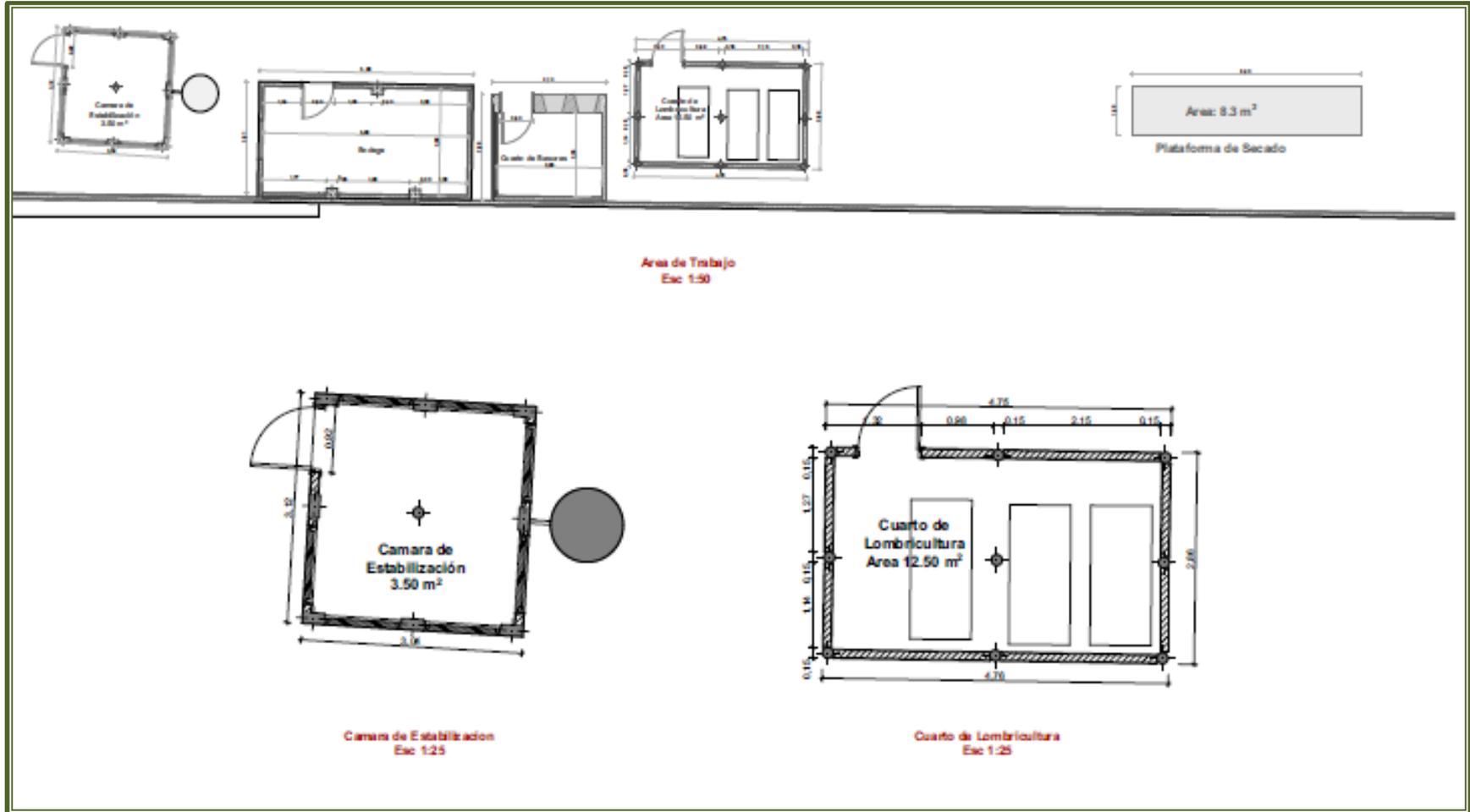
Fuente: Dirección del Asilo San José

Anexo 2. Plano localización área de trabajo



Fuente: Dirección del Asilo San José

Anexo 3. Plano estructuras implementadas (cámara de estabilización, cuarto de lombricultura y plataforma de secado)



Fuente: Arquitecto Arturo (Anexo de la nueva estructura al plano antiguo)

Anexo 4. Registro de asistencia a capacitación

UNO		REGISTRO DE ASISTENCIA A EVENTOS INSTITUCIONALES E INTERINSTITUCIONALES									
1) NOMBRE DEL EVENTO		Capacitación: GENERACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS ORGANICOS				2) FECHA DEL EVENTO		03/03/2011			
3) LUGAR		ARIL SAN JOSE - TULUA				4) ORGANIZADOR		ECAFMA-CEBRY			
5) DOCUMENTO DE IDENTIDAD	6) NOMBRE Y APELLIDO	7) INSTITUCION	8) ESTADAMENTO				9) PROGRAMA	10) CORREO ELECTRONICO	11) TELEFONO O EXT. DE CONTACTO		
			12) ASISTENTE	13) ASISTENTE	14) ASISTENTE	15) ASISTENTE					
39012001	Rosmary Buena Vista	39012001			X		Rosmary Buena Vista	3143014424			
400116733	Luzmila Rosio Torres	400116733					Luzmila Rosio Torres	3102950187			
33540625	Carolina Clavero	Asilo San Jose					Carolina Clavero	3212712388			
40010937	Mrs Mercedes Hernandez	Asilo San Jose					Mrs Mercedes Hernandez	3205770570			
33301707	Claudia Wilma Alvarez	Asilo San Jose					Claudia Wilma Alvarez	7703440372			
4208151	Wendy Cruz Benitez	Asilo San Jose					Wendy Cruz Benitez	32044470362			
40010937	Mrs Mercedes Hernandez	Asilo San Jose					Mrs Mercedes Hernandez	3205770570			
23288206	Tania Nolasco	Asilo San Jose					Tania Nolasco	3205640990			
40010600	Maria Isabel Peláez	Asilo San Jose					Maria Isabel Peláez	3123384110			
16											
17											
18											
19											
20											

Fuente: Autor

Anexo 5. Ficha general de -CMR

 <p>Granja el Milagro Tibasosa - Boyacá</p>	LIMPIEZA AMBIENTAL POR AGENTES BIOLÓGICOS	
BIORREMEDIADOR DEL SUELO Y AGUAS CONTAMINADAS		
FICHA GENERAL - CMR		
<p>El caldo de Microorganismos CMR , mediante un proceso biológico consigue descomponer o degradar sustancias contaminantes, transformándolas en sustancias menos tóxicas, o inocuas, para el medio ambiente y la salud humana, retomando un medio ambiente contaminado a su condición natural.</p>		
<p>La base de la elaboración del producto, es el humus de lombriz, por su gran poder fertilizante y la cantidad, y tipo de microorganismos naturales y benéficos que contiene, (2 billones por gramo), luego estos microorganismos son escogidos, clasificados y cultivados en laboratorio de acuerdo al uso específico final.</p>		
<p>Su gran poder remediator es el resultado de la combinación de diferentes tipos de bacterias fotosintéticas, Actinomicetos, hongos, y levaduras, entre los cuales se destacan: Rhodospseudomonas plastrus, Rhodobacter spaeroides, Bacillus subtilis, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus casei, Streptococcus lactis, Aspergillus oryzae, Mucor hiemalis , Streptomyces albus, Streptomyces griseus, Saccharomyces, candida utilis, extractos de algas y el aporte de nutrientes contenidos en el humus como son: N, P, K, Ca y gran cantidad de oligoelementos.(Nutrientes menores) produciendo enzimas, bioemulsificantes y biosurfactantes</p>		
El CMR ES DE GRAN UTILIDAD EN LOS SIGUIENTES CASOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Remediación de suelos agrícolas contaminados. (CMR) - Remediación de suelos degradados por malas prácticas agrícolas. (CMR) - Tratamientos de suelos contaminados por hidrocarburos. (CMR-P, SHF-P) - Tratamiento de pozos sépticos industriales y domésticos. (CMR-S) - Tratamiento de tuberías de aguas negras industriales y domésticas.(PTAR) (CMR-S) - Tratamiento de trampas de grasa en restaurantes y centros vacacionales. (CMR-S) - Tratamiento de aguas de desechos Industriales. (CMR-S) - Tratamiento de aguas para agricultura o consumo Pecuario. (CMR) - Tratamiento de aguas para Acuicultura. (Estanques, reservorios, lagos) (CMR) - Tratamiento biológico en cementerios, basureros y rellenos sanitarios. (CMR-C) - Tratamiento biológico en taludes empedrados y reforestación (CMR , SHF) - Tratamiento en galpones, establos, bodegas y construcciones contaminadas (CMR) - Control de olores, moscas y patógenos en instalaciones pecuarias, Compostaje (CMR-C) - Control de olores, zancudos y patógenos en aguas estancadas o Inundaciones. (CMR) 		
<p>El producto es totalmente Orgánico, biodegradable, no es tóxico, cáustico, radiactivo, inflamable ni corrosivo, no contiene patógenos, su utilización no afecta a personas, animales, plantas, ni al medio ambiente, siendo muy seguro de usar en cualquiera de los casos establecidos. Para cualquier otro uso consultar con los asesores de la Granja el Milagro.</p>		
PRECAUCIONES EN SU USO		
<p>Lave muy bien los utensilios para la aplicación del CMR, para que no contengan residuos de productos químicos (Fertilizantes, plaguicidas o insecticidas que puedan afectar el producto, utilice guantes de caucho para el lavado y aplicación, la protección no es contra el producto sino contra el área contaminada y luego lávese las manos con agua y jabón antibacterial.</p>		
PRESENTACION: 1 Litro, 1 Galón y 20 Litros		
Para venta exclusiva en las instalaciones de la granja El Milagro		
granjaelmilagro@hotmail.com Tibasosa – Boyacá Cel: 313 – 281 33 93.		23/07/10
El producto no requiere registro ICA		

Fuente: Autor