

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Biología - Microbiología

Influencia del tamaño de partícula con agregado de estiércol
en el tiempo de compostaje de la fracción orgánica de
residuos sólidos urbanos generados en Sama
Las Yaras, departamento de Tacna

Tesis presentada por:

Bach: Roy Alexandro Carhuapoma Rosales

Para optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO MICROBIÓLOGO

TACNA – PERÚ

2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 333

En la ciudad de Tacna, en el auditorium de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, siendo las 10:00 horas del día 01 de agosto del 2019, estando presente el jurado calificador denominado por Resolución de Facultad N° 9409-2019-FACI-UN/JBG, conformado por los siguientes docentes:


- | | |
|---------------------------------|------------|
| - Dra. Isabel Ancco Oliva | Presidenta |
| - Mblgo. Luis Lloja Lozano | Secretario |
| - Blgo. Victor Carbajal Zegarra | Miembro |

Acto seguido se dio lectura a la Resolución correspondiente y del mismo modo se dio lectura al artículo 22 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias.

A continuación, la Presidente del Jurado instó al bachiller Roy Alejandro Carhuapoma Rosales a exponer la tesis titulada: “Influencia del tamaño de partícula con agregado de estiércol en el tiempo de compostaje de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos generados en Sama Las Yaras, departamento de Tacna”.

Siendo las 10:45 horas, el tesista concluye su exposición, luego se procedió a la formulación de las preguntas por parte de los miembros del jurado calificador. Terminando este proceso, se invitó a que los miembros del jurado emitan su calificación de acuerdo a reglamento. El promedio de calificación dio el siguiente resultado: Aprobado por Unanimidad con el Calificativo de Bueno (15), de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias.


Siendo las 11:50 horas, se dio por concluido el acto de sustentación de la tesis, firmando los miembros del jurado calificador, en señal de conformidad.



Dra. Isabel Ancco Oliva
Presidenta



Mblgo. Luis Lloja Lozano
Secretario



Blgo. Víctor Hugo Carbajal Zegarra
Miembro

Dedicatoria

A Dios, por sustentarme, bendecirme y traerme hasta aquí, toda la gloria le pertenece.

A mi madre, Doña Rosa, que abnegada, siempre fue mi protectora.

A mi padre, Don Carlos, quien es mi primer y más grande maestro en esta tierra.

A Vanny, mi mejor amiga, mi ayuda idónea, que en buenas y malas, siempre está presente, siempre paciente.

A los seres que más amo.

Agradecimientos

A Dios por fortaleceme día a día, darme sabiduría, y todo lo que le pido según su voluntad. A mis padres Carlos Carhuapoma y Rosa Rosales que pacientes e incansables, lograron brindarme y enseñarme todo lo que necesito para vivir.

A mi hermano en Cristo, Blgo-Mblg. Eddy Valeriano por su apoyo incondicional y ser un pilar en la creación y realización de la presente investigación y, permitirme trabajar en las instalaciones en el área de compostaje de la “Empresa GEOEDEN”.

Al Dr. Daladier Castillo, por compartir su conocimiento en las aulas de la escuela de Biología-Microbiología y aun después de ello, decidir seguir enseñando e instruyendo brindándome su asesoría en la presente investigación.

A mi buen amigo desde la infancia Jesús Espinoza, por acompañarme en esta travesía con anécdotas inolvidables y haber hecho más ameno el trabajo, por compartir los viajes y las imprudencias, por ser mi hermano.

A mi buen amigo Blgo. Güiseppy Calizaya, por aparecer en el momento indicado, por esa paciencia para enseñarme y guiarme con tanta vocación y convertirte en otro pilar en la realización de la presente investigación.

A mis amados docentes biólogos de la escuela, por todo ese conocimiento que compartían, por su dedicación y pasión para enseñar, por ese cariño y consejos, porque, aunque no tenían que, no escatimaron en darlos; todo eso hizo que amara más la biología.

A mi amada Vanny, mi amada familia, mis amigos y a cada persona que tuve la bendición de conocer en el camino hasta aquí, porque de una u otra manera han contribuido para que este paso sea dado, porque todos algo me han enseñado, de todos siempre algo he aprendido.

Contenido

| | Pág. |
|---|------|
| Resumen | |
| Abstract | |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Planteamiento Del Problema | 2 |
| 1.2. Hipótesis | 3 |
| 1.3. Objetivos | 4 |
| 1.3.1. Objetivo general. | 4 |
| 1.3.2. Objetivos específicos. | 4 |
| 1.4. Marco teórico | 4 |
| 1.4.1. Antecedentes. | 4 |
| 1.4.2. Compostaje. | 5 |
| 1.4.3. Microorganismos en el compostaje. | 7 |
| 1.4.4. Fases del compostaje. | 9 |
| 1.4.5. Parámetros del compostaje. | 11 |
| 1.4.6. Estiércol en el compostaje. | 16 |
| 1.4.7. Olor en el compost. | 17 |
| 1.4.8. Técnicas de compostaje. | 18 |
| 1.4.9. Finalización de proceso de compostaje (cosecha). | 20 |

| | Pág. |
|---|------|
| 1.4.10. Compost. | 21 |
| 1.4.11. Clasificación. | 22 |
| 1.5. Análisis de datos | 23 |
| 1.5.1. Prueba de Shapiro Wilk. | 23 |
| 1.5.2. Análisis de varianza (ANOVA). | 23 |
| 1.5.3. Prueba de Tukey. | 23 |
| 1.5.4. Prueba de DMS. | 24 |
| 1.5.5. Prueba de Friedman. | 24 |
| 1.5.6. Prueba de Wilcoxon. | 24 |
| 2. Materiales y Métodos | 25 |
| 2.1. Lugar de experimentación | 25 |
| 2.1.1. Duración. | 25 |
| 2.1.2. Ubicación. | 25 |
| 2.1.3. Material orgánico. | 25 |
| 2.2. Diseño experimental | 25 |
| 2.3. Análisis estadístico | 26 |
| 2.4. Proceso de compostaje (manejo del experimento) | 27 |
| 2.4.1. Preparación del área de compostaje. | 27 |
| 2.4.2. Recolección de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos. | 27 |

| | Pág. |
|--|------|
| 2.4.3. Recolección del Estiércol. | 27 |
| 2.4.4. Troceado de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos. | 27 |
| 2.4.5. Construcción de las pilas. | 27 |
| 2.4.6. Riegos. | 28 |
| 2.4.7. Cubrimiento de las pilas. | 28 |
| 2.4.8. Volteos. | 28 |
| 2.5. Parámetros evaluados | 28 |
| 2.5.1. Temperatura. | 28 |
| 2.5.2. Número de días a la obtención del compost. | 29 |
| 2.5.3. pH. | 29 |
| 3. Resultados | 30 |
| 3.1. Temperaturas | 30 |
| 3.1.1. Temperatura en grados Celsius (°C) al día 1. | 30 |
| 3.1.2. Temperatura en grados Celsius (°C) al día 5. | 34 |
| 3.1.3. Temperatura en grados Celsius (°C) al día 12. | 38 |
| 3.1.4. Temperatura en grados Celsius (°C) al día 19. | 42 |
| 3.1.5. Temperatura en grados Celsius (°C) al día 26. | 46 |
| 3.1.6. Prueba de significancia de las temperaturas desde el día 30 al 131. | 50 |
| 3.2. pH | 55 |

| | Pág. |
|---|------|
| 3.2.1. Resultado del pH para los tratamientos. | 55 |
| 3.3. Número de días a la obtención del compost | 62 |
| 3.3.1. Resultado del número de días al finalizar el compostaje para los tratamientos. | 62 |
| 4. Discusión | 64 |
| 4.1. Temperatura | 64 |
| 4.2. pH | 65 |
| 4.3. Número de días | 66 |
| 5. Conclusiones | 68 |
| 6. Recomendaciones | 69 |
| 7. Referencias bibliográficas | 70 |
| 8. Apéndice | 76 |

Índice del Apéndice

| | Pág. |
|---|------|
| Apéndice A. Ficha de toma de datos en campo | 76 |
| Apéndice B. Datos del tratamiento troceado más estiércol (T+E), tratamiento A | 77 |
| Apéndice C. Datos del tratamiento solo troceado (T), tratamiento B | 78 |
| Apéndice D. Datos del tratamiento solo estiércol (E^{sin}/T), tratamiento C | 79 |
| Apéndice E. Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para los datos de los días 30 al 131 | 80 |
| Apéndice F. Datos de temperatura en °C de los tres tratamientos en el bloque I | 81 |
| Apéndice G. Datos de temperatura en °C de los tres tratamientos en el bloque II | 82 |
| Apéndice H. Datos de temperatura en °C de los tres tratamientos en el bloque III | 83 |
| Apéndice I. Datos de temperatura en °C de los tres tratamientos en el bloque IV | 84 |
| Apéndice J. Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para los datos de los días 1 al 131 | 85 |
| Apéndice K. Datos de pH de los tres tipos de tratamiento según bloques | 86 |
| Apéndice L. Fotos durante el proceso del experimento | 87 |

Índice de Tablas

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1 Distribución de las pilas de compostaje en función al diseño experimental de bloques al azar | 26 |
| Tabla 2 Temperaturas en los tres tipos de tratamientos al día 1 | 30 |
| Tabla 3 Análisis de varianza (ANOVA) para las temperaturas en los tratamientos al día 1 | 31 |
| Tabla 4 Prueba de Tukey para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 1 | 32 |
| Tabla 5 Prueba de DMS para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 1 | 33 |
| Tabla 6 Orden de mérito de los tratamientos según su temperatura al día 1 | 34 |
| Tabla 7 Temperatura en los tres tipos de tratamientos al día 5 | 34 |
| Tabla 8 Análisis de varianza (ANOVA) para las temperaturas en los tratamientos al día 5 | 35 |
| Tabla 9 Prueba de Tukey para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 5 | 36 |
| Tabla 10 Prueba de DMS para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 5 | 37 |
| Tabla 11 Orden de mérito de los tratamientos según temperatura al día 5 | 38 |
| Tabla 12 Temperaturas en los tres tipos de tratamientos al día 12 | 38 |
| Tabla 13 Análisis de varianza (ANOVA) para las temperaturas en los tratamientos al día 12 | 39 |

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 14 Prueba de Tukey para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 12 | 40 |
| Tabla 15 Prueba de DMS para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 12 | 41 |
| Tabla 16 Orden de mérito de los tratamientos según temperatura al día 12 | 42 |
| Tabla 17 Temperatura de los tres tipos de tratamientos al día 19 | 42 |
| Tabla 18 Análisis de varianza (ANOVA) para las temperaturas en los tratamientos al día 19 | 43 |
| Tabla 19 Prueba de Tukey para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 19 | 44 |
| Tabla 20 Prueba de DMS para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 19 | 45 |
| Tabla 21 Orden de mérito de los tratamientos según temperatura al día 19 | 46 |
| Tabla 22 Temperatura en los tres tipos de tratamientos al día 26 | 46 |
| Tabla 23 Análisis de varianza (ANOVA) para las temperaturas en los tratamientos al día 26 | 47 |
| Tabla 24 Prueba de Tukey para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 26 | 48 |
| Tabla 25 Prueba de DMS para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 26 | 49 |
| Tabla 26 Orden de mérito de los tratamientos según temperatura al día 26 | 50 |

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 27 Significancia estadística de la temperatura en los tres tipos de tratamiento desde el día 30 al 131 | 50 |
| Tabla 28 pH de los tres tipos de tratamientos al finalizar el proceso | 55 |
| Tabla 29 Significancia estadística del pH en los tres tipos de tratamiento durante todo el proceso | 57 |
| Tabla 30 Número de días al finalizar el compostaje de los tres tipos de tratamiento | 62 |

Índice de Figuras

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Temperaturas al día 1 según tratamientos. Fuente: Tabla 2 | 30 |
| Figura 2. Temperaturas al día 5 según tratamientos. Fuente: Tabla 7 | 35 |
| Figura 3. Temperaturas al día 12 según tratamientos. Fuente: Tabla 12 | 39 |
| Figura 4. Temperaturas al día 19 según tratamientos. Fuente: Tabla 17 | 43 |
| Figura 5. Temperaturas al día 26 según tratamientos. Fuente: Tabla 22 | 47 |
| Figura 6. Temperatura durante el proceso de compostaje en el Bloque I. Fuente: Apéndice F | 52 |
| Figura 7. Temperatura durante el proceso de compostaje en el Bloque II. Fuente: Apéndice G | 52 |
| Figura 8. Temperatura durante el proceso de compostaje en el Bloque III. Fuente: Apéndice H | 53 |
| Figura 9. Temperatura durante el proceso de compostaje en el Bloque IV. Fuente: Apéndice I | 54 |
| Figura 10. Evolución de la temperatura durante todo el proceso en los tres tipos de tratamiento | 54 |
| Figura 11. pH al finalizar el proceso de compostaje según tratamientos. Fuente: Tabla 28 | 56 |
| Figura 12. pH durante el proceso de compostaje en el Bloque I. Fuente: Apéndice K | 58 |
| Figura 13. pH durante el proceso de compostaje en el Bloque II. Fuente: Apéndice K | 59 |

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 14. pH durante el proceso de compostaje en el Bloque III. Fuente: Apéndice K | 59 |
| Figura 15. pH durante el proceso de compostaje en el Bloque IV. Fuente: Apéndice K | 60 |
| Figura 16. Evolución del pH durante todo el proceso en los tres tipos de tratamiento | 61 |
| Figura 17. Número de días al finalizar el proceso de compostaje según tratamientos. Fuente: Tabla 30 | 62 |

Resumen

El propósito de esta investigación fue evaluar tres tipos de tratamientos para acelerar el compostaje, para así comenzar a compostar los residuos orgánicos desechados (54 849,45 kg/día) en la ciudad de Tacna. Se construyeron tres pilas en la planta de composta GEOEDEN, con la fracción orgánica generada en el distrito de Sama Las Yaras, anexo Buena Vista, los tratamientos aplicados a las pilas fueron: A (troceado del material y agregado de estiércol), B (solo troceado) y C (solo agregado de estiércol). El tamaño de partícula fue de 5 a 7 cm y el estiércol utilizado fue de vacuno, ovino, avícola y de cuyes, homogenizado. Iniciado el proceso con todas las variables, las pilas fueron aireadas por volteo mecánico una vez a la semana durante todo el proceso. Se tomaron datos de temperatura y pH y datos cualitativos de textura, color, olor y presencia de colonizadores. Se determinó la madurez con la presencia de una textura suave, olor a compost, color marrón oscuro y la presencia de colonizadores. El tratamiento A empleó el menor tiempo de compostaje, alcanzó el rango más alto en la fase termófila y alcanzó la madurez a los 68 días, mientras que los tratamientos C y B terminaron en 87 y 102 días respectivamente. Se concluyó que el troceado del sustrato más el agregado de estiércol al inicio del proceso de compostaje, redujo el tiempo entre 33% y 21% con respecto los otros tratamientos.

Abstract

The purpose of this research was to evaluate three types of treatments to accelerate composting, in order to start composting the organic waste discarded (54 849.45 kg / day) in the city of Tacna.

Three piles were built in the GEOEDEN compost plant, with the organic fraction generated in the district of Sama Las Yaras, annex Buena Vista, the treatments applied to the piles were: A (chopped material and aggregate of manure), B (only shredding) and C (only added manure). The particle size was 5 to 7 cm and the manure used was beef, sheep, poultry and guinea pigs, homogenized. Starting the process with all the variables, the batteries were aerated by mechanical turning once a week throughout the process. Temperature and pH data and qualitative data of texture, color, smell and presence of colonizers were taken. The maturity was determined with the presence of a soft texture, compost smell, dark brown color and the presence of colonizers. Treatment A used the shortest composting time, reached the highest range in the thermophilic phase and reached maturity at 68 days, while treatments C and B ended in 87 and 102 days respectively. It was concluded that the shredding of the substratum plus the added manure at the beginning of the composting process, reduced the time between 33% and 21% compared to the other treatments

1. Introducción

El compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (foRSU) es una alternativa viablemente económica que beneficia al medio ambiente, para ser integrada en las estrategias de manejo de residuos sólidos. Esta alternativa de manejo de residuos tiene una amplia historia de aplicación en países desarrollados, principalmente en los europeos. Asimismo en la última década la aplicación de numerosas experiencias ha demostrado el exitoso desarrollo del proceso en diversas regiones de Estados Unidos y Norteamérica (USEPA, 1995, pág. 75); (Slater & Frederickson, 2001, pág. 8). De igual manera la promulgación de iniciativas de aprovechamiento, reciclaje, reúso y valorización de residuos sólidos urbanos (RSU), ha introducido un renovado interés para mejorar el proceso de compostaje contemplándolo como un elemento importante en el manejo sustentable de los mismos.

En contraste, el aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (foRSU) en países en vías de desarrollo por medio de procesos aeróbicos a gran escala se encuentra muy poco documentado, situación preocupante sobre todo si se considera que el alto contenido de material orgánico en el flujo habitual de sus residuos, los hacen ideales para su tratamiento mediante la alternativa del compostaje (Marmolejo, Diaz, Torres, & García, 2012); (Taiwo, 2011, pág. 6).

En un mundo tan globalizado y acelerado, donde el consumismo genera cantidades elevadas de desechos que pueden ser aprovechados para compostar, la reducción en el tiempo del proceso se convierte en prioridad cuando se trata de reciclar (MINAM, Manual para Municipios Ecoeficientes, 2009, pág. 85).

Al igual que muchos países en Latinoamérica, en el Perú, el destino de los residuos es casi en su totalidad los rellenos sanitarios (RS's) o botaderos. Según el "Sexto informe nacional de

residuos sólidos en la gestión municipal y no municipal 2013” (MINAM, 2014, pág. 10), la generación de residuos sólidos llegó a 18 533 t/día, de esta cantidad, solo 63 t/día se logran compostar en los distritos que puedan contar con pilas operativas de compostaje, 304 t/día se logran segregar en fuente y 1649,7 t/día se reciclan de manera informal.

La región de Tacna con 284 697 habitantes tiene una generación per cápita de 0,492 kg/hab./día, sin embargo, solo se cuenta con un programa de segregación de residuos sólidos en la provincia de Tacna y el material restante generado tiene como destino los rellenos sanitarios (RS's) (MINAM, 2014, pág. 34).

1.1. Planteamiento Del Problema

Existen muchas experiencias prácticas cuando se refiere a compostaje, incluso se trabaja de manera industrial en muchos países del viejo continente. Compostar la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos es una actividad benéfica, pero es importante buscar maneras de mejorar al máximo el proceso (MARM, 2009); (Valcap, 1995). En los manuales de compostaje creados por, el Ministerio del Ambiente – MIMAM, PERU y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino – ESPAÑA, se presenta la metodología propuesta por Albert Howard (Saez, 2000), indicando que el método es ideal, pero se enfoca al compostaje doméstico, incentivando el mismo para los residuos a manera de opción provechosa, en la cual el ciudadano mezcla todos sus residuos orgánicos, los humedece periódicamente y deja que la naturaleza haga su trabajo, donde el tiempo de compostaje no es una variable importante. Por otro lado, FAO (2013), se enfoca más en el buen control del proceso y recomienda que un tamaño de partícula reducido mejora la degradación de los compuestos orgánicos, pero que si es menor de 5 cm puede causar pudrición por falta de aireación, ya que el compostaje es un proceso de fermentación aeróbica. Esta variable nos lleva a

pensar que es posible mejorar el proceso de compostaje de la fracción orgánica de Residuos Sólidos Urbanos.

La fracción orgánica de los residuos sólidos generada en las zonas urbanas del departamento de Tacna tienen como único destino los rellenos sanitarios, no existe en ninguna de sus cuatro provincias una planta de tratamiento de los residuos orgánicos (OEFA, 2014, pág. 104) que el estado haya creado y sustente.

Es posible que la falta de iniciativa se deba al tiempo de inversión que conlleva el proceso de compostaje que puede ser de 5 a 6 meses (Palmero, 2010, pág. 5) y el cómo se podría reducir esta variable, ya que en Tacna se generan 140 065 kg/día de residuos sólidos urbanos de los cuales un 54 849 kg/día corresponde a la fracción orgánica (MINAM, 2014, pág. 37), una cantidad elevada, junto con otros departamentos como Puno, Arequipa o Cuzco.

La posibilidad de compostar la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos generados en la región de Tacna es un proyecto factible, como sucede en otras ciudades como Ciudad de México y Barcelona (Barron, 2013, pág. 4), pero si se quiere que esta idea sea significativa y relevante, la velocidad de degradación de los compuestos orgánicos debe aproximarse a la velocidad con que se generan los residuos en el departamento, reduciendo el tamaño de la partícula (FAO, 2013, pág. 45) y agregando estiércol a la mezcla (Palmero, 2010, pág. 7), con el objetivo de lograr reducir el tiempo de compostaje; también es necesario que comience a una escala piloto, de esta manera tendría aun mayor significancia, aprovechamiento de recursos y la recuperación del suelo sería significativa.

1.2. Hipótesis

El menor tiempo de compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, se obtendrá troceando la partícula y agregando estiércol.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

- Determinar la influencia de la reducción del tamaño de partícula con agregado de estiércol en la reducción del tiempo de compostaje de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos generados en Sama Las Yaras, departamento de Tacna.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Compostar una pila de la fracción orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (foRSU) troceados, agregando estiércol.

- Compostar una pila de la fracción orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (foRSU) troceados.

- Compostar una pila de la fracción orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (foRSU) sin trocear, agregando estiércol.

- Establecer en cuál de las pilas de compostaje se emplea el menor tiempo.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Antecedentes.

Los residuos sólidos urbanos han sido manejados estratégicamente mediante el empleo de Rellenos Sanitarios (RS's), esto se debe a que brinda la solución de disponer el material a un bajo costo, sin embargo, como resultado del incremento de conciencia ambiental, la visión que actualmente se tiene de los RS's ha cambiado dadas las implicancias que tienen en el deterioro ambiental, de aquí la urgencia de plantear y aplicar estrategias alternativas (Barron, 2013, pág. 9).

En los últimos años diferentes instituciones de todo el mundo, encargadas del manejo de los Residuos Sólidos Urbanos, han dirigido sus políticas a disminuir los residuos que depositan en los RS's debido a la limitación de espacio y a los compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Exitosamente una estrategia en el manejo de la foRSU es la instalación y

puesta en marcha de plantas de composta, una fuerte motivación para estos desarrollos como vía del manejo seguro y económico de la foRSU, es la separación en fuente y su tratamiento (Alcolea & Gonzalez, 2000; Alvarez de la Puente, 2010, pág. 24).

En el Perú se ha promocionado el compostaje comenzando en las zonas andinas ya desde 1985, gracias a instituciones privadas como ONG's que ejecutan proyectos de desarrollo rural como IDEAS, EDAC en Cajamarca e IDMA en Huánuco (Gallardo, 2013, pág. 74). En el 2014 el ministerio de desarrollo e inclusión social presentó el manual técnico “Producción y Uso de Abonos Orgánicos: Biol, Compost y Humus” en el proyecto “Mi Chacra Emprendedora Haku – Wiñay”, que si bien, fue realizado para el beneficio de los pobladores sujetos al Fondo de Cooperación para el Desarrollo social (FONCODES) (MIDIS, 2014), fue puesto a disposición de todo el Perú. Este manual enseña el proceso de compostaje y otros bioabonos, utilizando materiales e insumos que están a su alcance, como desperdicios de sus granjas y comida.

1.4.2. Compostaje.

El proceso de compostaje se define como una “descomposición biológica y estable de la materia orgánica, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final, libre de patógenos y semillas de malas hierbas (Alvarez de la Puente, 2010, pág. 9). Ocurre en condiciones aeróbicas, 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, pág. 18). Es un proceso controlado en el que ocurren reacciones microbiológicas de mineralización de la materia orgánica, así como reacciones de humificación de la misma. Los ciclos biológicos de los microorganismos que intervienen en el proceso, rigen estas reacciones, así, la terminación del proceso de compostaje requiere un tiempo mínimo. Por tanto, un proceso de compostaje, que

pretenda la obtención de un producto final útil como fertilizante, no debe dejarse transcurrir espontáneamente, sino que en él han de controlarse los parámetros necesarios para garantizar la total terminación del proceso en un tiempo y coste mínimos (Diaz, 1998, pág. 72).

El compostaje es un proceso natural de degradación biológica aeróbica, en el que diferentes poblaciones microbianas transforman materiales orgánicos mezclados (sólidos o semisólidos) en dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), calor, y un producto final estable, rico en nutrientes (Barron, 2013, pág. 22).

Hoy en día algunos autores señalan al compostaje como la técnica más viable para el aprovechamiento de la fracción orgánica debido a que sus costos operacionales, con respecto a otras técnicas como, incineración, digestión anaeróbica, etc., son menores, además de disminuir el riesgo de contaminación al aire, agua y suelo (Taiwo, 2011, pág. 5).

Durante el compostaje la reacción de bioconversión ocurre casi totalmente bajo condiciones aeróbicas, el volumen de oxígeno es suplido por el volteo mecánico de las pilas o la aireación forzada y controlada. En el proceso cerca del 65% del material orgánico inicial es digerido por los microorganismos y el material restante no digerido, aproximadamente 35%, constituye la composta, que con ayuda de oxígeno y otros microorganismos produce ácidos fúlvicos solubles y húmicos (Barron, 2013, pág. 31).

El proceso de degradación aeróbico en estado sólido es un sistema trifásico: sólido, líquido y gaseoso. La fase sólida está representada por la partícula, constituida tanto por fracción inorgánica y fracción orgánica. La partícula interacciona con la fase acuosa que está adherida a su superficie formando una biopelícula con los microorganismos, donde tienen lugar todos los procesos biológicos. Este estrato interacciona directamente con la fase gaseosa con la cual intercambia los gases. La fracción orgánica en la biopelícula es oxidada por los microorganismos aerobios

presentes. En la fase gaseosa externa, el oxígeno se difunde en la biopelícula gracias al gradiente de concentración creado por el consumo de oxígeno y por la producción de dióxido de carbono (CO_2) por parte de la biomasa. Como la profundidad de penetración del oxígeno en la partícula está limitado por la resistencia interna, en la biopelícula se pueden distinguir dos zonas: una fina superficie externa aeróbica y una capa interna más espesa anaeróbica (Cooperband, 2002; Delgado, 2012, pág. 15).

En la zona anaeróbica el material insoluble se hidroliza enzimáticamente en sustrato soluble y después se transforma anaeróticamente por medio de fermentaciones en diferentes productos como ácidos grasos, etc. Los productos resultantes de la fermentación, así como los hidrolizados, pueden ser oxidados después en la zona aérea (Adani, 2004, pág. 33).

Entonces, se refiere a la presencia de oxígeno en concentraciones adecuadas que permitirá la completa degradación de todos los compuestos orgánicos a dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O); contrariamente, las limitaciones en disponibilidad de oxígeno harán que predominen las reacciones anaeróbicas (Barrena, 2006, pág. 24).

1.4.3. Microorganismos en el compostaje.

El compostaje es un proceso microbiológico influido por la naturaleza de los organismos presentes: bacterias, hongos y actinomicetos, fundamentalmente. Durante el proceso de compostaje tiene lugar una sucesión de diferentes microorganismos, en función de la influencia de determinados factores: naturaleza, química del sustrato, temperatura, contenido de humedad, etc. (Delgado, 2012, pág. 17).

Los microorganismos que degradan los compuestos orgánicos son: bacterias, actinomicetos, hongos y protozoarios. Estos microorganismos se hallan naturalmente en la materia orgánica, incluyendo residuos alimenticios, suelo, hojas, poda, entre otros. El proceso de compostaje

depende de una secuencia de diversas actividades microbianas, en las que un grupo de microorganismos promueven la actividad de otro grupo, de manera sucesiva, hasta alcanzar la estabilización (Barron, 2013, pág. 10).

Los estudios demuestran que los microorganismos que inician el proceso en su mayoría, son mesófilos como *Lactobacillus* spp. y *Acetobacter* spp., que son productores de ácidos orgánicos, promoviendo la actividad de otros microorganismos llevando a una fase termófila dominada por bacterias Gram positivas del tipo *Bacillus* spp. y Actinobacterias que dominan el proceso, aunque este es más eficiente cuando aumenta la diversidad bacteriana y fúngica (Partenen, Hultman, Paulin, Auvinen, & Romantschuk, 2010, págs. 96-98).

Las bacterias son las primeras en establecerse en la pila hidrolizando proteínas y carbohidratos. Hay bacterias que fijan nitrógeno atmosférico para incorporarlo a la masa celular. Los actinomicetos, poco menos abundantes que las bacterias, descomponen compuestos aromáticos, esteroides y fenoles, entre otros (Bass, Bilderback, & Powell, 1992; Barron, 2013, pág. 12).

Los hongos toleran mucho mejor los ambientes en desecación que las bacterias, juegan un papel importante en el compostaje a medida que la humedad del medio disminuye. Algunos hongos requieren menos nitrógeno que las bacterias y son capaces de descomponer celulosa y lignina, lo que resulta imposible para las bacterias. Otros microorganismos como rotíferos, nemátodos y algunos artrópodos como ácaros, hexápodos, cochinillas y escarabajos, reducen el tamaño de la foRSU y aumentan la superficie de contacto haciendo más fácil el ataque microbiano y con su movimiento al interior de la pila permiten la circulación de aire en la materia (Saez, 2000, pág. 53).

Al descomponer el carbono (C), el nitrógeno (N) y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura durante el

tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración cuya duración es variable (FAO, 2013, pág. 23).

1.4.4. Fases del compostaje.

El compostaje tiene un proceso de cuatro etapas o fases, la primera etapa presenta una actividad microbiana mesófila que conduce a la elevación de la temperatura que llega hasta los 40 a 45 °C; en la segunda fase denominada termófila la temperatura puede alcanzar los 70 °C que favorece altas tasas de descomposición de compuestos orgánicos; la última fase es de disipación en donde la temperatura de la pila disminuye, estimulando el predominio de microbiota y llegando a un proceso de estabilización y maduración del producto (Tognetti, Mazzarino, & Laos, 2007, pág. 98).

A. Fase mesófila.

La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH (Cabrera, 2012, pág. 20).

El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45 °C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de carbono y nitrógeno generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y por tanto el pH llega a bajar cerca de 4,0 o 4,5. Esta fase puede durar entre dos y ocho días (FAO, 2013, pág. 23).

Las bacterias y hongos importantes en la descomposición de la fracción orgánica son tanto mesófilos como termófilos. Las primeras crecen a temperaturas entre 25 a 45 °C, son abundantes

al inicio del composteo; cuando la temperatura de la pila está casi igual a la temperatura ambiente, oxidan al carbono de la fracción orgánica produciendo dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O) y calor (Barron, 2013, pág. 11).

B. Fase termófila.

Conforme avanza el proceso y varían las condiciones comienza a aparecer los microorganismos termófilos, a la vez que van disminuyendo los mesófilos. Las sustancias como los azúcares, las grasas, el almidón y las proteínas, son rápidamente consumidos. La fase termófila es muy importante; al alcanzar temperaturas tan elevadas, se consigue uno de los objetivos principales del compostaje, que es eliminar microorganismos patógenos y semillas de malas hierbas, lo que asegura una higienización del producto (Barrena, 2006, pág. 17).

La 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 muy importante, pues con temperaturas por sobre los 55 °C son eliminados los quistes y huevos de helmintos, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado. Los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco, por lo que el pH del medio sube. En especial a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y las actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de carbono complejos (FAO, 2013, pág. 24).

La fase termófila del compostaje presenta un elevado consumo de oxígeno que la caracteriza, junto con una gran cantidad de energía liberada, a partir de los microorganismos presentes. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas, el lugar y otros factores (Barrena, 2006, pág. 18).

C. Fase mesófila de enfriamiento.

Agotadas las fuentes de carbono y en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 45 a 40 °C. Durante esta fase continua la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (FAO, 2013, pág. 24).

D. Fase de maduración.

Esta fase puede durar meses y permanece a temperatura ambiente, durante este tiempo se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (FAO, 2013, pág. 25).

Aquí ocurre una lenta degradación de materia orgánica, hasta que el volumen se reduce al 50% aproximadamente. La biomasa llega a representar hasta el 25% del peso total (Frioni, 1999).

La duración de esta fase depende del tipo de material tratado. Durante esta etapa se genera mucho menos calor y el pH es ligeramente alcalino. Los microorganismos mesófilos y microfauna colonizan el compost cerca de la madurez; se genera competición por el alimento. Al final se obtiene un producto más o menos estable según la duración de la fase (Barrena, 2006, pág. 19).

La etapa de maduración se desarrolla a temperatura ambiente y se caracteriza por una baja actividad microbiana y por la aparición de organismos superiores como oniscideos carábidos, algunos dermápteros y miriápodos (Soliva, 2001, pág. 38).

1.4.5. Parámetros del compostaje.

El compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, entonces, se debe tener en cuenta los parámetros que afectan su crecimiento y reproducción (FAO, 2013, pág. 26),

ya que todos aquellos factores que puedan limitar su desarrollo serán también limitantes del proceso (Barrena, 2006, pág. 21). Dicho esto, los parámetros a controlar no son más que los requerimientos de los microorganismos para lograr su desarrollo.

En condiciones óptimas del proceso, los parámetros a controlar son humedad, relación carbono: nitrógeno y temperatura; no obstante, el control de mayor cantidad posible de parámetros en el proceso garantiza los mejores resultados (Cabrera, 2012, pág. 21).

Todos estos parámetros a analizar en el proceso de compostaje están influenciados por las condiciones ambientales, el tipo de residuo y por el sistema de compostaje elegido (Delgado, 2012, pág. 18).

A. Aireación.

Las condiciones aerobias conducen a la oxidación de los compuestos tales como el nitrato y el dióxido de carbono. En contraparte los microorganismos anaeróbicos en su metabolismo conducen a la liberación de compuestos volátiles de olores penetrantes como el ácido fórmico, valerianico sulfuroso y amoníaco (Gomez, 2007, pág. 18).

La aireación evita que el material se compacte o se encharque (FAO, 2013, pág. 26). La concentración de oxígeno en el espacio aéreo del compost debe mantenerse por encima del 5%, en el aire la concentración de oxígeno es del 21% por lo que una buena remoción de la pila confiere una buena cantidad de oxígeno (García, 1984, págs. 5-9).

Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzado la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica (FAO, 2013, pág. 25). La aireación está muy relacionada con la temperatura, ya que interviene en la generación y en pérdida de calor de diferentes maneras: incrementando la actividad de microorganismos, lo que genera un desprendimiento de energía y como consecuencia, un incremento de la temperatura; favorece el enfriamiento al renovar el aire

caliente por frío y puede provocar una pérdida excesiva de humedad y frenar el proceso provocando una bajada de temperatura (Barrena, 2006, pág. 21).

B. Humedad.

El contenido de agua del material a compostar es muy importante ya que los microorganismos solo pueden utilizar las moléculas orgánicas si están disueltas en agua, además, el agua favorece la migración y la colonización microbiana (Barrena, 2006, pág. 23).

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad baja por un valor debajo del 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable (FAO, 2013, pág. 27).

Un exceso de agua, mayor al 60%, interfiere con la disponibilidad del oxígeno y la aireación; se lixivian los nutrientes y se incrementa el olor debido a la descomposición anaerobia (Barron, 2013, pág. 20).

Se puede hacer el control de la humedad en campo con la llamada “técnica del puño”, esta consiste en introducir una mano en la pila, sacar un puñado de material y abrir la mano, el material debe quedar apelmazado y sin escurrir agua ni desmenuzarse (FAO, 2013, pág. 57).

C. Temperatura.

La temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso, afecta el crecimiento microbiano, su actividad en el proceso y la velocidad a la que se descompone la

materia; es necesario alcanzar y mantener por cierto periodo la temperatura de operación durante el compostaje (Barron, 2013, pág. 19).

El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65 °C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente (FAO, 2013, pág. 28).

El mantenimiento de temperaturas elevadas asegura la higienización del material, pero se pueden presentar problemas de inhibición de la actividad de la mayoría de microorganismos si estas son muy altas. Por lo tanto, es necesario conseguir un equilibrio entre la máxima higienización y la biodegradación. Se considera que la mayor diversidad microbiológica se consigue entre 35 y 40 °C, la máxima biodegradación entre 45 y 55 °C, y la higienización cuando se superan los 55 °C (Soliva, 2001, pág. 39).

Durante la fase de maduración del proceso llega nuevamente a una temperatura ambiente pero es importante que la temperatura no decaiga muy rápido, ya que, a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización (FAO, 2013, pág. 27).

El contenido de humedad y la cantidad de materia mineral intervienen en el mantenimiento de la temperatura en las últimas fases del proceso gracias a su elevada capacidad de almacenar calor (Barrena, 2006, pág. 21).

D. pH.

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (de 4,5 a 8,5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y

multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a un pH de 6,0 a 7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a un pH de 5,5 a 8,0. El rango ideal es de un pH de 5,8 a 7,2 (FAO, 2013, pág. 30).

Subidas bruscas de pH pueden facilitar la liberación de nitrógeno amoniacal, ya que un pH básico extremo afecta a los equilibrios ácido-base que influyen en la conservación del nitrógeno. En contraparte, una reducción de pH en algún momento del proceso puede indicar que se han producido condiciones anaerobias. Los microorganismos en ausencia de oxígeno producen ácidos de cadena corta como producto metabólico, acidificando el medio (Barrena, 2006, pág. 29).

E. Tamaño de partícula.

El tamaño inicial de las partículas que componen la masa a compostar es un importante parámetro para optimización del proceso; cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción (Polo, 1987, págs. 84-85).

Las partículas muy grandes retardan el proceso de compostaje y en contraparte, cuando las partículas son demasiado pequeñas y compactas, la circulación de aire a través de la composta se inhibe disminuyendo el oxígeno disponible para los microorganismos dentro del material, reduciendo en última instancia el índice de la actividad microbiana. Esto significa que tiene un efecto directo en el volumen de macro poros de la pila, disponibilidad de nutrientes y en su estructura (Barron, 2013, pág. 23).

La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula (FAO, 2013, pág. 30).

El tamaño de partícula óptimo es distinto según el criterio de diversos autores: entre 1 y 5 cm para Haug (1993), entre 2,5 y 5 cm para Barron (2013) y de 5 a 20 cm según FAO (2013).

F. Relación carbono nitrógeno.

El carbono y el nitrógeno son utilizados por los microorganismos, como fuente de energía y para la síntesis del nuevo material celular. Un alto porcentaje de carbono se oxida a dióxido de carbono durante el metabolismo y el nitrógeno es aprovechado principalmente para la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, su requerimiento es sensiblemente menor que la de carbono (Barron, 2013, pág. 24).

La relación carbono: nitrógeno varía en función del material de partida y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de carbono (%C total) sobre el contenido de nitrógeno total (%N total) de los materiales a compostar. Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, de 35:1 a 15:1. La porción óptima se sitúa entre 25 y 30 partes de carbono por 1 de nitrógeno (FAO, 2013, pág. 29).

La relación carbono: nitrógeno (C/N) decrece durante el compostaje debido, por una parte, a la degradación de la materia orgánica y por otra, a la pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco (Morisaki, Phael, Nakasaki, Shoda, & Kubota, 1989, pág. 60).

1.4.6. Estiércol en el compostaje.

El estiércol es el resultado de la digestión de los alimentos en animales herbívoros, es un residuo orgánico que aporta materia orgánica y nutrientes al suelo donde, gracias a la gran carga microbiana y su acción, se transforma en sustancias útiles para el crecimiento de gran cantidad de plantas (Simpson, 1991, pág. 82). Presenta una composición físico química que varía de acuerdo al tipo de ganado, a la dieta y algunas condiciones bajo las cuales se produce (Gomez, 2007, pág. 35).

El estiércol puede presentar una consistencia acuosa cuando está diluido en agua, al ser líquido, tiene como característica un alto contenido de nitrógeno y metales pesados tóxicos para las plantas

como el cobre, por otro lado, cuando es sólido, son voluminosos con variados componentes como paja, aserrín y materiales de cama de animales (Guerrero, 1993, pág. 57).

El estiércol es una fuente elevada de materia orgánica, cuando el estiércol se incorpora al suelo su materia orgánica es descompuesta y transformada por los microorganismos, la mayoría del carbono presente es transformado a dióxido de carbono (CO_2) y la fracción mínima restante se transforma en humus. Como fuente de nutrientes su composición suele ser muy escasa, menos del 1,5% de su masa contiene nutrientes como potasio, ácido fosfórico y nitrógeno (Gomez, 2007, pág. 37).

1.4.7. Olor en el compost.

El olor es la sensación que nuestro cerebro genera en respuesta a determinados productos químicos en el aire a través de la nariz y producen la sensación de olor en el cerebro (Alonso, 2011).

Los seres humanos pueden percibir los olores, incluso en concentraciones relativamente bajas, de los productos químicos como amoníaco, sulfuro de hidrogeno, dimetil sulfuro, ácido butírico y terpenos, en partes por millón en muchos casos (Delgado, 2012, pág. 28). El olor, una percepción sensorial resultado de 10 a 25 millones de células olfativas presentes en el ser humano, es un parámetro muy importante que no puede medirse física o químicamente y que refleja la propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias (Bidlemaier & Müsken, 2007, pág. 57).

Los malos olores se producen en las primeras fases del proceso. Las emisiones de gases y los olores del proceso de compostaje se centran básicamente dos grupos principales: amoníaco y compuestos orgánicos volátiles. La concentración crítica de olor es liberada alcanzando su máximo después de la primera semana y va disminuyendo hasta después de la tercera semana (Delgado, 2012, pág. 30).

A. Olor en fase mesófila.

Los olores derivados del material durante la fase mesófila son dependientes de sus componentes orgánicos. También puede predominar el hecho de que los residuos ya están en proceso de descomposición en el momento del suministro (Kurola, Arnold, Kontro, Talvez, & Romantschuk, 2010, pág. 32).

B. Olor en fase termófila.

La disminución de la cantidad de residuos orgánicos durante la descomposición se traduce en una disminución de la formación de elementos de olor. Sin embargo, otras sustancias olorosas son generadas al mismo tiempo, debido a procesos puramente químicos a través de los medios de auto-oxidación, que aumenta conforme aumenta la temperatura (Hanajima, y otros, 2010), (Delgado, 2012, pág. 32)

C. Olor en fase de maduración.

Al cambiar las propiedades del material descompuesto, disminuye la actividad microbiana y la temperatura. Una progresiva disminución en el consumo de oxígeno provoca un medio ambiente aeróbico en aumento (Delgado, 2012). El olor a suelo húmedo o tierra de bosque, se percibe como olor característico que finaliza un proceso de compostaje y define un compost maduro (FAO, 2013, pág. 55).

1.4.8. Técnicas de compostaje.

Las técnicas de compostaje varían de acuerdo a las condiciones de aireación, periodo de aireación y calidad requerida en el producto final. La elección de la técnica puede depender de inversión, funcionamiento, disponibilidad de terreno, complejidad operacional y el potencial para generar problemas medioambientales del producto que se desea elaborar (INTEC, 1999, pág. 32).

A. Sistemas cerrados.

Estos sistemas de compostaje son siempre industriales aplicados a situaciones donde diariamente se reciben volúmenes importantes de desechos y para los cuales sería necesario disponer de superficies muy extensas. Optimizando las condiciones de la degradación de la materia orgánica en un reactor especializado donde se pueden manipular los parámetros y condiciones, se realiza en tan solo dos a cuatro días; sin embargo, el producto requiere cura adicional alrededor de un mes antes de que pueda utilizarse en el campo (Gomez, 2007, pág. 11).

B. Sistemas abiertos.

- *Pilas estáticas.*

Es el sistema de compostaje más antiguo, consiste en la formación de pilas de altura reducida, que se dejan sin movimiento. La aireación ocurre naturalmente a través del aire que fluye en forma pasiva a través de la pila. Sin embargo, es común que se produzca anaerobiosis en algunos puntos de la pila, generando malos olores, gases y líquidos no deseables. Es por ello que se debe tener especial cuidado en la relación de la mezcla inicial, eligiendo materiales que permitan tener una adecuada porosidad de la pila durante todo el proceso. Es un método lento y no permite la obtención de un producto de alta calidad (Ecoamerica, 2001, pág. 18).

- *Pilas aireadas.*

Las pilas aireadas son de los sistemas más sencillos y económicos. Esta técnica de compostaje se caracteriza por el hecho de que la pila se remueve periódicamente para homogenizar la mezcla y controlar su temperatura, a fin de eliminar el calor excesivo, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Después de cada volteo, la temperatura desciende entre 5 y 10 °C, subiendo de nuevo en caso de que el proceso no hubiese concluido. La frecuencia del volteo depende del tipo de material, de la humedad y de la rapidez con que se desee realizar el

proceso, siendo habitual aplicar un volteo cada 6 a 10 días. Normalmente se hacen registros periódicos de temperatura, humedad y oxígeno para aplicar el volteo (INTEC, 1999, pág. 22).

- *Pilas con aireación pasiva.*

Este sistema es muy apropiado considerando el costo-beneficio con aireación forzada o pilas con volteo. Para favorecer la ventilación natural de las pilas, se emplean estructuras que permiten un mejor flujo de aire desde la parte inferior hacia la zona superior la cual se airea por convección natural. El aire caliente que sube desde el centro de la pila crea un vacío parcial que aspira el aire de los lados. La forma y tamaño óptimo de la pila depende del tamaño de partícula, contenido de humedad, porosidad y nivel de descomposición, lo cual afecta el movimiento del aire hacia el centro de la pila (INTEC, 1999, pág. 23).

- *Pilas con aireación forzada.*

Con las pilas con aireación forzada es posible tener mayor control de la concentración de oxígeno y mantenerla en un intervalo apropiado (15 a 20%), para favorecer la actividad metabólica de los microorganismos aerobios que intervienen en el proceso. El aporte de oxígeno se realiza por varias vías como la succión o inyección, así como variantes que incluyen a los dos tipos. El aporte de oxígeno puede realizarse de forma continua o en intervalos, para llegar a una determinada temperatura (55 a 60 °C), o descenderla si ya se rebasó ese intervalo. Una vez que se constituye la pila, no se toca en general, hasta que la etapa activa de compostaje se complete (Barron, 2013, pág. 18).

1.4.9. Finalización de proceso de compostaje (cosecha).

Existen diversas maneras para conocer si el compostaje ha llegado a su final. Para comenzar se debe comprobar que el compost ha entrado en fase de maduración, el material, aun húmedo no debe aumentar de temperatura nuevamente a pesar que se sigan realizando volteos (FAO, 2013,

pág. 57) por lo tanto, una temperatura ambiente u oscilante al ambiente caracteriza al compost, misma que no varía (Gallardo, 2013, pág. 48).

El pH se debe encontrar en un rango neutro de 6,8 a 7,2 (Frioni 1999), aunque algunos autores como Cabrera (2012) y afirman que un buen proceso de compostaje tiene como pH de cosecha un rango entre 6,5 a 8,5.

Es necesario tomar muestras representativas de la pila para analizar la textura que debe presentarse suave, el color que presenta un característico marrón oscuro del material compostado (Roben, 2002) (FAO, 2013, pág. 43) y el olor que es característico a tierra de bosque o chacra (Hanajima, y otros, 2010), y por último la presencia de organismos colonizadores (Soliva, 2001, pág. 31).

1.4.10. Compost.

Es un producto orgánico estable, altamente nutritivo que lo hace presentar numerosos beneficios como fertilizante en el suelo (De la Morena, y otros, 2005, pág. 12). Al aplicarlo al terreno mejora la fisicoquímica del suelo, incrementando la disponibilidad de nitrógeno, potasio, azufre y hierro para la planta, reduce la erosión e incrementa la permeabilidad y porosidad (Burckman & Brady, 1993). El compost es considerado un alimento para la cadena trófica del suelo, como una siembra promotora de la actividad biológica de los microorganismos en él y como un sustrato con propiedades de control de enfermedades de las plantas cultivadas. En suma, el compost puede constituir un excelente factor de producción en los agroecosistemas y un excelente factor de protección y conservación de los suelos (Fernandez, Gomez, & Estrada, 2004, págs. 171-175).

También es definido como la materia orgánica que ha sido estabilizada hasta transformarse en un producto similar a las sustancias húmicas del suelo, que está libre de patógenos y de semillas

de malas hierbas, que no atrae insectos vectores, que puede ser manejada y almacenada sin ocasionar molestias y que es beneficiosa para el suelo y el crecimiento de las plantas (Haug, 1993, pág. 22).

En resumen, es el producto resultante del proceso de compostaje y maduración, que consta de materia orgánica estabilizada semejante al humus. Este producto tiene que ser inocuo, sin fitotoxinas, ni parásitos o semillas, que pueda aplicarse sin riesgos de provocar daños al suelo ni a los cultivos; que pueda almacenarse sin que sufra alteraciones (Zucconi & De Bertoldi, 1987, pág. 58).

1.4.11. Clasificación.

A. Compost inmaduro.

Se caracteriza por una mala degradación de la materia orgánica y puede provocar efectos depresivos en las plantas por la disminución del nivel de concentración de oxígeno en la zona radicular, el bloqueo del nitrógeno mineral del medio, la acumulación de sustancia tóxicas orgánicas, elevación de la temperatura a nivel de raíces por los procesos de fermentación que pueda impedir una actividad nutricional, los efectos de podredumbre y enfermedades, según García (1984, págs. 5-12) tenemos el compost bruto, fresco y especial.

- *Compost bruto*

Son residuos tratados mecánicamente sin fermentación alguna, presentan una relación de 35 partes de carbono por 1 de nitrógeno.

- *Compost fresco*

Residuos en fase de fermentación, con eliminación de parásitos y gérmenes patógenos

- *Compost especial*

Cualquiera de los dos anteriores a los que se le ha incorporado ciertos elementos minerales para un fin determinado.

B. Compost maduro.

Altamente humificado, es el producto final del proceso de descomposición, con una ganancia neta de nitrógeno y una reducción del 50% de su peso respecto a la mezcla original (Burckman & Brady, 1993). Tiene una relación de 20 partes de carbono por 1 de nitrógeno y la relación de azúcares reductores: azúcares totales, inferior a 35% (García, 1984, pág. 15).

1.5. Análisis de datos

1.5.1. Prueba de Shapiro Wilk.

Es un test estadístico empleado para contrastar la normalidad de un conjunto de datos (muestras menores a 50), Para probar si los datos de investigación tienen una distribución normal, debe obtenerse una significancia mayor a 0,05 ($p > 0,05$) (Daniel, 1996).

1.5.2. Análisis de varianza (ANOVA).

Es una técnica en la que la varianza total de un conjunto de datos se divide en varios componentes y cada uno de ellos se asocia a una fuente específica de variación, de manera que durante el análisis es posible encontrar la magnitud con la que contribuye cada una de esas fuentes en la variación total (Daniel, 1996, pág. 346).

1.5.3. Prueba de Tukey.

El procedimiento de comparaciones múltiples Tukey, se utiliza para probar la hipótesis nula respecto a la igualdad de todos los posibles pares de medias del tratamiento cuando todas las muestras son del mismo tamaño. Al utilizar esta prueba, se elige un nivel global de significancia

de α . La probabilidad es α , entonces, que una o más de las hipótesis nulas es falsa (Daniel, 1996, pág. 367).

1.5.4. Prueba de DMS.

La prueba de mínimas diferencias significativas, DMS por sus siglas en inglés, es una prueba de comparaciones múltiples utilizada cuando se efectúan comparaciones independientes o que se planean antes de analizar los datos. Al encontrar una diferencia entre cualquier par de medias que exceda una mínima diferencia significativa se considera significativa en el nivel de significación utilizado para calcular la DMS (Daniel, 1996, pág. 368).

1.5.5. Prueba de Friedman.

Cuando no se satisfacen las suposiciones necesarias para el análisis paramétrico de varianza, porque la escala de medición que se utiliza es “frágil”, se utiliza la prueba de Friedman. Esta prueba es conveniente siempre que los datos se midan, al menos, en una escala ordinal y puedan disponerse significativamente en una clasificación bilateral (Daniel, 1996, pág. 708).

1.5.6. Prueba de Wilcoxon.

La prueba de Wilcoxon utiliza las magnitudes de las diferencias entre las mediciones y un parámetro de ubicación según una hipótesis en lugar de los signos de las diferencias. Wilcoxon se basa en las suposiciones sobre los datos cuando, la muestra aleatoria, la variable es continua, la población se distribuye simétricamente alrededor de su media y la escala de medición es al menos de intervalos (Daniel, 1996, pág. 710).

2. Materiales y Métodos

2.1. Lugar de experimentación

2.1.1. Duración.

El presente trabajo experimental tuvo una duración de 130 días, iniciando el 01 de septiembre del 2017 al 09 de enero del 2018, desde la obtención del material e instalación del experimento, hasta su obtención del producto final.

2.1.2. Ubicación.

El presente trabajo de tesis se llevó a cabo en una etapa completa de campo en el Área de compostaje de la Empresa GEOEDEN ubicado en el anexo Buena Vista, distrito de Sama Las Yaras, departamento de Tacna.

2.1.3. Material orgánico.

A. Fracción orgánica de residuos sólidos urbanos.

El material orgánico constituyó la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (foRSU), recolectada en el distrito de Sama Las Yaras. Dicha fracción estaba constituida por cáscaras de frutas, restos de verduras, restos de la preparación de alimentos, hojas secas, gallinaza, rastros de maleza y ceniza, todo debidamente homogenizado antes de su utilización.

B. Estiércol.

El estiércol a utilizar en el proceso fue de ganado vacuno, ovino, avícola y de cuyes, todo homogenizado para su posterior aplicación.

2.2. Diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones haciendo un total de 12 pilas. El tratamiento A fue hecho con fracción orgánica troceada y

agregado de estiércol, el tratamiento B se hizo con fracción orgánica troceada y el tratamiento C se hizo con fracción orgánica sin trocear agregando estiércol.

Mediante este diseño experimental se evaluó los parámetros de temperatura y pH, con la finalidad de observar diferencias estadísticamente significativas en los tres tipos de tratamientos y comprobar la duración de cada uno de los mismos en el proceso de compostaje.

Tabla 1
Distribución de las pilas de compostaje en función al diseño experimental de bloques al azar

| | Tratamiento A | Tratamiento B | Tratamiento C |
|------------|---------------|---------------|---------------------------|
| | (T+E) * | (T) ** | (E ^{sin} /T) *** |
| BLOQUE I | A1 | B1 | C1 |
| BLOQUE II | A2 | B2 | C2 |
| BLOQUE III | A3 | B3 | C3 |
| BLOQUE IV | A4 | B4 | C4 |

* foRSU troceados más agregado de estiércol

** foRSU troceados

*** foRSU mas agregado de estiércol y sin trocear

Fuente: Elaboración propia

2.3. Análisis estadístico

En Base al diseño experimental y los objetivos planteados, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), de diseño de bloques completos al azar o aleatorizados. Para ello, se utilizó el software SPSS v.22.

Para analizar la distribución normal de los datos se utilizó la prueba de Shapiro Wilk, tanto para los datos de los parámetros de temperatura como de pH, para lograr el objetivo del presente trabajo. Cuando los datos no cumplieron la distribución normal, se recurrió a la estadística no paramétrica, utilizando la prueba de Friedman y la Prueba de Wilcoxon.

2.4. Proceso de compostaje (manejo del experimento)

2.4.1. Preparación del área de compostaje.

El 01 de septiembre del 2017 se hizo la preparación del área, con la nivelación, se trazó los espacios para los tratamientos.

2.4.2. Recolección de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos.

Desde el 03 de septiembre hasta el 08 de septiembre del 2017, se recolectó de las casas, lotes y mercado de distrito de Sama Las Yaras. Para esto, previamente, se informó al poblador sobre la presente investigación y se le brindo bolsas especiales para que separe los desperdicios orgánicos, posteriormente en los días siguientes, se le visitó nuevamente y se recogió la bolsa con la fracción orgánica, la cual fue llevada al área del experimento.

2.4.3. Recolección del Estiércol.

El 07 de septiembre del 2017 se recolectó el estiércol, fue recolectado de una granja familiar en el distrito de Calana, donde este, se encontraba mezclado, amontonado y seco, la recolección fue hecha en sacos de polietileno con pala y el 08 de septiembre del 2017 en horas de la tarde se trasladó al área de experimento conservándose en un lugar fresco y seco hasta el momento que inició el proceso.

2.4.4. Troceado de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos.

En el material recolectado del experimento, se procedió a trocear a un tamaño de 5 a 7 cm aproximadamente, realizándose el picado con machete y tijeras de poda, de forma manual.

2.4.5. Construcción de las pilas.

El 10 de septiembre del 2017 se preparó las pilas del material para elaborar el compost. Se preparó pilas de 100 cm x 150 cm y 100 cm de altura, en relación de 2:1. El tratamiento A (T+E) se formó de dos partes de fracción orgánica troceada y una parte de estiércol, usando sacos como

medida. El tratamiento B (T) se conformó de tres partes de fracción orgánica troceada y el tratamiento C (E^{sin}/T) de dos partes de fracción orgánica sin trocear y una parte de estiércol. Construyéndose un total de 12 pilas para el seguimiento del experimento.

2.4.6. Riegos.

Los riegos se realizaron primeramente al momento de la instalación de las pilas y posteriormente cada 7 días hasta la culminación del experimento. Se buscó mantener húmedas las pilas sin llegar al encharcamiento, lo que se controló con la técnica del puño durante todo el proceso.

2.4.7. Cubrimiento de las pilas.

Cada una de las pilas experimentales se cubrió con malla Raschel de 2 mm de color verde oscuro y negro, con la finalidad de proteger el material orgánico de la lluvia, conservar la temperatura y la humedad.

2.4.8. Volteos.

Los volteos fueron realizados cada 7 días, desde el día uno del proyecto hasta la terminación del mismo, para lo cual se utilizó palas, rastrillo y escoba.

2.5. Parámetros evaluados

2.5.1. Temperatura.

Se registró la temperatura cada 3 y 4 días, desde el momento de la instalación de las pilas el día 10 de septiembre hasta culminado el experimento. Se midió la temperatura de acuerdo a lo planteado por Leal, Madrid, & Chandler (1994), a 25 cm de la superficie, en tres puntos distintos de la pila de compostaje. Se introdujo una varilla para contrarrestar la posible compactación del material y se introdujo un termómetro ambiental de vidrio de mercurio con escala de 0 a 110 °C durante 3 minutos, luego se procedió a la lectura correspondiente.

2.5.2. Número de días a la obtención del compost.

Se contabilizó el número de días, desde el primer día después de la instalación de las pilas (10 de septiembre), hasta el día de la obtención del producto.

2.5.3. pH.

Se registró el pH cada 3 y 4 días, desde el momento de la instalación de las pilas el día 10 de septiembre hasta culminado el experimento. Se midió el pH de acuerdo a Cantanhede, Monge, & Whorwood (1993), con el método de la cinta y se tomaron muestras de la superficie y el centro de la pila de 50 g cada una. Se depositó en un beaker añadiendo 200 ml de agua destilada luego se homogenizó y se dejó reposar 15 minutos. Cuando concluyó el tiempo, se filtró la muestra con papel indicador MERCK de 0 a 14 y se obtuvo el valor pH comparándolo con la carta de colores.

3. Resultados

3.1. Temperaturas

3.1.1. Temperatura en grados Celsius (°C) al día 1.

Tabla 2
Temperaturas en los tres tipos de tratamientos al día 1

| Bloque | Tratamientos | | | Sumatoria de Temperaturas (°C) |
|----------|--------------|----------|-----------------------------|--------------------------------|
| | A (T+E) * | B (T) ** | C (E ^{sin} /T) *** | |
| | (°C) | (°C) | (°C) | |
| I | 62,67 | 48,00 | 52,67 | 163,34 |
| II | 61,33 | 54,67 | 53,00 | 169,00 |
| III | 60,67 | 60,67 | 53,33 | 174,67 |
| IV | 62,67 | 51,33 | 51,00 | 165,00 |
| Σ | 247,34 | 214,67 | 210,00 | 672,01 |
| Promedio | 61,84 | 53,67 | 52,50 | 56,00 |

* foRSU Troceados más agregado de Estiércol

** foRSU Troceados

*** foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

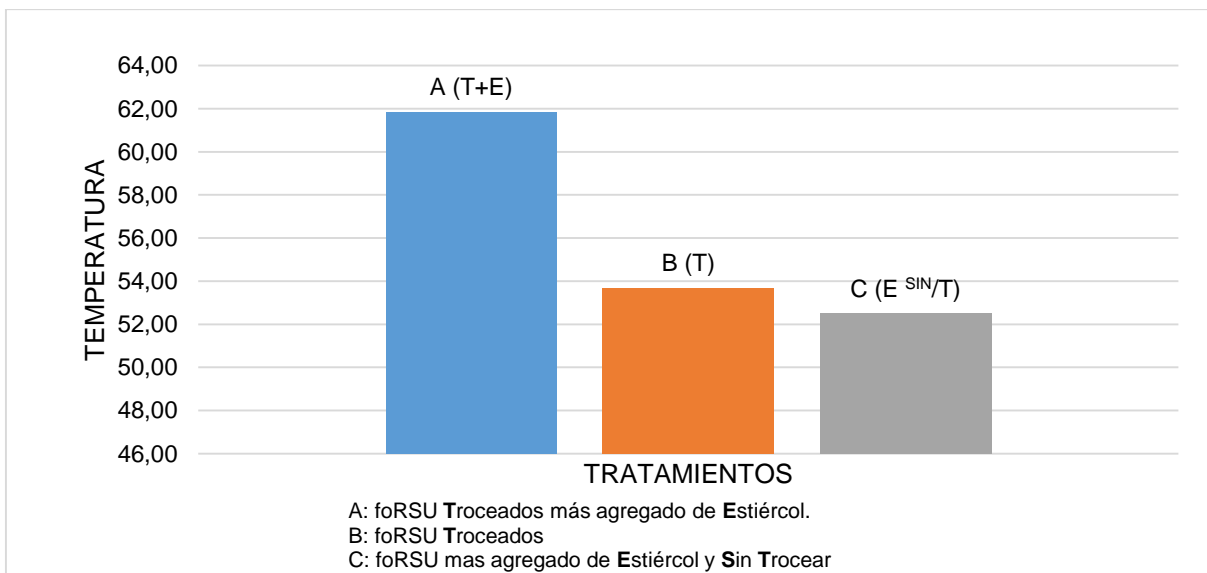


Figura 1. Temperaturas al día 1 según tratamientos. Fuente: Tabla 2

Interpretación:

La tabla 2 y la figura 1 indican la superioridad en temperatura del tratamiento A (T + E), por encima de los tratamientos, B (T) y C (E^{sin}/T), durante el proceso de compostaje, al día uno del experimento. Dicha superioridad expresa una mayor eficacia en el tratamiento, ya que su fase termófila es mucho más alta, lo que asegura una buena higienización de la pila.

Tabla 3
Análisis de varianza (ANOVA) para las temperaturas en los tratamientos al día 1

| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F | p valor |
|------------------|-------------------------------|----|---------------------|----------|---------|
| Modelo corregido | 232,353 ^a | 5 | 46,471 | 4,074 | 0,058 |
| Interceptación | 37633,120 | 1 | 37633,120 | 3298,861 | 0,000 |
| Bloque | 25,401 | 3 | 8,467 | 0,742 | 0,565 |
| Tratamiento | 206,951 | 2 | 103,476 | 9,071 | 0,015 |
| Error | 68,447 | 6 | 11,408 | | |
| Total | 37933,920 | 12 | | | |
| Total corregido | 300,800 | 11 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

La tabla 3 muestra que existe una diferencia estadística significativa al 95% de certeza para el tratamiento, con un valor p (significancia) de 0,015.

Tabla 4

Prueba de Tukey para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 1

| Prueba | (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | p valor | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------|--------------------|--------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Tukey | A | B | 8,1675* | 0,033 | 0,8396 | 15,4954 |
| | | C | 9,3350* | 0,019 | 2,0071 | 16,6629 |
| | B | A | -8,1675* | 0,033 | -15,4954 | -0,8396 |
| | | C | 1,1675 | 0,879 | -6,1604 | 8,4954 |
| | C | A | -9,3350* | 0,019 | -16,6629 | -2,0071 |
| | | B | -1,1675 | 0,879 | -8,4954 | 6,1604 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo a la prueba Tukey, comparando el parámetro temperatura: el tratamiento A (T+E) tiene una media superior al tratamiento B (T) con un valor p (significancia) de 0,033 y al tratamiento C (E^{sin}/T) con un valor p (significancia) de 0,019.

De igual manera, el tratamiento B (T) tiene una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento C (E^{sin}/T). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,879$). Por lo que ambos tratamientos no difieren en eficiencia con respecto a sus temperaturas.

Tabla 5

Prueba de DMS para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 1

| Prueba | (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | p valor | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------|--------------------|--------------------|-------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| DMS | A | B | 8,1675* | 0,014 | 2,3236 | 14,0114 |
| | | C | 9,3350* | 0,008 | 3,4911 | 15,1789 |
| | B | A | -8,1675* | 0,014 | -14,0114 | -2,3236 |
| | | C | 1,1675 | 0,642 | -4,6764 | 7,0114 |
| | C | A | -9,3350* | 0,008 | -15,1789 | -3,4911 |
| | | B | -1,1675 | 0,642 | -7,0114 | 4,6764 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo a la prueba DMS, comparando el parámetro temperatura: el tratamiento A (T+E) tiene una media superior al tratamiento B (T) con un valor p (significancia) de 0,014 y al tratamiento C (E^{sin}/T) con un valor p (significancia) de 0,008.

Seguidamente, el tratamiento B (T) tiene una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento C (E^{sin}/T). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,642$). Prueba de que ambos tratamientos no difieren en eficiencia con respecto a sus temperaturas.

Por lo tanto, el orden de mérito de los tratamientos de acuerdo a su eficacia, al día 1 son: en primer lugar, el tratamiento A (T + E), en segundo lugar, el tratamiento B (T) y, en tercer lugar, el tratamiento C (E^{sin}/T).

Tabla 6
Orden de mérito de los tratamientos según su temperatura al día 1

| Orden de mérito | Tratamientos | Temperatura media (°C) |
|-----------------|--------------|------------------------|
| 1 | A | 61,84 |
| 2 | B | 53,67 |
| 3 | C | 52,50 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol
 B: foRSU Troceados
 C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear
 Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Temperatura en grados Celsius (°C) al día 5.

Tabla 7
Temperatura en los tres tipos de tratamientos al día 5

| Bloque | Tratamientos | | | Sumatoria de Temperaturas (°C) |
|----------|----------------|---------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | A (T+E) * (°C) | B (T) ** (°C) | C (E ^{sin/T}) *** (°C) | |
| I | 55,33 | 46,33 | 38,67 | 140,33 |
| II | 51,33 | 47,33 | 38,00 | 136,66 |
| III | 50,33 | 38,67 | 38,67 | 127,67 |
| IV | 53,67 | 38,00 | 38,33 | 130,00 |
| Σ | 210,66 | 170,33 | 153,67 | 534,66 |
| Promedio | 52,67 | 42,58 | 38,42 | 44,56 |

* foRSU Troceados más agregado de Estiércol
 ** foRSU Troceados
 *** foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear
 Fuente: elaboración propia

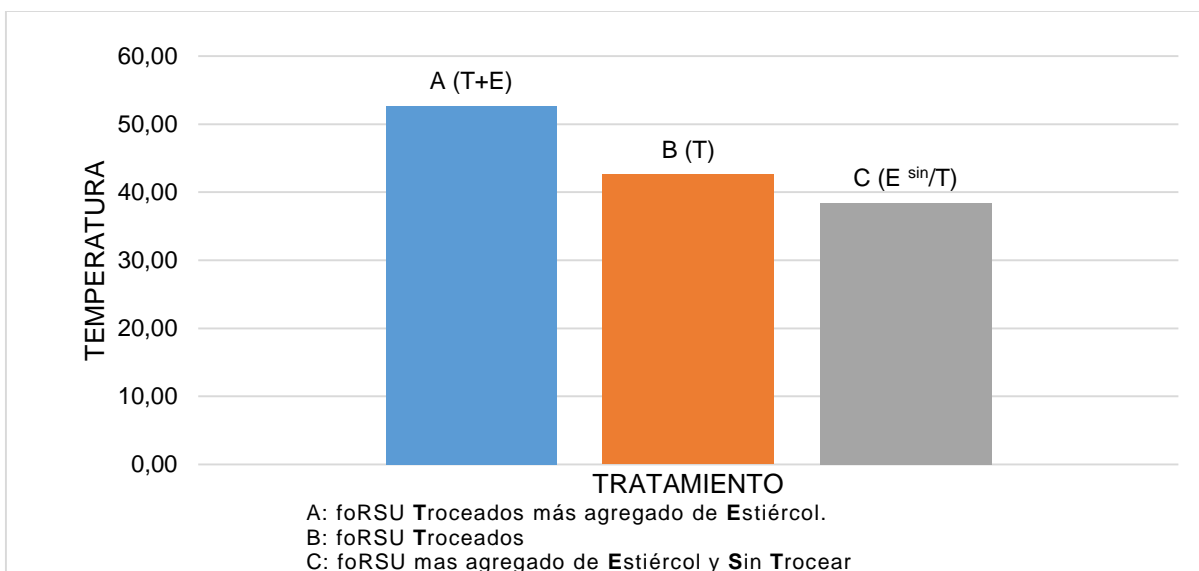


Figura 2. Temperaturas al día 5 según tratamientos. Fuente: Tabla 7

Interpretación:

La tabla 7 y la figura 2 indican una superioridad en temperatura del tratamiento A (T + E), por encima de los tratamientos, B (T) y C (E sin/T), durante el proceso de compostaje, al día cinco del experimento. Dicha superioridad demuestra que aún sigue en fase termófila a comparación de los otros dos tratamientos que ya pasaron a la fase mesófila de enfriamiento.

Tabla 8

Análisis de varianza (ANOVA) para las temperaturas en los tratamientos al día 5

| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F | p valor |
|------------------|-------------------------------|----|---------------------|----------|---------|
| Modelo corregido | 463,582 ^a | 5 | 92,716 | 10,247 | 0,007 |
| Interceptación | 23821,776 | 1 | 23821,776 | 2632,686 | 0,000 |
| Bloque | 34,255 | 3 | 11,418 | 1,262 | 0,368 |
| Tratamiento | 429,327 | 2 | 214,664 | 23,724 | 0,001 |
| Error | 54,291 | 6 | 9,048 | | |
| Total | 24339,649 | 12 | | | |
| Total corregido | 517,873 | 11 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

La tabla 8 muestra que existe una diferencia estadística significativa al 95% de certeza para el tratamiento, con un valor p (significancia) de 0,001.

Tabla 9

Prueba de Tukey para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 5

| Prueba | (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | p valor | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------|--------------------|--------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Tukey | A | B | 10,0825* | 0,008 | 3,5562 | 16,6088 |
| | | C | 14,2475* | 0,001 | 7,7212 | 20,7738 |
| | B | A | -10,0825* | 0,008 | -16,6088 | -3,5562 |
| | | C | 4,1650 | 0,203 | -2,3613 | 10,6913 |
| | C | A | -14,2475* | 0,001 | -20,7738 | -7,7212 |
| | | B | -4,1650 | 0,203 | -10,6913 | 2,3613 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo a la prueba Tukey, comparando el parámetro temperatura: el tratamiento A (T+E) tiene una media superior al tratamiento B (T) con un valor p (significancia) de 0,008 y al tratamiento C (E^{sin}/T) con un valor p (significancia) de 0,001.

De igual manera, el tratamiento B (T) tiene una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento C (E^{sin}/T). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,203$). Por lo que según la prueba de Tukey, ambos tratamientos no difieren en eficiencia con respecto a sus temperaturas.

Tabla 10

Prueba de DMS para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 5

| Prueba | (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | p valor | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------|--------------------|--------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| DMS | A | B | 10,0825* | 0,003 | 4,8779 | 15,2871 |
| | | C | 14,2475* | 0,001 | 9,0429 | 19,4521 |
| | B | A | -10,0825* | 0,003 | -15,2871 | -4,8779 |
| | | C | 4,1650 | 0,098 | -1,0396 | 9,3696 |
| | C | A | -14,2475* | 0,001 | -19,4521 | -9,0429 |
| | | B | -4,1650 | 0,098 | -9,3696 | 1,0396 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo a la prueba DMS, comparando el parámetro temperatura: el tratamiento A (T+E) tiene una media superior al tratamiento B (T) con un valor p (significancia) de 0,003 y al tratamiento C (E^{sin}/T) con un valor p (significancia) de 0,001.

Seguidamente, el tratamiento B (T) tiene una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento C (E^{sin}/T). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,098$). Por lo que según la prueba de DMS, ambos tratamientos no difieren en eficiencia con respecto a sus temperaturas.

Por tanto, el orden de mérito de los tratamientos de acuerdo a su eficacia al día 5 son: en primer lugar, el tratamiento A (T + E), en segundo lugar, el tratamiento B (T) y, en tercer lugar, el tratamiento C (E^{sin}/T).

Tabla 11
Orden de mérito de los tratamientos según temperatura al día 5

| Orden de mérito | Tratamientos | Temperatura media (°C) |
|-----------------|--------------|------------------------|
| 1 | A | 52,67 |
| 2 | B | 42,58 |
| 3 | C | 38,42 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Temperatura en grados Celsius (°C) al día 12.

Tabla 12
Temperaturas en los tres tipos de tratamientos al día 12

| Bloque | Tratamientos | | | Sumatoria de Temperaturas (°C) |
|----------|-------------------|------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| | A (T+E) * (°C) | B (T) ** (°C) | C (E ^{sin} /T) *** (°C) | |
| I | 29,67 | 30,00 | 24,67 | 84,34 |
| II | 38,33 | 34,33 | 30,00 | 102,66 |
| III | 28,33 | 27,67 | 25,67 | 81,67 |
| IV | 38,00 | 29,67 | 27,00 | 94,67 |
| Σ | 134,33 | 121,67 | 107,34 | 363,34 |
| PROMEDIO | 33,58 | 30,42 | 26,84 | 30,28 |

* foRSU Troceados más agregado de Estiércol

** foRSU Troceados

*** foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

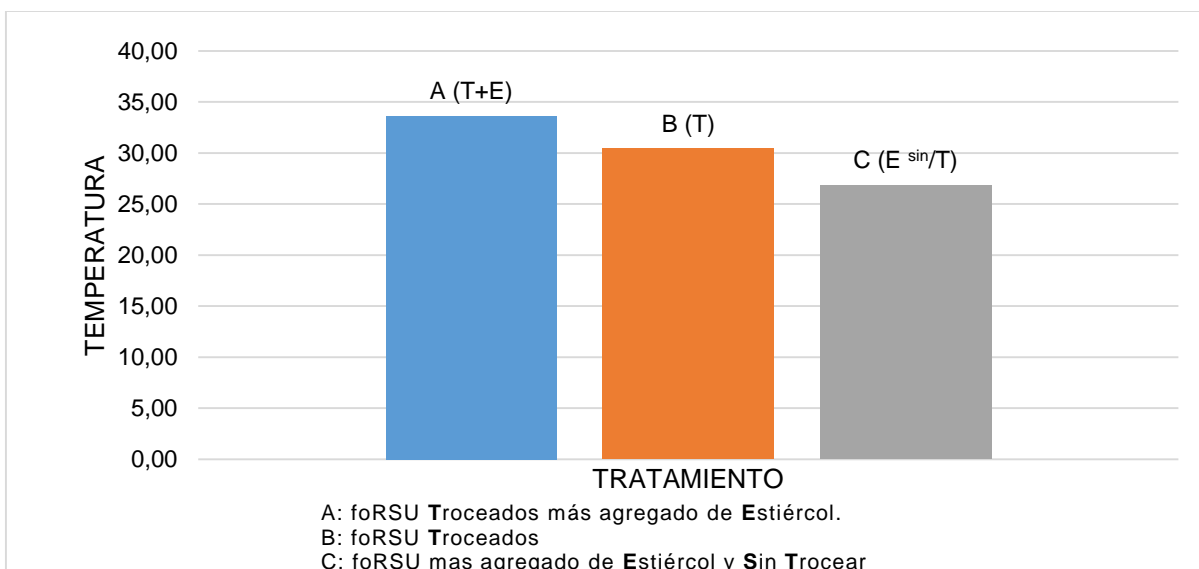


Figura 3. Temperaturas al día 12 según tratamientos. Fuente: Tabla 12

Interpretación:

La tabla 12 y la figura 3 indican aun una superioridad en temperatura del tratamiento A (T + E), por encima de los tratamientos, B (T) y C (E^{sin}/T), durante el proceso de compostaje, al día 12 del experimento. Sin embargo, la diferencia presentada no supera los 3 grados con respecto al segundo. A este día de control los tres tratamientos ya se encuentran en fase mesófila de enfriamiento.

Tabla 13

Análisis de varianza (ANOVA) para las temperaturas en los tratamientos al día 12

| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F | p valor |
|------------------|-------------------------------|----|---------------------|----------|---------|
| Modelo corregido | 184,747 ^a | 5 | 36,949 | 7,139 | 0,016 |
| Interceptación | 11001,330 | 1 | 11001,330 | 2125,554 | 0,000 |
| Bloque | 93,573 | 3 | 31,191 | 6,026 | 0,031 |
| Tratamiento | 91,174 | 2 | 45,587 | 8,808 | 0,016 |
| Error | 31,054 | 6 | 5,176 | | |
| Total | 11217,131 | 12 | | | |
| Total corregido | 215,802 | 11 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

La tabla 13 muestra que existe una diferencia estadística significativa al 95% de certeza para el tratamiento, con un valor p (significancia) de 0,016.

Tabla 14

Prueba de Tukey para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 12

| Prueba | (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | p valor | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------|--------------------|--------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Tukey | A | B | 3,1650 | 0,201 | -1,7709 | 8,1009 |
| | | C | 6,7475* | 0,014 | 1,8116 | 11,6834 |
| | B | A | -3,1650 | 0,201 | -8,1009 | 1,7709 |
| | | C | 3,5825 | 0,145 | -1,3534 | 8,5184 |
| | C | A | -6,7475* | 0,014 | -11,6834 | -1,8116 |
| | | B | -3,5825 | 0,145 | -8,5184 | 1,3534 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo a la prueba Tukey, comparando el parámetro temperatura: el tratamiento A (T+E) tiene una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento B (T). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,201$); mas al comparar con el tratamiento C (E^{sin}/T), presenta una media superior con un valor p (significancia) de 0,014.

De igual manera el tratamiento B (T) tiene una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento C (E^{sin}/T). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,145$). Por lo que ambos tratamientos no difieren con respecto a sus temperaturas.

Tabla 15

Prueba de DMS para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 12

| Prueba | (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | p valor | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------|--------------------|--------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| DMS | A | B | 3,1650 | 0,097 | -0,7713 | 7,1013 |
| | | C | 6,7475* | 0,006 | 2,8112 | 10,6838 |
| | B | A | -3,1650 | 0,097 | -7,1013 | 0,7713 |
| | | C | 3,5825 | 0,068 | -0,3538 | 7,5188 |
| | C | A | -6,7475* | 0,006 | -10,6838 | -2,8112 |
| | | B | -3,5825 | 0,068 | -7,5188 | 0,3538 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo a la prueba DMS, comparando el parámetro temperatura: el tratamiento A (T+E) tiene una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento B (T). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,097$); mas al comparar con el tratamiento C (E^{sin}/T), presenta una media superior con un valor p (significancia) de 0,006.

Seguidamente, el tratamiento B (T) tiene una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento C (E^{sin}/T). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,068$). Por lo que ambos tratamientos no difieren con respecto a sus temperaturas.

Por tanto, los órdenes de mérito de los tratamientos de acuerdo a su eficacia al día 12 son: en primer lugar, el tratamiento A (T + E), en segundo lugar, el tratamiento B (T) y, en tercer lugar, el tratamiento C (E^{sin}/T).

Tabla 16
Orden de mérito de los tratamientos según temperatura al día 12

| Orden de mérito | Tratamientos | Temperatura media (°C) |
|-----------------|--------------|------------------------|
| 1 | A | 33,58 |
| 2 | B | 30,42 |
| 3 | C | 26,84 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

3.1.4. Temperatura en grados Celsius (°C) al día 19.

Tabla 17
Temperatura de los tres tipos de tratamientos al día 19

| Bloque | Tratamientos | | | Sumatoria de Temperaturas (°C) |
|----------|----------------|---------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | A (T+E) * (°C) | B (T) ** (°C) | C (E ^{sin/T}) *** (°C) | |
| I | 31,67 | 25,33 | 26,67 | 83,67 |
| II | 32,67 | 24,67 | 24,67 | 82,01 |
| III | 30,33 | 24,00 | 25,67 | 80,00 |
| IV | 32,00 | 26,67 | 26,33 | 85,00 |
| Σ | 126,67 | 100,67 | 103,34 | 330,68 |
| Promedio | 31,67 | 25,17 | 25,84 | 27,56 |

* foRSU Troceados más agregado de Estiércol

** foRSU Troceados

*** foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

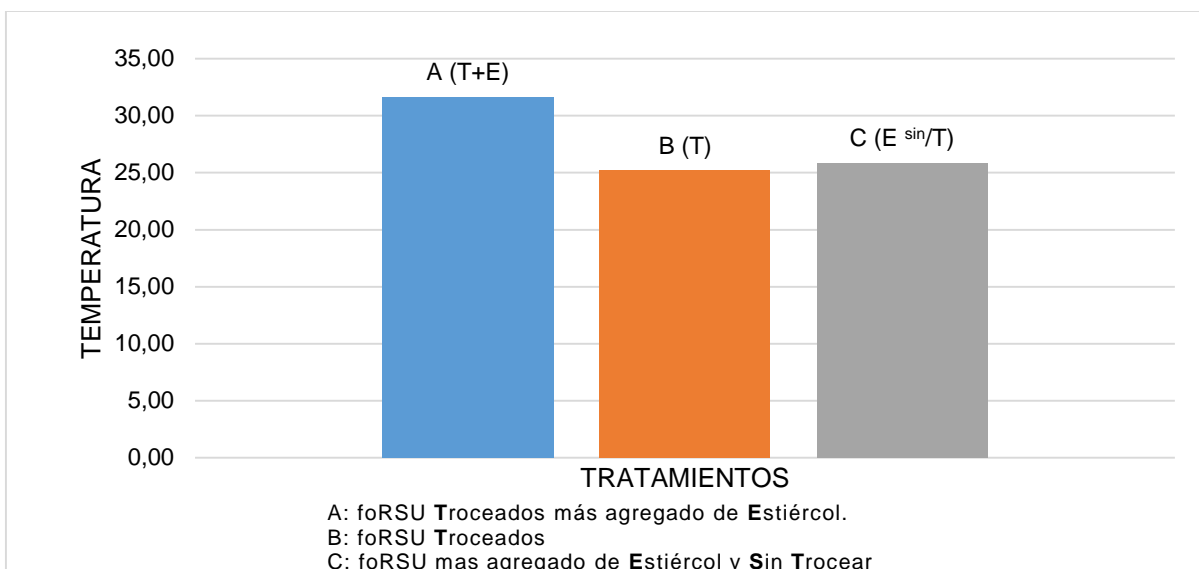


Figura 4. Temperaturas al día 19 según tratamientos. Fuente: Tabla 17

Interpretación:

La tabla 17 y la figura 4 indican superioridad en temperatura del tratamiento A (T + E), por encima de los tratamientos, B (T) y C (E sin/T), durante el proceso de compostaje, al día 19 del experimento. Dicha superioridad demuestra que aún sigue en fase mesófila de enfriamiento a comparación de los otros dos tratamientos que ya pasaron a la fase de maduración.

Tabla 18

Análisis de varianza (ANOVA) para las temperaturas en los tratamientos al día 19

| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F | p valor |
|------------------|-------------------------------|----|---------------------|-----------|---------|
| Modelo corregido | 106,949 ^a | 5 | 21,390 | 28,768 | 0,000 |
| Interceptación | 9112,439 | 1 | 9112,439 | 12255,634 | 0,000 |
| Bloque | 4,664 | 3 | 1,555 | 2,091 | 0,203 |
| Tratamiento | 102,285 | 2 | 51,142 | 68,783 | 0,000 |
| Error | 4,461 | 6 | 0,744 | | |
| Total | 9223,849 | 12 | | | |
| Total corregido | 111,410 | 11 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

La tabla 18 muestra que existe una diferencia estadística significativa al 95% de certeza para el tratamiento, con un valor p (significancia) de 0,001.

Tabla 19

Prueba de Tukey para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 19

| Prueba | (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | p valor | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------|--------------------|-----------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Tukey | A | B | 6,5000* | 0,000 | 4,6292 | 8,3708 |
| | | C | 5,8325* | 0,000 | 3,9617 | 7,7033 |
| | B | A | -6,5000* | 0,000 | -8,3708 | -4,6292 |
| | | C | -0,6675 | 0,551 | -2,5383 | 1,2033 |
| | C | A | -5,8325* | 0,000 | -7,7033 | -3,9617 |
| | | B | 0,6675 | 0,551 | -1,2033 | 2,5383 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo a la prueba Tukey, comparando el parámetro temperatura: el tratamiento A (T+E) tiene una media superior al tratamiento B (T) con un valor p (significancia) de 0,001 y al tratamiento C (E^{sin}/T) con un valor p (significancia) de 0,001.

De igual manera, el tratamiento C (E^{sin}/T) es el que presenta una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento B (T). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,551$). Por lo que ambos tratamientos no difieren en eficiencia con respecto a sus temperaturas.

Tabla 20

Prueba de DMS para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 19

| Prueba | (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | p valor | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------|--------------------|--------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| DMS | A | B | 6,5000* | 0,000 | 5,0081 | 7,9919 |
| | | C | 5,8325* | 0,000 | 4,3406 | 7,3244 |
| | B | A | -6,5000* | 0,000 | -7,9919 | -5,0081 |
| | | C | -0,6675 | 0,316 | -2,1594 | 0,8244 |
| | C | A | -5,8325* | 0,000 | -7,3244 | -4,3406 |
| | | B | 0,6675 | 0,316 | -0,8244 | 2,1594 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo a la prueba DMS, comparando el parámetro temperatura: el tratamiento A (T+E) tiene una media superior al tratamiento B (T) con un valor p (significancia) de 0,001 y al tratamiento C (E^{sin}/T) con un valor p (significancia) de 0,001.

Por lo mismo, el tratamiento C (E^{sin}/T) tiene una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento B (T). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,316$). Por lo que ambos tratamientos no difieren en eficiencia con respecto a sus temperaturas.

Por lo tanto, los órdenes de mérito de los tratamientos de acuerdo a su eficacia son: en primer lugar, el tratamiento A (T+E), en segundo lugar, el tratamiento C (E^{sin}/T) y, en tercer lugar, el tratamiento B (T).

Tabla 21
Orden de mérito de los tratamientos según temperatura al día 19

| Orden de mérito | Tratamientos | Temperatura media (°C) |
|-----------------|--------------|------------------------|
| 1 | A | 31,67 |
| 2 | C | 25,84 |
| 3 | B | 25,17 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol
 B: foRSU Troceados
 C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear
 Fuente: Elaboración propia

3.1.5. Temperatura en grados Celsius (°C) al día 26.

Tabla 22
Temperatura en los tres tipos de tratamientos al día 26

| Bloque | Tratamientos | | | Sumatoria de Temperaturas (°C) |
|----------|-------------------|------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| | A (T+E) * (°C) | B (T) ** (°C) | C (E ^{sin/T}) *** (°C) | |
| I | 26,67 | 26,33 | 23,67 | 76,67 |
| II | 24,67 | 23,33 | 23,33 | 71,33 |
| III | 27,33 | 24,33 | 24,00 | 75,66 |
| IV | 28,00 | 23,33 | 23,00 | 74,33 |
| Σ | 106,67 | 97,32 | 94,00 | 297,99 |
| Promedio | 26,67 | 24,33 | 23,50 | 24,83 |

* foRSU Troceados más agregado de Estiércol
 ** foRSU Troceados
 *** foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear
 Fuente: Elaboración propia

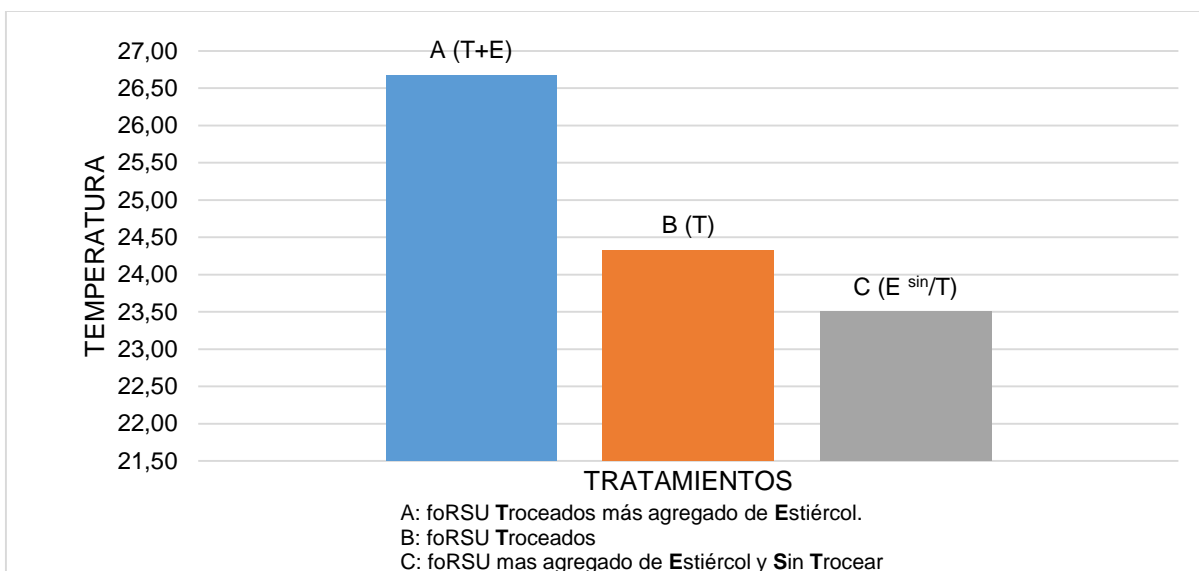


Figura 5. Temperaturas al día 26 según tratamientos. Fuente: Tabla 22

Interpretación:

La tabla 22 y la figura 5 indican superioridad en temperatura del tratamiento A (T + E), por encima de los tratamientos, B (T) y C (E^{sin}/T), durante el proceso de compostaje, al día 26 del experimento. Con esta superioridad se encuentra en los límites inferiores de la fase mesófila de enfriamiento, los tratamientos solo troceado y solo estiércol presentan una temperatura cerca a la temperatura ambiente.

Tabla 23

Análisis de varianza (ANOVA) para las temperaturas en los tratamientos al día 26

| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F | p valor |
|------------------|-------------------------------|----|---------------------|----------|---------|
| Modelo corregido | 26,959 ^a | 5 | 5,392 | 4,381 | 0,050 |
| Interceptación | 7399,837 | 1 | 7399,837 | 6012,176 | 0,000 |
| Bloque | 5,377 | 3 | 1,792 | 1,456 | 0,317 |
| Tratamiento | 21,581 | 2 | 10,791 | 8,767 | 0,017 |
| Error | 7,385 | 6 | 1,231 | | |
| Total | 7434,180 | 12 | | | |
| Total corregido | 34,343 | 11 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

La tabla 23 muestra que existe una diferencia estadística significativa al 95% de certeza para el tratamiento, con un valor p (significancia) de 0,017.

Tabla 24

Prueba de Tukey para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 26

| Prueba | (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | p valor | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------|--------------------|--------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Tukey | A | B | 2,3375 | 0,056 | -0,0695 | 4,7445 |
| | | C | 3,1675* | 0,016 | 0,7605 | 5,5745 |
| | B | A | -2,3375 | 0,056 | -4,7445 | 0,0695 |
| | | C | 0,8300 | 0,571 | -1,5770 | 3,2370 |
| | C | A | -3,1675* | 0,016 | -5,5745 | -0,7605 |
| | | B | -0,8300 | 0,571 | -3,2370 | 1,5770 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo a la prueba Tukey, comparando el parámetro temperatura: el tratamiento A (T+E) tiene una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento B (T). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,056$); mas al comparar con el tratamiento C (E^{sin}/T), presenta una media superior con un valor p (significancia) de 0,016.

De la misma manera, vuelve el tratamiento B (T), a tener una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento C (E^{sin}/T). Por lo que, esta diferencia no es estadísticamente

significativa ($p = 0,571$). En consecuencia, ambos tratamientos no difieren con respecto a sus temperaturas.

Tabla 25

Prueba de DMS para determinar diferencias en las temperaturas de los tres tratamientos al día 26

| Prueba | (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | p valor | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------|--------------------|--------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| DMS | A | B | 2,3375* | 0,025 | 0,4180 | 4,2570 |
| | | C | 3,1675* | 0,007 | 1,2480 | 5,0870 |
| | B | A | -2,3375* | 0,025 | -4,2570 | -0,4180 |
| | | C | 0,8300 | 0,331 | -1,0895 | 2,7495 |
| | C | A | -3,1675* | 0,007 | -5,0870 | -1,2480 |
| | | B | -0,8300 | 0,331 | -2,7495 | 1,0895 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo a la prueba DMS, comparando el parámetro temperatura: el tratamiento A (T+E) tiene una media superior al tratamiento B (T), con un valor p (significancia) de 0,025 y al tratamiento C (E^{sin}/T) con un valor p (significancia) de 0,007.

Seguidamente, el tratamiento B (T) tiene una diferencia de medias mínimamente superior al tratamiento C (E^{sin}/T). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,331$). Por lo que ambos tratamientos no difieren con respecto a sus temperaturas.

Por lo tanto, los órdenes de mérito de los tratamientos de acuerdo a su eficacia son: en primer lugar, el tratamiento A (T + E), en segundo lugar, el tratamiento B (T) y, en tercer lugar, el tratamiento C (E^{sin}/T).

Tabla 26
Orden de mérito de los tratamientos según temperatura al día 26

| Orden de mérito | Tratamientos | Temperatura media (°C) |
|-----------------|--------------|------------------------|
| 1 | A | 26,67 |
| 2 | B | 24,33 |
| 3 | C | 23,50 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

3.1.6. Prueba de significancia de las temperaturas desde el día 30 al 131.

La distribución de los datos obtenidos para la temperatura desde el día 30 del experimento hasta el día 131, no tuvieron una distribución normal de acuerdo a la prueba de Shapiro Wilk ($p < 0,05$) los resultados de esta prueba de normalidad se muestran en el apéndice (apéndice E).

De forma complementaria se utilizaron pruebas estadísticas no paramétricas (Prueba de Friedman y Wilcoxon) para los datos de estos días. A continuación, en la tabla 27, se muestran los valores p para las pruebas anteriormente mencionada.

Tabla 27
Significancia estadística de la temperatura en los tres tipos de tratamiento desde el día 30 al 131

| Control | Prueba Friedman | Prueba Wilcoxon | | |
|---------|-----------------|-----------------|-----------|---|
| | | A | B | |
| Día 33 | p = 0,018 | p = 0,068 | - | B |
| | | p = 0,068 | p = 0,066 | C |
| Día 40 | p = 0,022 | p = 0,066 | - | B |
| | | p = 0,102 | p = 0,066 | C |
| Día 47 | p = 0,085 | - | - | B |
| | | - | - | C |
| Día 54 | p = 0,038 | p = 0,066 | - | B |
| | | p = 0,068 | p = 0,285 | C |

| | | | | |
|---------|-----------|------------------------|----------------|--------|
| Día 61 | p = 0,038 | p = 0,066 p = 0,059 | - p = 0,785 | B C |
| Día 68 | p = 0,030 | p = 0,068 p = 0,102 | - p = 0,109 | B C |
| Día 75 | p = 0,018 | p = 0,066 p = 0,068 | - p = 0,066 | B C |
| Día 82 | p = 0,018 | p = 0,066 p = 0,068 | - p = 0,066 | B C |
| Día 89 | p = 0,022 | p = 0,063 p = 0,102 | - p = 0,066 | B C |
| Día 96 | p = 0,247 | - - | - - | B C |
| Día 103 | p = 0,050 | p = 0,063 p = 0,063 | - p = 1,000 | B C |
| Día 110 | p = 0,018 | p = 0,063 p = 0,063 | - p = 0,046 | B C |
| Día 117 | p = 0,751 | - - | - - | B C |
| Día 124 | p = 0,022 | p = 0,063 p = 0,059 | - p = 0,102 | B C |
| Día 131 | p = 0,018 | p = 0,046 p = 1,000 | - p = 0,046 | B C |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las figuras de temperatura del proceso completo de compostaje para los tres tipos de tratamiento por bloques. Los datos numéricos para la elaboración de estas figuras se encuentran en el apéndice (apéndice F al I).

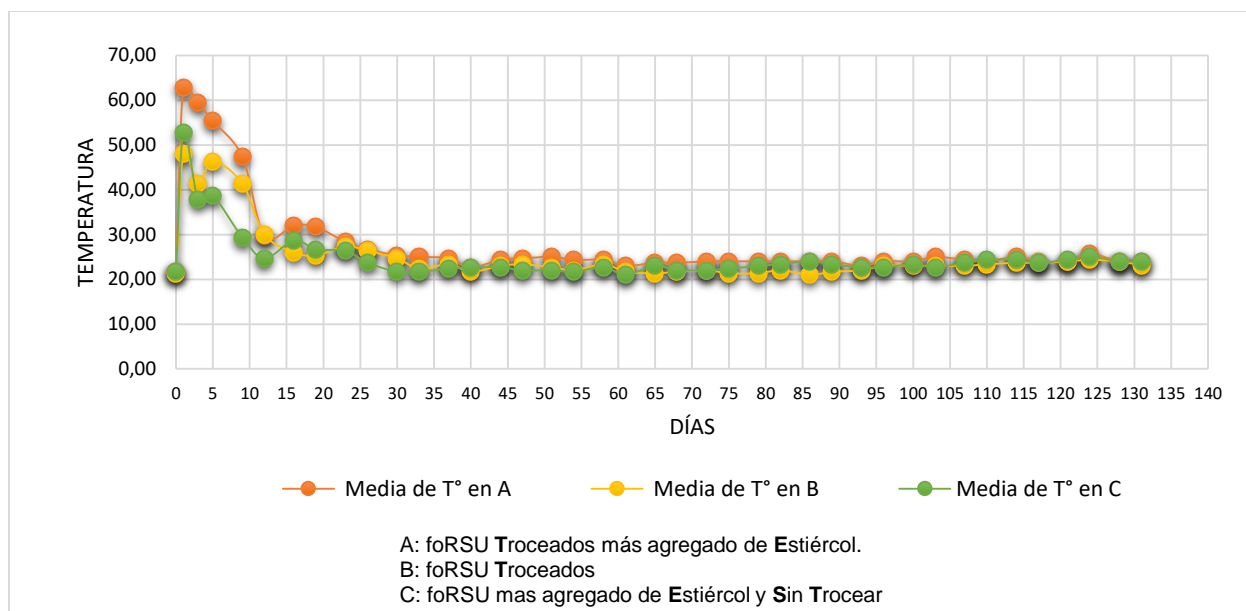


Figura 6. Temperatura durante el proceso de compostaje en el Bloque I. Fuente: Apéndice F

Interpretación:

La figura 6 muestra la evolución de la temperatura en °C de los tres tipos de tratamientos con respecto al bloque I. Se puede observar que el tratamiento A (T+E) alcanzó la mayor temperatura en la fase termófila, seguida por el tratamiento C (E^{sin}/T) y el tratamiento B (T), en ese orden.

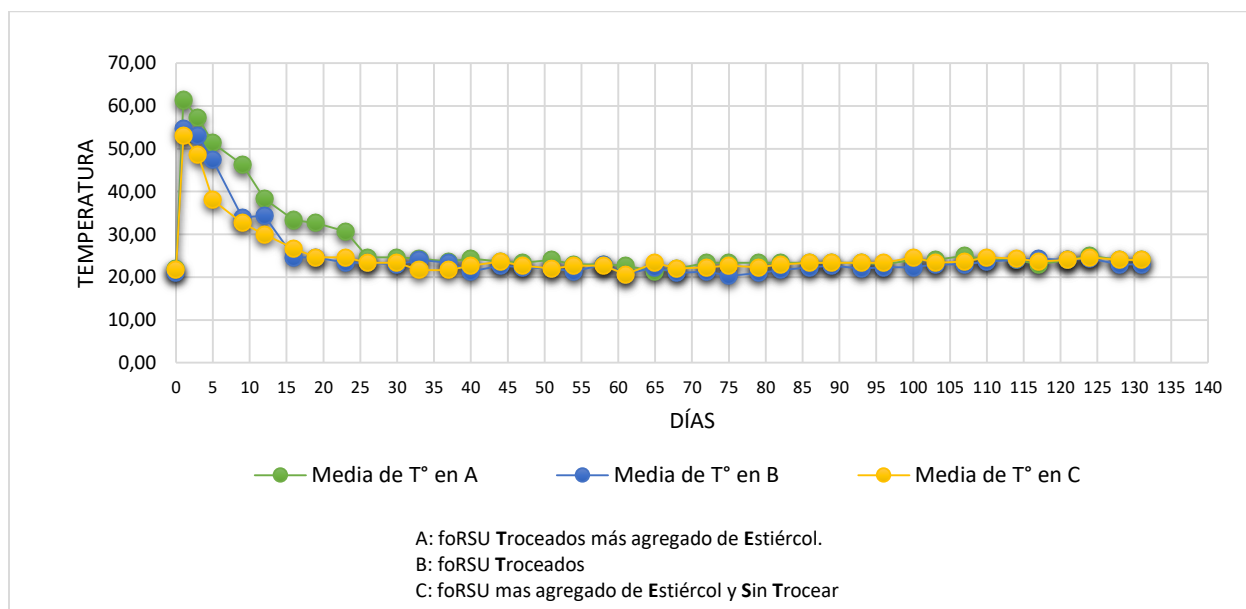


Figura 7. Temperatura durante el proceso de compostaje en el Bloque II. Fuente: Apéndice G

Interpretación:

La figura 7 nos muestra la evolución de la temperatura en °C de los tres tipos de tratamientos con respecto al bloque II. Se puede observar el paso por todas las fases correspondientes y una superioridad del tratamiento A (T+E) en la fase termófila seguida por los tratamientos B (T) y C (E^{sin}/T), en ese orden, que no presentan una diferencia marcada relevante.

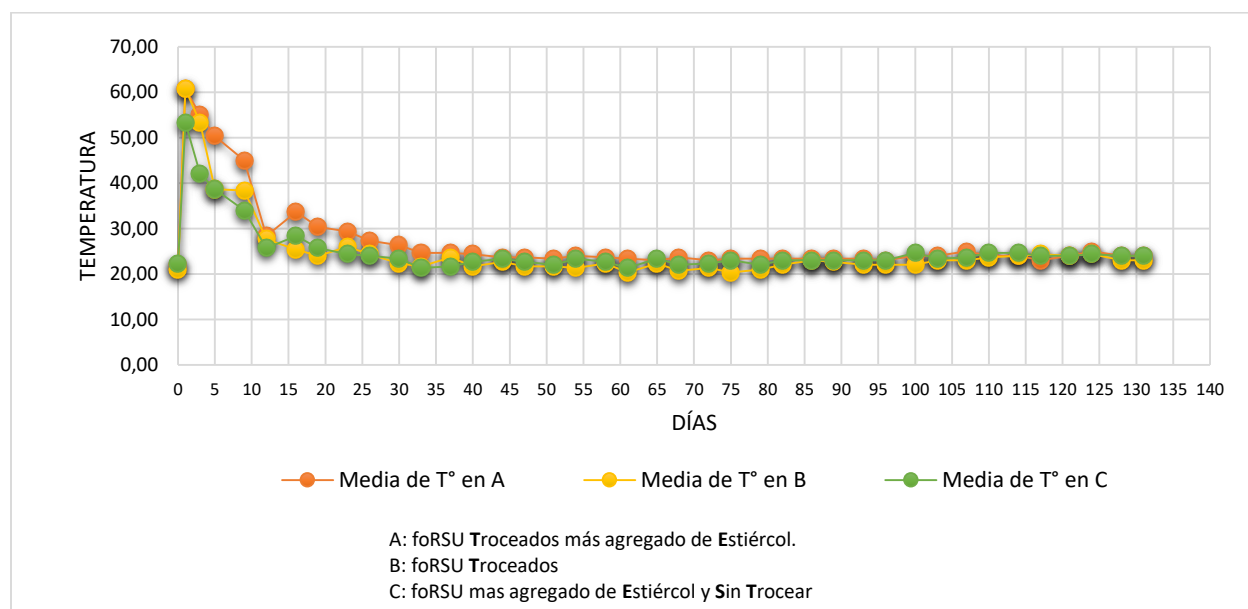


Figura 8. Temperatura durante el proceso de compostaje en el Bloque III. Fuente: Apéndice H

Interpretación:

En la figura 8 se observa la evolución de la temperatura en °C de los tres tipos de tratamiento con respecto al bloque III. Se puede notar en este bloque la distancia entre temperaturas en la fase termófila es menor con respecto al bloque I y II.

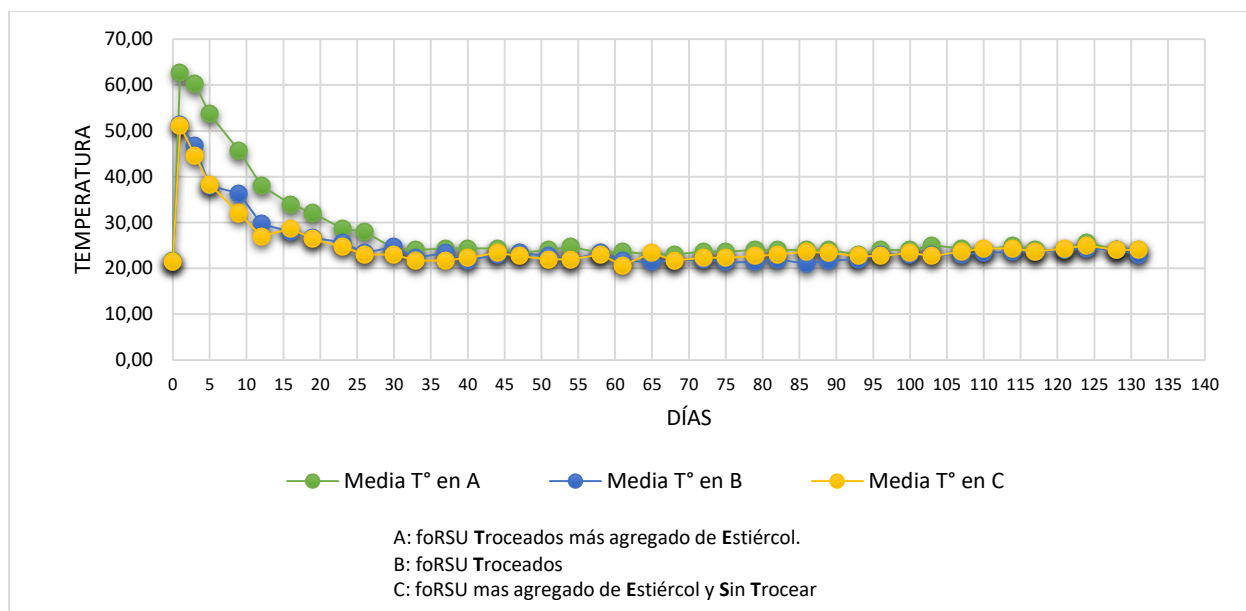


Figura 9. Temperatura durante el proceso de compostaje en el Bloque IV. Fuente: Apéndice I

Interpretación:

En la figura 9 se observa la evolución de la temperatura en °C de los tres tipos de tratamientos con respecto al bloque IV. Se puede observar la superioridad de la temperatura en el tratamiento A (T+E) y la escasa diferencia entre los tratamientos B (T) y C (E^{sin}/T), en la fase termófila del proceso.

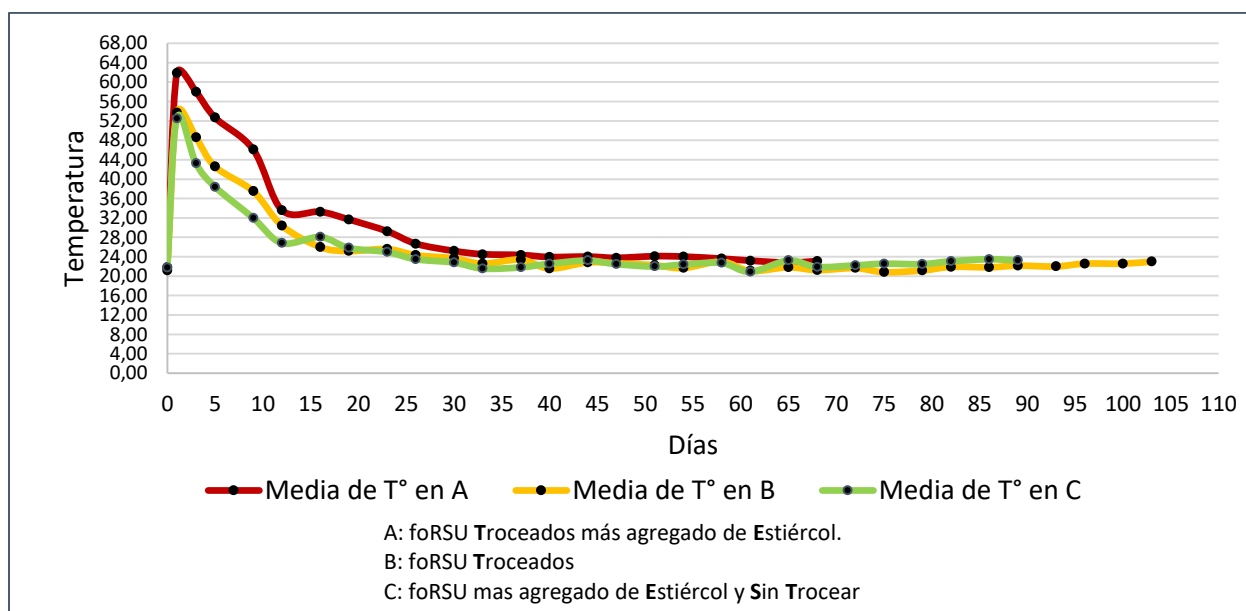


Figura 10. Evolución de la temperatura durante todo el proceso en los tres tipos de tratamiento

Interpretación:

En la figura 10 se observa la evolución de la temperatura en °C durante todo el proceso de compostaje en los tres tipos de tratamientos. Se puede observar la superioridad de la temperatura en la fase termófila en el tratamiento A (T+E) que perdura hasta 10 días y la escasa diferencia entre los tratamientos B (T) y C (E^{sin}/T), que en fase termófila solo duraron 5 y 6 días; para luego pasar a fase mesófila y, por último, a la maduración y fin del proceso.

Según la temperatura en los tres tipos de tratamiento, estos finalizaron con una temperatura de cosecha de 23,42 °C para el tratamiento A (T+E) al igual que el tratamiento C con 23,42 °C y el tratamiento B finalizó con una temperatura de 23 °C. Todas estas temperaturas oscilaban en la temperatura ambiente.

3.2. pH

3.2.1. Resultado del pH para los tratamientos.

Tabla 28
pH de los tres tipos de tratamientos al finalizar el proceso

| Bloque | Tratamientos | | | Sumatoria de pH |
|----------|--------------|----------|-----------------------------|-----------------|
| | A (T+E) * | B (T) ** | C (E ^{sin} /T) *** | |
| I | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 21,00 |
| II | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 21,00 |
| III | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 21,00 |
| IV | 7,00 | 6,50 | 7,00 | 20,50 |
| Σ | 28,00 | 27,50 | 28,00 | 83,50 |
| Promedio | 7,00 | 6,88 | 7,00 | 20,88 |

* foRSU Troceados más agregado de Estiércol

** foRSU Troceados

*** foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

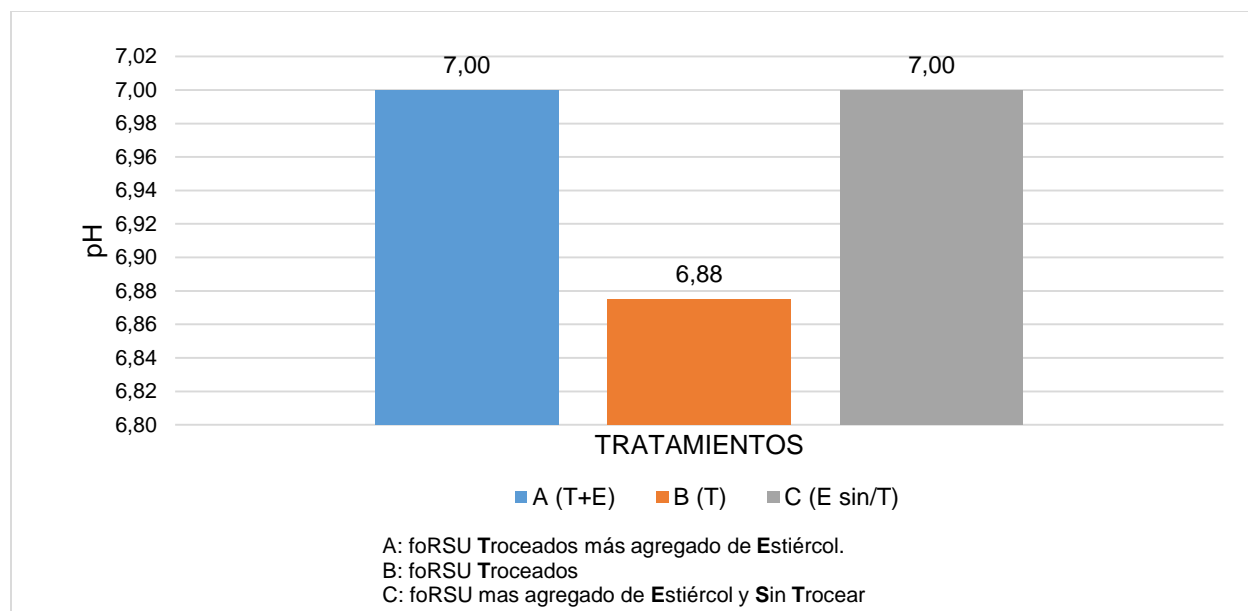


Figura 11. pH al finalizar el proceso de compostaje según tratamientos. Fuente: Tabla 28

Interpretación:

La tabla 28 y la figura 11 muestra el pH de los tres tipos de tratamientos al finalizado el proceso de compostaje. Presentando un pH neutro igual, los tratamientos A (T+E) y C (E ^{sin}/T), el tratamiento B (T) finalizó con un pH 6,88.

Para analizar los datos controlados de pH se hicieron pruebas de distribución normal de los datos, esto con la finalidad de aplicar ANOVA a los tres tratamientos. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk resultó no significativa, lo que nos llevó a trabajar con estadística no paramétrica utilizando la prueba de Friedman para determinar diferencias entre tratamientos. Seguidamente, los resultados de las pruebas con una significancia menor a 0,05 ($p < 0,05$), fueron sometidas a la prueba de Wilcoxon para establecer el grado de eficiencia de los tratamientos.

Tabla 29

Significancia estadística del pH en los tres tipos de tratamiento durante todo el proceso

| Control | Prueba Friedman | Prueba Wilcoxon | | |
|---------|-----------------|-----------------|-----------|---|
| | | A | B | |
| Día 01 | p = 0,174 | - | - | B |
| | | - | - | C |
| Día 05 | p = 0,097 | - | - | B |
| | | - | - | C |
| Día 12 | p = 0,368 | - | - | B |
| | | - | - | C |
| Día 19 | p = 0,368 | - | - | B |
| | | - | - | C |
| Día 26 | p = 0,368 | - | - | B |
| | | - | - | C |
| Día 33 | p = 0,368 | - | - | B |
| | | - | - | C |
| Día 40 | p = 0,050 | p = 0,083 | - | B |
| | | p = 0,083 | p = 1,000 | C |
| Día 47 | p = 0,050 | p = 0,083 | - | B |
| | | p = 0,083 | p = 1,000 | C |
| Día 54 | p = 0,105 | - | - | B |
| | | - | - | C |
| Día 61 | p = 0,058 | - | - | B |
| | | - | - | C |
| Día 68 | p = 0,018 | p = 0,046 | - | B |
| | | p = 0,046 | p = 0,046 | C |
| Día 75 | p = 0,024 | p = 0,063 | - | B |
| | | p = 0,157 | p = 0,046 | C |
| Día 82 | p = 0,018 | p = 0,046 | - | B |
| | | p = 1,000 | p = 0,046 | C |
| Día 89 | p = 0,018 | p = 0,046 | - | B |
| | | p = 1,000 | p = 0,046 | C |
| Día 96 | p = 0,050 | p = 0,083 | - | B |
| | | p = 1,000 | p = 0,083 | C |
| Día 103 | p = 0,050 | p = 0,083 | - | B |
| | | p = 1,000 | p = 0,083 | C |
| Día 110 | p = 0,050 | p = 0,083 | - | B |
| | | p = 1,000 | p = 0,083 | C |
| Día 117 | p = 0,050 | p = 0,083 | - | B |
| | | p = 1,000 | p = 0,083 | C |

| | | | | |
|---------|-------------|----------------------------|------------------|--------|
| Día 124 | $p = 0,050$ | $p = 0,083$ $p = 1,000$ | - $p = 0,083$ | B C |
| Día 131 | $p = 0,050$ | $p = 0,083$ $p = 1,000$ | - $p = 0,083$ | B C |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Apéndice J

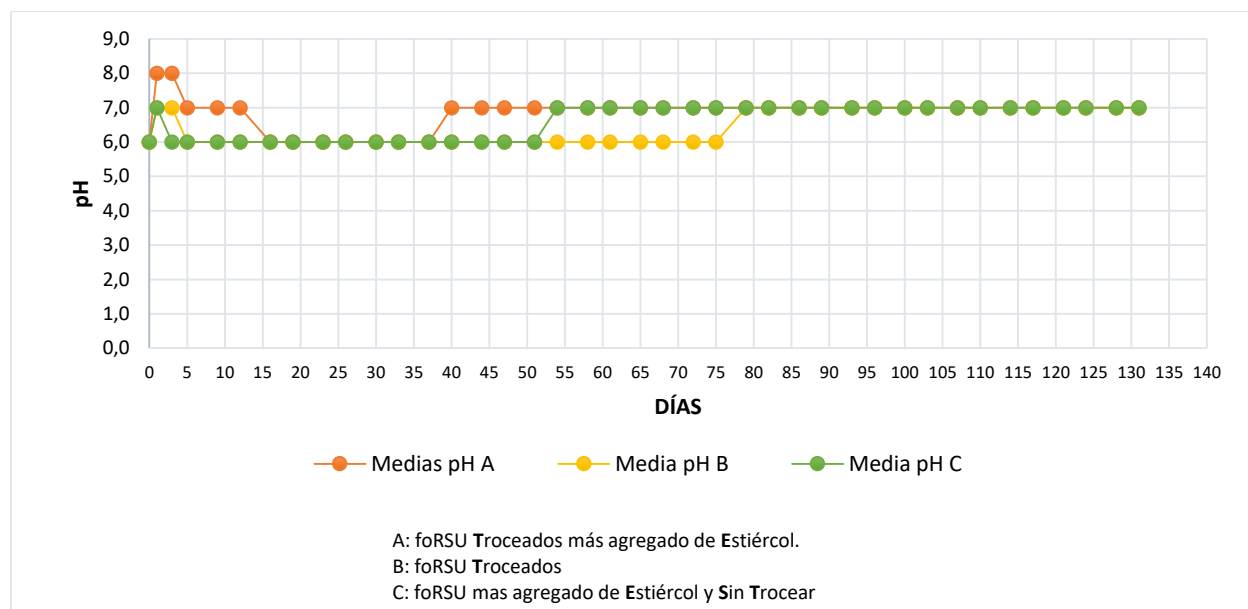


Figura 12. pH durante el proceso de compostaje en el Bloque I. Fuente: Apéndice K

Interpretación:

La figura 12 muestra la evolución del pH en los tres tipos de tratamientos durante todo el proceso de compostaje en el bloque I. Se puede observar la igualdad al final del proceso en los tres tipos de tratamientos A (T+E), B (T) y C (E^{sin}/T) en este bloque.

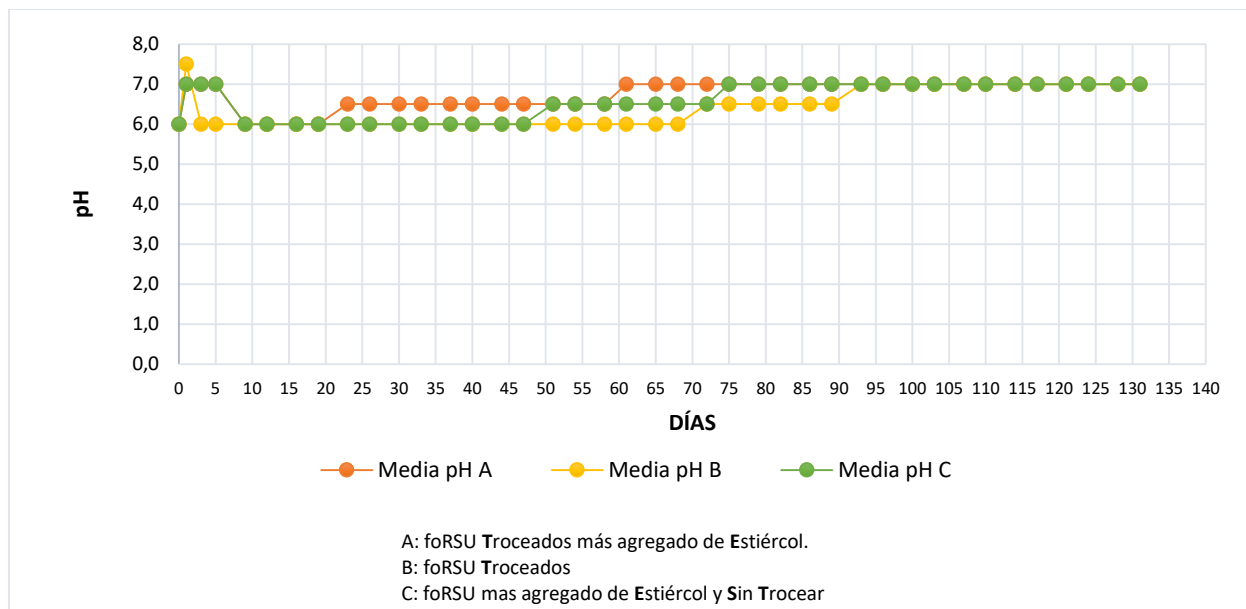


Figura 13. pH durante el proceso de compostaje en el Bloque II. Fuente: Apéndice K

Interpretación:

En la figura 13 se observa la evolución del pH en los tres tipos de tratamientos durante todo el proceso de compostaje en el bloque II. En este bloque se muestra la igualdad del pH en todos los tratamientos al finalizar el proceso.

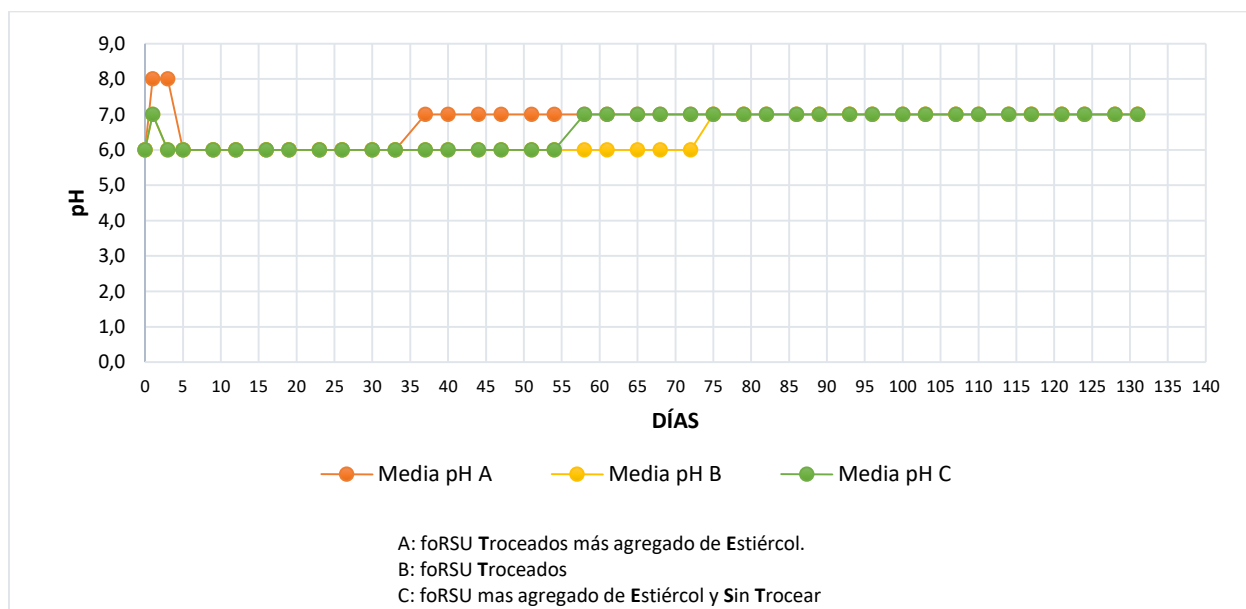


Figura 14. pH durante el proceso de compostaje en el Bloque III. Fuente: Apéndice K

Interpretación:

La figura 14 muestra la evolución del pH en los tres tipos de tratamientos durante todo el proceso de compostaje en el bloque III. Aquí se vuelve a observar la igualdad, al finalizar el proceso, entre los tratamientos A (T+E), B (T) y C (E^{sin}/T), que comparten el mismo pH.

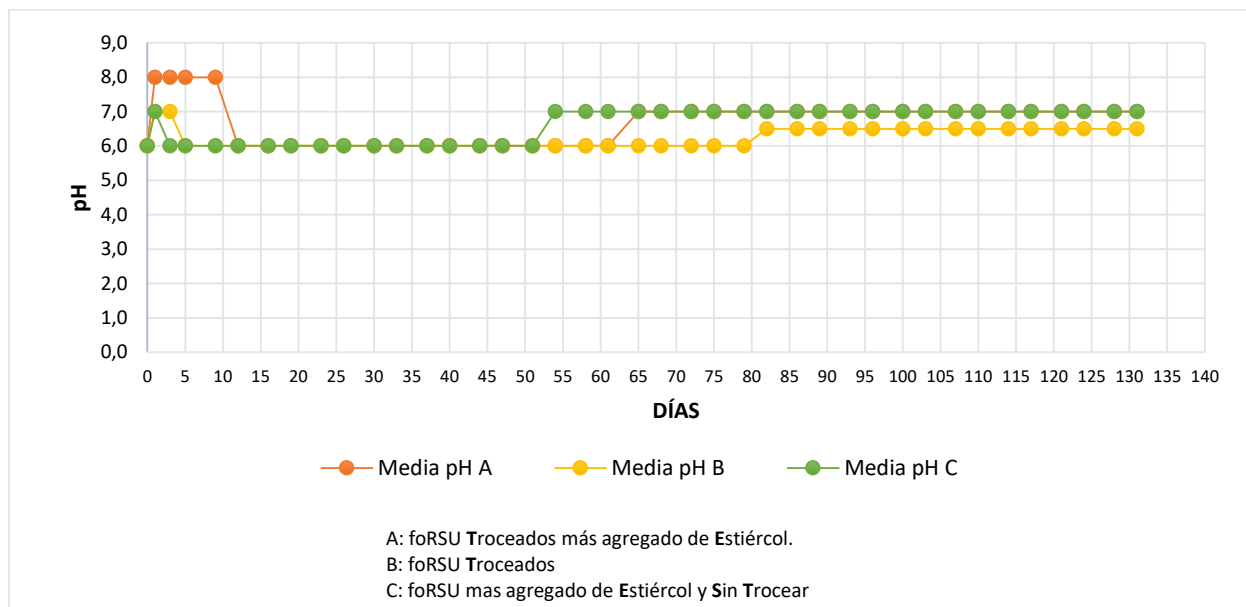


Figura 15. pH durante el proceso de compostaje en el Bloque IV. Fuente: Apéndice K

Interpretación:

En la figura 15 se puede observar la evolución del pH en los tres tipos de tratamientos durante todo el proceso en el bloque IV. Aquí se observa que el tratamiento B (T) difiere en su pH al finalizar el proceso, mientras que los tratamientos A (T+E) y C (E^{sin}/T) tienen el mismo pH al igual que en los bloques I al III.

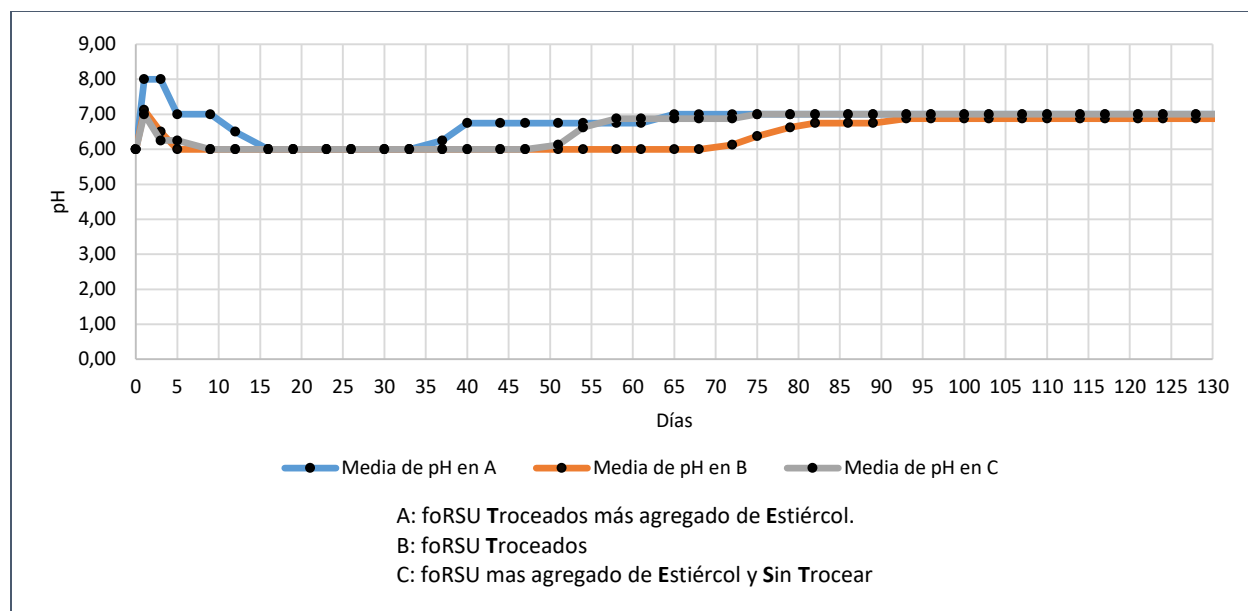


Figura 16. Evolución del pH durante todo el proceso en los tres tipos de tratamiento

Interpretación:

En la figura 16 se observa la evolución del pH en los tres tipos de tratamientos durante todo el proceso de compostaje. Se muestra la superioridad del tratamiento A (T+E) cuya alcalinidad alcanzo los 8 de pH a diferencia de los tratamientos B (T) y C (E^{sin}/T), que alcanzaron un pH de 7, para el final de proceso el tratamiento B (T) se diferenció al alcanzar los 6,88 de pH, mientras que compartieron el mismo pH los otros dos tratamientos.

3.3. Número de días a la obtención del compost

3.3.1. Resultado del número de días al finalizar el compostaje para los tratamientos.

Tabla 30

Número de días al finalizar el compostaje de los tres tipos de tratamiento

| Bloque | Tratamientos | | | Sumatoria de Nro. De días |
|----------|--------------|----------|-----------------|---------------------------|
| | A (T+E) * | B (T) ** | C (E sin/T) *** | |
| I | 68 | 100 | 86 | 254 |
| II | 65 | 103 | 89 | 257 |
| III | 68 | 107 | 86 | 261 |
| IV | 72 | 100 | 89 | 261 |
| Σ | 273 | 410 | 350 | 1033 |
| Promedio | 68,25 | 102,50 | 87,50 | 258,25 |

* foRSU Troceados más agregado de Estiércol

** foRSU Troceados

*** foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

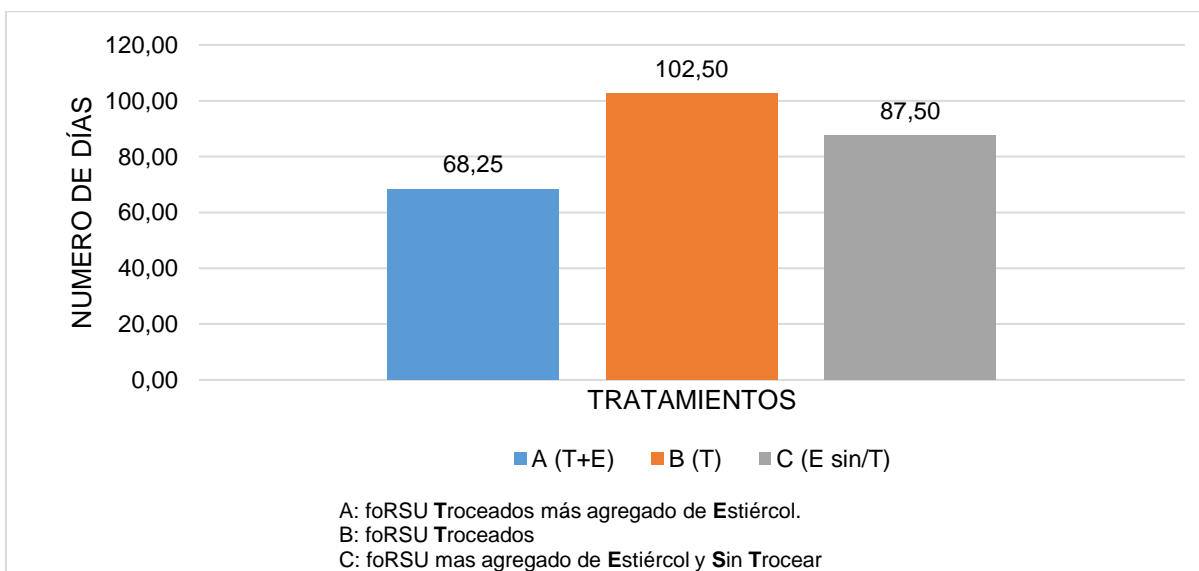


Figura 17. Número de días al finalizar el proceso de compostaje según tratamientos. Fuente: Tabla 30

Interpretación:

La tabla 30 y la figura 17 muestra la duración en días de todo el proceso de compostaje, teniendo al tratamiento A (T+E) como el que finalizó en menos número de días, seguido por el tratamiento C (E^{sin}/T) y al final el tratamiento B (T).

4. Discusión

4.1. Temperatura

Se presentó una diferencia en el comportamiento de los niveles de temperatura desde el primer día. Todos los tratamientos del experimento alcanzaron la fase termófila, prueba de un favorable control del proceso y de sus factores de acuerdo a lo establecido por Barrena (2006), pero en todos los tratamientos no fue posible observar las cuatro etapas del proceso de compostaje. Según Barrón (2013) y la FAO (2013), el intervalo de tiempo entre la fase mesófila y termófila puede durar solo horas debido a la riqueza microbiana en el material de partida. Al día 1 se observó que el tratamiento A (foRSU troceados más agregado de estiércol), resultó ser estadísticamente superior, siendo este de 61,84 °C, fue el único tratamiento que superó los 55 °C requeridos según Tognetti et al. (2007) para la eliminación de organismos patógenos y semillas de malas hierbas, además de favorecer a la velocidad del proceso, lo que guarda relación a lo planteado por Mark (2000) quien afirma que el incremento de calor es directamente proporcional a la aceleración de la descomposición tal y como se observó al día 5 del proceso en donde la temperatura en el tratamiento A (foRSU troceados más agregado de estiércol) siguió siendo superior con un valor de 52,67 °C, siendo el único de los tres tratamientos que aún se mantenía en fase termófila, favoreciendo al proceso debido a la proporcionalidad directa entre el grado de degradación y la temperatura elevada (Delgado, 2012).

Para los días 12, 19 y 26, el tratamiento A (T+E) continuó siendo estadísticamente superior con una temperatura de 33,58 °C, 31,67 °C y 26,67°C respectivamente, estas temperaturas indican que el proceso de compostaje entró en la fase mesófila o también llamada fase de enfriamiento, en concordancia con Soliva (2001) y Barrena (2006), quienes afirman que bajo los 45 °C el proceso

de compostaje pasa a una fase mesófila de enfriamiento, debido al consumo mayoritario de nitrógeno en el proceso por parte de los microorganismos.

Con respecto a los tratamientos B (foRSU troceados) y C (foRSU más agregado de estiércol y sin trocear), estos tratamientos pasaron a la fase mesófila de enfriamiento de forma temprana como resultado de no llegar a temperaturas muy elevadas durante la fase termófila. Durante el proceso se muestrearon temperaturas bastante heterogéneas en la pila y que además sufrieron de compactación, sobre todo en el tratamiento B (foRSU troceados), este fenómeno según lo explica Ekland & Kirchmann (2000) y Frioni (1999), causó falta de oxígeno en el proceso e inhibición de microorganismos resultando en un mayor tiempo de compostaje. Para el día 26 estos tratamientos ya se encontraban en la fase de maduración que se caracteriza por una temperatura ambiente Soliva (2001). A partir del día 33 en adelante, encontrándose ya todos los tratamientos en fase de maduración, no se observó diferencia con significancia estadística, entre los tratamientos debido a que su temperatura se encontraba oscilando con la temperatura ambiente (Haug, 1993).

4.2. pH

Como resultado en el control de pH se observó que los tratamientos A (foRSU troceados más agregado de estiércol) y C (foRSU más agregado de estiércol y sin trocear) presentaron un pH de 7,00 que según FAO (2013) y Frioni (1999) se tipifica como un compost neutro como característica ideal. El tratamiento B (foRSU troceados) presentó un pH de 6,88, pero aun dentro del rango de buen compost (Frioni, 1999; Cantanhede, Monge, & Whorwood, 1993; Diaz, 1998). Según el rango presentado por Cabrera (2012), que presenta un rango de pH de cosecha entre 6,5 y 8,5, los pH de todos los tratamientos del experimento tuvieron una calificación de neutra, dentro del rango de 6,8 a 7,2.

4.3. Número de días

Con respecto a los días transcurridos hasta la obtención del compost, los resultados variaron entre 68 y 102 días. Se observó que con el tratamiento A (foRSU troceados más agregado de estiércol) se favoreció la obtención del compost en un proceso de tan solo 68 días, seguido por el tratamiento C (E^{sin}/T) con 87 días y por último el tratamiento B (T) con 102 días.

El tratamiento A presentó una acelerada degradación de la materia orgánica gracias a la elevada temperatura que alcanzó y mantuvo (Delgado, 2012), siendo el producto obtenido de color marrón oscuro, sin malos olores y una textura suave, siendo notoria esta última característica al hacer la comparación con el producto del tratamiento B (foRSU troceados) que resultó con una textura fibrosa debido al material de partida FAO (2013). Por otra parte, el tratamiento C concluyó con todas las características de un buen compost en menos tiempo que el tratamiento B a pesar de que no haber alcanzado más altas temperaturas en la fase termófila, Simpson (1991) y Gómez (2007) explican que esto se debe a la carga microbiana adicional que agregó el estiércol presente en el tratamiento.

De acuerdo al objetivo general planteado se buscó reducir el tiempo en el proceso de compostaje, se observó que el tratamiento A fue un 33% más eficiente que el tratamiento C y un 21% más eficiente que el tratamiento B, a su vez, este último fue 15% más eficiente que el tratamiento C. Por otro lado, si lo comparamos con los 120 días necesarios para el proceso en la empresa GEOEDEN, donde se realizó el experimento, podemos observar que todos los tratamientos consiguieron acelerar el proceso de compostaje, incluido el tratamiento C, en un 15% y favoreciendo al mejor reaprovechamiento de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos, siendo más eficiente en la gestión de todo el proceso biológico. De esta manera, los resultados del presente trabajo pueden servir de gran ayuda y ejemplo para una mejor gestión de los residuos

sólidos orgánicos bajo procesos biológicos controlados que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos y hagan del sistema de gestión de residuos de nuestra ciudad sustentable y sostenible en el tiempo.

5. Conclusiones

Realizados los análisis de los resultados obtenidos en el presente experimento, basándose en los objetivos planteados, se concluye:

- Se compostó una pila de fracción orgánica de residuos sólidos urbanos con troceado del sustrato y agregado de estiércol como variables. Este tratamiento finalizó con una temperatura de cosecha de 23,42 °C, después de alcanzar todas sus respectivas fases del proceso, con un pH de 7,00, presentando físicamente un color marrón oscuro, olor a tierra de bosque, una textura suave y finalizando a los 68 días del experimento.

- Se compostó una pila de fracción orgánica de residuos sólidos urbanos sin ser troceados, agregando estiércol al sustrato como variable. El tratamiento presentó una temperatura de cosecha de 23,42 °C, después de pasar por todas las fases del proceso, con un pH de 7,00, presentando un olor a tierra de bosque, color marrón oscuro y una textura suave, como características físicas, se obtuvo a los 87 días del experimento.

- Se compostó una pila con fracción orgánica de residuos sólidos urbanos con troceado del sustrato como variable. Este tratamiento de compostaje pasó por todas las fases del proceso requeridas, presentando una temperatura de cosecha de 23,00 °C, pH de 6,88, y características físicas requeridas de, color marrón oscuro, olor a tierra de bosque y textura fibrosa, finalizando a los 102 días del experimento.

- Con respecto a la reducción del tiempo de compostaje, se comprobó que con el tratamiento A (foRSU troceados más agregado de estiércol) se empleó el menor tiempo obteniéndolo en 68 días, concluyendo que fue 21% más rápido que el tratamiento B (foRSU troceados) y 33% más rápido con respecto al tratamiento C (foRSU más agregado de estiércol sin trocear).

6. Recomendaciones

- Se recomienda realizar trabajos de investigación en la elaboración de compost con agregado de estiércol en diferentes cantidades medibles, para así determinar la cantidad óptima para compostaje.

- Se recomienda realizar trabajos de investigación en la elaboración de compost con residuos urbanos, con diferentes tipos de estiércol, para así determinar cuál favorece la velocidad de compostaje.

- Se recomienda investigar la elaboración de compost con las mismas variables de proceso, entre los meses de octubre a febrero en contraste con los meses de abril a septiembre para determinar la influencia de clima en el tiempo de obtención.

- Promover, la elaboración de compost como una forma sencilla de reaprovechar los residuos orgánicos renegados en casa, como restos de cocina, animales y restos vegetales; en nuestra ciudad.

7. Referencias bibliográficas

- Adani, F. (2004). *I Processi Aerobici per Il Trattamento dei Rifiuti Urbani. Ingegneria Ambientale*. Italia.
- Alcolea, M., & Gonzalez, C. (2000). *Manual de Compostaje Domestico*. Barcelona.
- Alonso, M. (14 de Abril de 2011). *Química2011*. Obtenido de Química: http://www.quimica2011.es/sites/default/files/la_quimica_y_el_olfato
- Alvarez de la Puente, J. (2010). *Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica*. Andalucía: Abanda Creativos.
- Barrena Gómez, R. (2006). *Compostaje de Residuos Sólidos Orgánicos. Aplicación de Técnicas Respirométricas en el Seguimiento del Proceso. Tesis para optar el Grado de Doctor sin publicar*. Bellaterra: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Barron Santos, F. (2013). *Optimización del Proceso de Composta a Partir de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos que se Generan en la Ciudad de México. Tesis para Obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad sin publicar*. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Bass, L., Bilderback, T., & Powell, M. (1992). *A Guide to Managing Organic Ward Wastes*. Carolina del Norte: Cooperative Extension Service.
- Bidlingmaier, W., & Müsken, M. (2007). *Odor Emissions from Composting Plants. Compost Science and Technology*. London: Elsevier.
- Burckman, H., & Brady, N. (1993). *Naturaleza y Propiedad de los Suelos*. México DF: Limusa S.A.

- Cabrera Monteagudo, J. (2012). *Comparativo de tres Biodegradantes en la Elaboración de Compost en Santa Ana-La Convención. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo Tropical sin publicar*. Quillabamba: Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cuzco.
- Cantanhede, A., Monge, G., & Whorwood, G. (1993). *Compostificación de Residuos de Mercados de Lima*. Lima: CEPIS OPS.
- Cooperband, L. (2002). *The Art and Science of Composting: a Resource for Farmers and Compost Producers*. Wisconsin: Center for Integrated Agricultural Systems.
- Daniel, W. (1996). *Bioestadística. Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud*. México DF: Grupo Noriega Editores.
- De la Morena, B., García, F., Nieto, J., Palencia, P., Bolívar, J., & Cabrera, F. (2005). *Los Residuos. Un Bien Preciado. Residuos Master de Ingeniería Ambiental*.
- Delgado Rodríguez, M. (2012). *Optimización de las Variables implicadas en el Proceso de Compostaje de RSU para Minimizar la Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles. Tesis para optar el grado de Doctor sin publicar*. Huelva: Universidad de Huelva.
- Díaz, M. (1998). *Proceso de Co-compostaje de mezclas de vinaza de maleza de remolacha con tres residuos Agroindustriales. Tesis para optar el grado de Doctor sin publicar*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Ecoamerica, T. (2001). *Compostaje: creciendo en calidad*. Santiago de Chile: Editorial Nro 9.
- Eklind, Y., & Kirchmann, H. (2000). *Composting and Storage of Organic Household Waste with Different Litter Amendments*. Bioresource Technology.

FAO, O. A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor: Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile: FAO.

Fernandez, R., Gomez, J., & Estrada, I. (2004). *Compost Legislation: Sanitation vs Biological Quality. I Internation Conference Soil and Compost Eco-Biology*. Mexico DF.

Froni, L. (1999). *Procesos Microbianos*. Rio Cuarto: Edit. de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto.

Gallardo, K. (2013). *Obtencion de Compost a Partir de Residuos Orgánicos Impermeabilizados con Geomengrana. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias con Mención en Minería y Medio Ambiente no publicada*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

García García, C. (1984). *Abonos Orgánicos. IV compost*. MADrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Gomez, R. (2007). *Obtención y Evaluación Microbiológica de Compost de Alpeorujo de Olea europea "olivo" en la Ciudad de Tacna. Tesis para optar el título profesional de Biólogo Microbiólogo sin publicar*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Guerrero, J. (1993). *Abonos Orgánicos. Tecnología para el Manejo Ecológico de los Suelos*. Lima: RAAA.

Hanajima, D., Kudora, K., Morishita, K., Fujita, J., Maeda, K., & Morioka, R. (2010). *Key Odor Components Responsible for the Impacto on Olfatory Sense During Swine Feces Composting*. Bioresour Technol.

Haug, T. (1993). *Manual Práctico del Compost del Ingeniero*. La Florida: Barkingh.

- INTEC, I. (1999). *Manual de Compostaje*. Santiago de Chile: Corporación de Investigación Tecnológica de Chile.
- Kurola, J., Arnold, M., Kontro, M., Talvez, M., & Romantschuk, M. (2010). *Effect of light Sphagnum peat on Odour Formation in the Early Stages of Biowaste Compostin Waste Management*. Usa.
- Leal, N., Madrid, C., & Chandler, C. (1994). *Compostaje de Residuos Mezclados con Roca Fosfórica*. Revista Agronómica Tropical.
- Mark, C. (2000). *Microbiología de Suelo: Un Enfoque Exploratorio*. Madrid.
- MARM, M. (2009). *Manunal de Compostaje*. España: V.A. Impresiones S.A.
- Marmolejo, L., Diaz, L., Torres, P., & García, M. (2012). *Perspectives for Sustainable Resource Recovery From Municipal Solid Waste in Developing Countries: Applications and Alternatives*. Integrated Vision.
- MIDIS, M. (2014). *Producción y Uso de Abonos Orgánicos: biol, compost y humus. Proyecto "Mi chacra emprendora-Haku Wiñay"*. Lima: Tarea Asociación Gráfica Educativa.
- MINAM, M. (2009). *Manual para Municipios Ecoeficientes*. Lima: Enotria S.A.
- MINAM, M. (2014). *Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestion del Ambito Municipal y No Municipal 2013*. Lima: Evagam S.A.C.
- Morisaki, N., Phael, C., Nakasaki, K., Shoda, M., & Kubota, H. (1989). *Nitrogen Transformation During Thermophilic Composting*. Ferment Bioeng.
- OEFA, O. (2014). *Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de Gestion Municipal Provincial: Informe 2013-2014*. Lima: Odiaga Franco.

- Palmero, R. (2010). *Elaboración de Compost con Restos Vegetales por el Sistema Tradicional en Pilas o Montones*. Tenerife: Litografía Santa Elena.
- Partenen, P., Hultman, J., Paulin, L., Auvinen, P., & Romantschuk, M. (2010). *Bacterial Diversity at Different stages of the Composting process*. MBC Microbiología.
- Polo, A. (1987). *Aprovechamiento Agrícola de los Residuos Sólidos Urbanos. Compostaje y Grado de Madurez del Compost en Residuos Sólidos Urbanos y Medio Ambiente*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Roben, E. (2002). *Manual de Compostaje para Municipios*. Loja.
- Saez Olivares, A. (2000). *Optimización de los Métodos para Mejorar la Calidad del Compost de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos. Tesis para optar el Grado Académico de Doctor sin publicar*. España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Simpson, K. (1991). *Abonos y Estiércoles*. Zaragoza: ACIBIA S.A.
- Slater, A., & Frederickson, J. (2001). *Composting Municipal Waste in the UK: Some Lessons from Europe Resources, Conservation and recycling*. Reino unido: Elsevier.
- Soliva, M. (2001). *Compostatge i Gestió de Residuos Orgànics. Compostatge i Gestió de Residuos Orgànics*. . Barcelona: Diputació de Barcelona.
- Taiwo, A. M. (2011). *Composting as A Sustainable Waste Management TEchnique in Developing Countries*. Ogun State: Asian Network For Scientific Information.
- Tognetti, C., Mazzarino, M., & Laos, F. (2007). *Improving the Quality of Municipal Organic Waste Compost. Bioresource Technology*.
- USEPA. (1995). *Decision Marker's Guide to solid waste management*. USA: -.

Valcap. (13 de 6 de 1995). *Valcap*. Obtenido de Valcap:
<http://valcap.es/html/consejos/consejos%20sobre%20jardineria/historia%20del%20compostaje.htm?ObjectID=1252>

Zucconi, F., & De Bertoldi, M. (1987). *Specifications for Solid Waste Compost*. Biocycle.

Apéndice B.

Datos del tratamiento troceado más estiércol (T+E), tratamiento A

| NRO | CTR | FECHA | Día | T° am | PILA A1 | | | | | | | | | | PILA A2 | | | | | | | | | | PILA A3 | | | | | | | | | | PILA A4 | | | | | | | | | |
|--------|-----|---------------|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|
| | | | | | T°1 | T°2 | T°3 | Prom | Ph | text | color | olor | colo. | T°1 | T°2 | T°3 | Prom | Ph | text | color | olor | colo. | T°1 | T°2 | T°3 | Prom | pH | text | color | olor | colo. | T°1 | T°2 | T°3 | Prom | pH | text | color | olor | colo. | | | | |
| | | INICIO | 10.09.2017 | 0 | 20 | 21 | 22 | 22 | 21,67 | 6 | F | V | T | A | 22 | 23 | 21 | 22,00 | 6 | F | V | T | A | 22 | 23 | 21 | 22,00 | 6 | F | V | T | A | 22 | 22 | 21 | 21,67 | 6 | F | V | T | A | | | |
| sem 1 | 1 | 11.9.17 | 1 | 16 | 61 | 62 | 65 | 62,67 | 8 | F | V | T | A | 60 | 63 | 61 | 61,33 | 7 | F | V | T | A | 60 | 60 | 62 | 60,67 | 8 | F | V | T | A | 64 | 61 | 63 | 62,67 | 8 | F | V | T | A | | | | |
| | 2 | 13.9.17 | 3 | 18 | 59 | 56 | 63 | 59,33 | 8 | F | V | T | A | 59 | 55 | 58 | 57,33 | 7 | F | V | T | A | 58 | 53 | 54 | 55,00 | 8 | F | V | T | A | 63 | 60 | 58 | 60,33 | 8 | F | V | T | A | | | | |
| | 3 | 15.9.17 | 5 | 17 | 53 | 57 | 56 | 55,33 | 7 | F | V | T | A | 51 | 53 | 50 | 51,33 | 7 | F | V | T | A | 54 | 43 | 54 | 50,33 | 6 | F | V | T | A | 51 | 54 | 56 | 53,67 | 8 | F | V | A | A | | | | |
| sem 2 | 4 | 19.9.17 | 9 | 23 | 45 | 48 | 49 | 47,33 | 7 | F | V | A | A | 48 | 46 | 45 | 46,33 | 6 | F | V | A | A | 45 | 45 | 45 | 45,00 | 6 | F | V | A | A | 47 | 46 | 44 | 45,67 | 8 | F | V | A | A | | | | |
| | 5 | 22.9.17 | 12 | 18 | 30 | 30 | 29 | 29,67 | 7 | F | V | A | A | 39 | 40 | 36 | 38,33 | 6 | F | V | A | A | 28 | 28 | 29 | 28,33 | 6 | F | V | A | A | 42 | 38 | 34 | 38,00 | 6 | F | V | A | A | | | | |
| sem 3 | 6 | 26.9.17 | 16 | 22 | 32 | 31 | 33 | 32,00 | 6 | F | M | A | A | 37 | 35 | 28 | 33,33 | 6 | F | V | A | A | 33 | 34 | 34 | 33,67 | 6 | F | V | A | A | 35 | 37 | 30 | 34,00 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| | 7 | 29.9.17 | 19 | 24 | 31 | 32 | 32 | 31,67 | 6 | F | M | A | A | 30 | 33 | 35 | 32,67 | 6 | F | V | A | A | 30 | 31 | 30 | 30,33 | 6 | F | M | A | A | 33 | 31 | 32 | 32,00 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| sem 4 | 8 | 3.10.17 | 23 | 23 | 27 | 29 | 29 | 28,33 | 6 | F | M | A | A | 31 | 29 | 32 | 30,67 | 6,5 | R | M | A | A | 29 | 30 | 29 | 29,33 | 6 | R | M | A | A | 29 | 26 | 31 | 28,67 | 6 | R | M | A | A | | | | |
| | 9 | 6.10.17 | 26 | 22 | 27 | 27 | 26 | 26,67 | 6 | R | M | A | A | 25 | 25 | 24 | 24,67 | 6,5 | R | M | A | A | 28 | 27 | 27 | 27,33 | 6 | R | M | A | A | 28 | 29 | 27 | 28,00 | 6 | R | M | A | A | | | | |
| sem 5 | 10 | 10.10.17 | 30 | 22 | 25 | 27 | 24 | 25,33 | 6 | R | M | A | A | 25 | 23 | 26 | 24,67 | 6,5 | R | M | A | A | 26 | 26 | 27 | 26,33 | 6 | R | M | A | A | 25 | 24 | 24 | 24,33 | 6 | R | M | A | A | | | | |
| | 11 | 13.10.17 | 33 | 21 | 25 | 25 | 25 | 25,00 | 6 | R | M | A | A | 24 | 24 | 25 | 24,33 | 6,5 | R | M | A | A | 25 | 24 | 25 | 24,67 | 6 | R | M | A | A | 24 | 23 | 25 | 24,00 | 6 | R | M | A | A | | | | |
| sem 6 | 12 | 17.10.17 | 37 | 24 | 25 | 25 | 24 | 24,67 | 6 | R | M | A | A | 25 | 24 | 22 | 23,67 | 6,5 | R | M | C | A | 25 | 25 | 24 | 24,67 | 7 | R | M | E | A | 25 | 24 | 24 | 24,33 | 6 | R | M | E | A | | | | |
| | 13 | 20.10.17 | 40 | 19 | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 7 | R | M | A | A | 24 | 26 | 23 | 24,33 | 6,5 | R | M | E | A | 24 | 24 | 25 | 24,33 | 7 | R | M | E | A | 24 | 24 | 25 | 24,33 | 6 | R | M | E | A | | | | |
| sem 7 | 14 | 24.10.17 | 44 | 26 | 24 | 25 | 24 | 24,33 | 7 | R | M | A | A | 25 | 22 | 24 | 23,67 | 6,5 | R | M | E | A | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 7 | R | M | E | A | 25 | 25 | 23 | 24,33 | 6 | R | M | E | A | | | | |
| | 15 | 27.10.17 | 47 | 23 | 25 | 24 | 25 | 24,67 | 7 | R | M | E | A | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 6,5 | R | O | E | A | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 7 | R | M | E | A | 24 | 23 | 23 | 23,33 | 6 | R | M | E | A | | | | |
| sem 8 | 16 | 31.10.17 | 51 | 24 | 25 | 25 | 25 | 25,00 | 7 | R | O | E | A | 24 | 23 | 25 | 24,00 | 6,5 | R | O | E | A | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 7 | R | O | E | A | 23 | 24 | 25 | 24,00 | 6 | R | M | E | A | | | | |
| | 17 | 3.11.17 | 54 | 23 | 24 | 25 | 24 | 24,33 | 7 | S | O | E | A | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 6,5 | R | O | C | A | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | E | A | 25 | 24 | 25 | 24,67 | 6 | R | O | E | A | | | | |
| sem 9 | 18 | 7.11.17 | 58 | 24 | 25 | 24 | 24 | 24,33 | 7 | S | O | C | A | 23 | 24 | 22 | 23,00 | 6,5 | S | O | C | P | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 7 | S | O | C | A | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 6 | R | O | E | A | | | | |
| | 19 | 10.11.17 | 61 | 22 | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 22 | 23 | 22,67 | 7 | S | O | C | P | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 23 | 23,67 | 6 | R | O | C | A | | | | |
| sem 10 | 20 | 14.11.17 | 65 | 25 | 23 | 24 | 24 | 23,67 | 7 | S | O | C | P | 21 | 22 | 21 | 21,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | | | | |
| | 21 | 17.11.17 | 68 | 24 | 23 | 24 | 24 | 23,67 | 7 | S | O | C | P | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 23 | 23,67 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 11 | 22 | 21.11.17 | 72 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 23 | 24.11.17 | 75 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 12 | 24 | 28.11.17 | 79 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 25 | 1.12.17 | 82 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 13 | 26 | 5.12.17 | 86 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 27 | 8.12.17 | 89 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 22 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 22 | 24 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 14 | 28 | 12.12.17 | 93 | 25 | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 29 | 15.12.17 | 96 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 15 | 30 | 19.12.17 | 100 | 27 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 31 | 22.12.17 | 103 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 25 | 25 | 25 | 25,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 16 | 32 | 26.12.17 | 107 | 29 | 24 | 24 | 25 | 24,33 | 7 | S | O | C | P | 25 | 25 | 25 | 25,00 | 7 | S | O | C | P | 25 | 25 | 25 | 25,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 25 | 24,33 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 33 | 29.12.17 | 110 | 28 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 17 | 34 | 2.1.18 | 114 | 29 | 25 | 25 | 25 | 25,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 25 | 25 | 25 | 25,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 35 | 5.1.18 | 117 | 28 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 18 | 36 | 9.1.18 | 121 | 27 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 37 | 12.1.18 | 124 | 29 | 26 | 25 | 26 | 25,67 | 7 | S | O | C | P | 25 | 25 | 25 | 25,00 | 7 | S | O | C | P | 25 | 25 | 25 | 25,00 | 7 | S | O | C | P | 26 | 25 | 26 | 25,67 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 19 | 38 | 16.1.18 | 128 | 28 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 39 | 19.1.18 | 131 | 28 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |

| TEXTURA | |
|---------|---|
| FIBROSO | F |
| REGULAR | R |
| SUAVE | S |

Apéndice C.

Datos del tratamiento solo troceado (T), tratamiento B

| NRO | CTR | FECHA | Día | ° am | PILA B1 | | | | | | | | | | PILA B2 | | | | | | | | | | PILA B3 | | | | | | | | | | PILA B4 | | | | | | | | | |
|--------|-----|---------------|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|
| | | | | | T°1 | T°2 | T°3 | Prom | pH | text | color | olor | colo. | T°1 | T°2 | T°3 | Prom | pH | text | color | olor | colo. | T°1 | T°2 | T°3 | Prom | pH | text | color | olor | colo. | T°1 | T°2 | T°3 | Prom | pH | text | color | olor | colo. | | | | |
| | | INICIO | 10.09.2017 | 0 | 20 | 21 | 21 | 22 | 21,33 | 6 | F | V | T | A | 21 | 21 | 21 | 21,00 | 6 | F | V | T | A | 22 | 21 | 20 | 21,00 | 6 | F | V | T | A | 21 | 22 | 21 | 21,33 | 6 | F | V | T | A | | | |
| sem 1 | 1 | 11.9.17 | 1 | 16 | 50 | 49 | 45 | 48,00 | 7 | F | V | T | A | 50 | 53 | 61 | 54,67 | 7,5 | F | V | T | A | 61 | 55 | 66 | 60,67 | 7 | F | V | T | A | 55 | 49 | 50 | 51,33 | 7 | F | V | T | A | | | | |
| | 2 | 13.9.17 | 3 | 18 | 50 | 34 | 40 | 41,33 | 7 | F | V | T | A | 52 | 59 | 48 | 53,00 | 6 | F | V | T | A | 50 | 52 | 58 | 53,33 | 6 | F | V | T | A | 48 | 52 | 40 | 46,67 | 7 | F | V | T | A | | | | |
| | 3 | 15.9.17 | 5 | 17 | 50 | 49 | 40 | 46,33 | 6 | F | V | T | A | 46 | 49 | 47 | 47,33 | 6 | F | V | T | A | 38 | 44 | 34 | 38,67 | 6 | F | V | T | A | 40 | 35 | 39 | 38,00 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| sem 2 | 4 | 19.9.17 | 9 | 23 | 42 | 42 | 40 | 41,33 | 6 | F | V | T | A | 33 | 37 | 32 | 34,00 | 6 | F | V | T | A | 38 | 38 | 39 | 38,33 | 6 | F | V | T | A | 33 | 38 | 38 | 36,33 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| | 5 | 22.9.17 | 12 | 18 | 31 | 29 | 30 | 30,00 | 6 | F | V | T | A | 33 | 35 | 35 | 34,33 | 6 | F | V | T | A | 27 | 27 | 29 | 27,67 | 6 | F | V | T | A | 30 | 31 | 28 | 29,67 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| sem 3 | 6 | 26.9.17 | 16 | 22 | 26 | 26 | 26 | 26,00 | 6 | F | V | T | A | 25 | 24 | 25 | 24,67 | 6 | F | V | T | A | 25 | 25 | 26 | 25,33 | 6 | F | V | T | A | 29 | 25 | 30 | 28,00 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| | 7 | 29.9.17 | 19 | 24 | 26 | 26 | 24 | 25,33 | 6 | F | V | T | A | 25 | 26 | 23 | 24,67 | 6 | F | V | T | A | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 6 | F | V | T | A | 28 | 27 | 25 | 26,67 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| sem 4 | 8 | 3.10.17 | 23 | 23 | 27 | 27 | 28 | 27,33 | 6 | F | V | T | A | 23 | 25 | 22 | 23,33 | 6 | F | V | T | A | 27 | 25 | 26 | 26,00 | 6 | F | V | T | A | 25 | 28 | 24 | 25,67 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| | 9 | 6.10.17 | 26 | 22 | 26 | 27 | 26 | 26,33 | 6 | F | V | T | A | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 6 | F | V | T | A | 24 | 24 | 25 | 24,33 | 6 | F | V | T | A | 23 | 25 | 22 | 23,33 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| sem 5 | 10 | 10.10.17 | 30 | 22 | 24 | 24 | 26 | 24,67 | 6 | F | V | T | A | 23 | 24 | 22 | 23,00 | 6 | F | V | T | A | 22 | 22 | 23 | 22,33 | 6 | F | V | T | A | 24 | 26 | 24 | 24,67 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| | 11 | 13.10.17 | 33 | 21 | 22 | 23 | 22 | 22,33 | 6 | F | V | T | A | 24 | 25 | 23 | 24,00 | 6 | F | V | T | A | 21 | 22 | 22 | 21,67 | 6 | F | V | T | A | 23 | 22 | 22 | 22,33 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| sem 6 | 12 | 17.10.17 | 37 | 24 | 24 | 23 | 23 | 23,33 | 6 | F | V | T | A | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 6 | F | V | T | A | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 6 | F | V | T | A | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| | 13 | 20.10.17 | 40 | 19 | 22 | 22 | 21 | 21,67 | 6 | F | V | T | A | 21 | 22 | 21 | 21,33 | 6 | F | V | T | A | 21 | 21 | 23 | 21,67 | 6 | F | V | T | A | 22 | 21 | 22 | 21,67 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| sem 7 | 14 | 24.10.17 | 44 | 26 | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 6 | F | V | T | A | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 6 | F | V | T | A | 22 | 23 | 23 | 22,67 | 6 | F | V | T | A | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| | 15 | 27.10.17 | 47 | 23 | 24 | 23 | 23 | 23,33 | 6 | F | V | T | A | 22 | 23 | 22 | 22,33 | 6 | F | V | T | A | 22 | 21 | 21 | 21,67 | 6 | F | M | A | A | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| sem 8 | 16 | 31.10.17 | 51 | 24 | 22 | 23 | 23 | 22,67 | 6 | F | V | T | A | 21 | 23 | 22 | 22,00 | 6 | F | V | T | A | 22 | 21 | 22 | 21,67 | 6 | F | M | A | A | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| | 17 | 3.11.17 | 54 | 23 | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 6 | F | V | T | A | 20 | 22 | 22 | 21,33 | 6 | F | M | A | A | 22 | 20 | 22 | 21,33 | 6 | F | M | A | A | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| sem 9 | 18 | 7.11.17 | 58 | 24 | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 6 | F | V | T | A | 23 | 24 | 22 | 23,00 | 6 | F | M | A | A | 22 | 23 | 22 | 22,33 | 6 | F | M | A | A | 24 | 23 | 23 | 23,33 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| | 19 | 10.11.17 | 61 | 22 | 23 | 21 | 21 | 21,67 | 6 | F | M | A | A | 21 | 21 | 20 | 20,67 | 6 | F | M | A | A | 20 | 21 | 20 | 20,33 | 6 | F | M | A | A | 21 | 21 | 23 | 21,67 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| sem 10 | 20 | 14.11.17 | 65 | 25 | 21 | 22 | 21 | 21,33 | 6 | F | M | A | A | 22 | 22 | 23 | 22,33 | 6 | F | M | A | A | 23 | 22 | 22 | 22,33 | 6 | F | M | A | A | 22 | 21 | 21 | 21,33 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| | 21 | 17.11.17 | 68 | 24 | 22 | 21 | 22 | 21,67 | 6 | F | M | A | A | 20 | 21 | 22 | 21,00 | 6 | F | M | A | A | 22 | 20 | 20 | 20,67 | 6 | F | M | A | A | 21 | 22 | 22 | 21,67 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| sem 11 | 22 | 21.11.17 | 72 | 25 | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 6 | F | M | A | A | 21 | 22 | 21 | 21,33 | 6,5 | F | M | A | A | 21 | 21 | 22 | 21,33 | 6 | F | M | A | A | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| | 23 | 24.11.17 | 75 | 25 | 21 | 21 | 22 | 21,33 | 6 | R | M | A | A | 20 | 21 | 20 | 20,33 | 6,5 | F | M | A | A | 20 | 20 | 21 | 20,33 | 7 | F | M | A | A | 21 | 22 | 21 | 21,33 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| sem 12 | 24 | 28.11.17 | 79 | 24 | 21 | 21 | 22 | 21,33 | 7 | R | M | A | A | 21 | 21 | 21 | 21,00 | 6,5 | F | M | A | A | 21 | 21 | 21 | 21,00 | 7 | R | M | A | A | 21 | 22 | 21 | 21,33 | 6 | R | M | A | A | | | | |
| | 25 | 1.12.17 | 82 | 25 | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 7 | R | O | A | A | 22 | 21 | 22 | 21,67 | 6,5 | F | M | A | A | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 7 | R | M | A | A | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 6,5 | R | O | A | A | | | | |
| sem 13 | 26 | 5.12.17 | 86 | 25 | 21 | 21 | 21 | 21,00 | 7 | R | O | A | A | 23 | 21 | 23 | 22,33 | 6,5 | R | O | A | A | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | M | A | A | 21 | 21 | 21 | 21,00 | 6,5 | R | O | A | A | | | | |
| | 27 | 8.12.17 | 89 | 25 | 22 | 22 | 21 | 21,67 | 7 | R | O | C | A | 23 | 22 | 23 | 22,67 | 6,5 | R | O | A | A | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 7 | R | O | A | A | 22 | 21 | 22 | 21,67 | 6,5 | R | O | C | A | | | | |
| sem 14 | 28 | 12.12.17 | 93 | 25 | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 7 | R | O | C | P | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 7 | R | O | C | A | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 7 | R | O | C | A | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 6,5 | R | O | C | P | | | | |
| | 29 | 15.12.17 | 96 | 25 | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 7 | R | O | C | P | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 7 | R | O | C | A | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 6,5 | R | O | C | P | | | | |
| sem 15 | 30 | 19.12.17 | 100 | 27 | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 22 | 23 | 22 | 22,33 | 7 | R | O | C | P | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 7 | R | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 6,5 | R | O | C | P | | | | |
| | 31 | 22.12.17 | 103 | 25 | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 22 | 23 | 24 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 22 | 23 | 24 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 6,5 | R | O | C | P | | | | |
| sem 16 | 32 | 26.12.17 | 107 | 29 | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 22 | 23 | 24 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 22 | 23 | 24 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 6,5 | R | O | C | P | | | | |
| | 33 | 29.12.17 | 110 | 28 | 24 | 24 | 22 | 23,33 | 7 | R | O | C | P | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 7 | R | O | C | P | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 7 | R | O | C | P | 24 | 24 | 22 | 23,33 | 6,5 | R | O | C | P | | | | |
| sem 17 | 34 | 2.1.18 | 114 | 29 | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 7 | R | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | R | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | R | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 6,5 | R | O | C | P | | | | |
| | 35 | 5.1.18 | 117 | 28 | 24 | 24 | 23 | 23,67 | 7 | R | O | C | P | 23 | 25 | 25 | 24,33 | 7 | R | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | R | O | C | P | 24 | 24 | 23 | 23,67 | 6,5 | R | O | C | P | | | | |
| sem 18 | 36 | 9.1.18 | 121 | 27 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | R | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | R | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | R | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 6,5 | R | O | C | P | | | | |
| | 37 | 12.1.18 | 124 | 29 | 25 | 25 | 23 | 24,33 | 7 | R | O | C | P | 24 | 25 | 24 | 24,33 | 7 | R | O | C | P | 24 | 25 | 24 | 24,33 | 7 | R | O | C | P | 25 | 25 | 23 | 24,33 | 6,5 | R | O | C | P | | | | |
| sem 19 | 38 | 16.1.18 | 128 | 28 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | R | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 6,5 | R | O | C | P | | | | |
| | 39 | 19.1.18 | 131 | 28 | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 6,5 | R | O | C | P | | | | |

| TEXTURA | |
|---------|---|
| FIBROSO | F |
| REGULAR | R |
| SUAVE | S |

| COLOR | |
|---------------|---|
| VERDE | V |
| MARRON | M |
| MARRON OSCURO | O |

| OLOR | |
|-----------|---|
| ESTIERCOL | E |
| AEROBIO | A |
| ANAEROBIO | T |
| COMPOST | C |

| FAUNA COLONIZADORA | |
|--------------------|---|
| AUSENCIA | A |
| PRESENCIA | P |

Fuente: Datos tomados en campo

Apéndice D.

Datos del tratamiento solo estiércol (E^{sin}/T), tratamiento C

| | NRO CTR | FECHA | Día | T° amb | PILA C1 | | | | | | | | | | PILA C2 | | | | | | | | | | PILA C3 | | | | | | | | | | PILA C4 | | | | | | | | | |
|--------|---------------|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|--|
| | | | | | T°1 | T°2 | T°3 | Prom | pH | text | color | olor | colo. | T°1 | T°2 | T°3 | Prom | pH | text | color | olor | colo. | T°1 | T°2 | T°3 | Prom | pH | text | color | olor | colo. | T°1 | T°2 | T°3 | Prom | pH | text | color | olor | colo. | | | | |
| | INICIO | 10.09.2017 | 0 | 20 | 21 | 23 | 21 | 21,67 | 6 | F | V | T | A | 22 | 21 | 22 | 21,67 | 6 | F | V | T | A | 22 | 22 | 23 | 22,33 | 6 | F | V | T | A | 21 | 21 | 22 | 21,33 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| sem 1 | 1 | 11.9.17 | 1 | 16 | 48 | 56 | 54 | 52,67 | 7 | F | V | T | A | 55 | 52 | 52 | 53,00 | 7 | F | V | T | A | 53 | 53 | 54 | 53,33 | 7 | F | V | T | A | 48 | 52 | 53 | 51,00 | 7 | F | V | T | A | | | | |
| | 2 | 13.9.17 | 3 | 18 | 41 | 36 | 36 | 37,67 | 6 | F | V | T | A | 52 | 49 | 45 | 48,67 | 7 | F | V | T | A | 43 | 41 | 42 | 42,00 | 6 | F | V | T | A | 41 | 49 | 44 | 44,67 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| | 3 | 15.9.17 | 5 | 17 | 38 | 44 | 34 | 38,67 | 6 | F | V | T | A | 39 | 35 | 40 | 38,00 | 7 | F | V | T | A | 40 | 42 | 34 | 38,67 | 6 | F | V | T | A | 38 | 35 | 42 | 38,33 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| sem 2 | 4 | 19.9.17 | 9 | 23 | 30 | 29 | 29 | 29,33 | 6 | F | V | T | A | 33 | 31 | 34 | 32,67 | 6 | F | V | T | A | 33 | 35 | 34 | 34,00 | 6 | F | V | T | A | 30 | 31 | 35 | 32,00 | 6 | F | V | T | A | | | | |
| | 5 | 22.9.17 | 12 | 18 | 24 | 25 | 25 | 24,67 | 6 | F | V | T | A | 29 | 31 | 30 | 30,00 | 6 | F | V | T | A | 25 | 26 | 26 | 25,67 | 6 | F | V | T | A | 24 | 31 | 26 | 27,00 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| sem 3 | 6 | 26.9.17 | 16 | 22 | 29 | 29 | 28 | 28,67 | 6 | F | M | A | A | 27 | 28 | 25 | 26,67 | 6 | F | M | A | A | 28 | 29 | 28 | 28,33 | 6 | F | M | A | A | 29 | 28 | 29 | 28,67 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| | 7 | 29.9.17 | 19 | 24 | 27 | 27 | 26 | 26,67 | 6 | F | M | A | A | 24 | 26 | 24 | 24,67 | 6 | F | M | A | A | 26 | 26 | 25 | 25,67 | 6 | F | M | A | A | 27 | 26 | 26 | 26,33 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| sem 4 | 8 | 3.10.17 | 23 | 23 | 26 | 26 | 27 | 26,33 | 6 | F | M | A | A | 25 | 24 | 25 | 24,67 | 6 | F | M | A | A | 25 | 24 | 24 | 24,33 | 6 | F | M | A | A | 26 | 24 | 24 | 24,67 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| | 9 | 6.10.17 | 26 | 22 | 23 | 23 | 25 | 23,67 | 6 | F | M | A | A | 24 | 22 | 24 | 23,33 | 6 | F | M | A | A | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 6 | F | M | A | A | 23 | 22 | 24 | 23,00 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| sem 5 | 10 | 10.10.17 | 30 | 22 | 22 | 22 | 21 | 21,67 | 6 | F | M | A | A | 24 | 24 | 22 | 23,33 | 6 | F | M | A | A | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 6 | F | M | A | A | 22 | 24 | 23 | 23,00 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| | 11 | 13.10.17 | 33 | 21 | 21 | 22 | 22 | 21,67 | 6 | F | M | A | A | 21 | 23 | 21 | 21,67 | 6 | F | M | A | A | 21 | 21 | 22 | 21,33 | 6 | F | M | A | A | 21 | 23 | 21 | 21,67 | 6 | F | M | A | A | | | | |
| sem 6 | 12 | 17.10.17 | 37 | 24 | 22 | 23 | 22 | 22,33 | 6 | F | M | E | A | 21 | 22 | 22 | 21,67 | 6 | R | M | E | A | 22 | 21 | 22 | 21,67 | 6 | R | M | E | A | 22 | 22 | 21 | 21,67 | 6 | F | M | E | A | | | | |
| | 13 | 20.10.17 | 40 | 19 | 22 | 23 | 23 | 22,67 | 6 | F | M | E | A | 23 | 22 | 23 | 22,67 | 6 | R | M | E | A | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 6 | R | M | E | A | 22 | 22 | 23 | 22,33 | 6 | F | M | E | A | | | | |
| sem 7 | 14 | 24.10.17 | 44 | 26 | 23 | 22 | 23 | 22,67 | 6 | R | M | E | A | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 6 | R | M | E | A | 24 | 24 | 22 | 23,33 | 6 | R | M | E | A | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 6 | R | M | E | A | | | | |
| | 15 | 27.10.17 | 47 | 23 | 23 | 21 | 22 | 22,00 | 6 | R | M | E | A | 22 | 23 | 23 | 22,67 | 6 | R | M | E | A | 23 | 22 | 23 | 22,67 | 6 | R | M | E | A | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 6 | R | M | E | A | | | | |
| sem 8 | 16 | 31.10.17 | 51 | 24 | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 6 | R | M | E | A | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 6,5 | R | M | E | A | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 6 | R | M | E | A | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 6 | R | M | E | A | | | | |
| | 17 | 3.11.17 | 54 | 23 | 21 | 22 | 22 | 21,67 | 7 | R | M | E | A | 24 | 21 | 23 | 22,67 | 6,5 | R | M | E | A | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 6 | R | M | E | A | 21 | 21 | 24 | 22,00 | 7 | R | M | E | A | | | | |
| sem 9 | 18 | 7.11.17 | 58 | 24 | 23 | 22 | 23 | 22,67 | 7 | R | M | E | A | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 6,5 | R | M | E | A | 22 | 23 | 23 | 22,67 | 7 | R | M | E | A | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | M | E | A | | | | |
| | 19 | 10.11.17 | 61 | 22 | 20 | 22 | 21 | 21,00 | 7 | R | M | E | A | 22 | 20 | 20 | 20,67 | 6,5 | R | M | E | A | 20 | 22 | 22 | 21,33 | 7 | R | M | E | A | 20 | 20 | 22 | 20,67 | 7 | R | M | E | A | | | | |
| sem 10 | 20 | 14.11.17 | 65 | 25 | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | R | M | E | A | 24 | 23 | 23 | 23,33 | 6,5 | R | M | E | A | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 7 | R | M | E | A | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 7 | R | M | E | A | | | | |
| | 21 | 17.11.17 | 68 | 24 | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 7 | R | O | E | A | 21 | 22 | 23 | 22,00 | 6,5 | R | M | E | A | 23 | 21 | 22 | 22,00 | 7 | R | O | E | A | 22 | 22 | 21 | 21,67 | 7 | R | M | E | A | | | | |
| sem 11 | 22 | 21.11.17 | 72 | 25 | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 7 | S | O | E | A | 23 | 22 | 22 | 22,33 | 6,5 | S | O | E | A | 22 | 23 | 22 | 22,33 | 7 | R | O | E | A | 22 | 22 | 23 | 22,33 | 7 | R | O | E | A | | | | |
| | 23 | 24.11.17 | 75 | 25 | 22 | 23 | 22 | 22,33 | 7 | S | O | C | A | 23 | 22 | 23 | 22,67 | 7 | S | O | E | A | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 22 | 22 | 23 | 22,33 | 7 | S | O | E | A | | | | |
| sem 12 | 24 | 28.11.17 | 79 | 24 | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 22 | 23 | 22 | 22,33 | 7 | S | O | C | A | 22 | 22 | 22 | 22,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 7 | S | O | C | A | | | | |
| | 25 | 1.12.17 | 82 | 25 | 23 | 24 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 13 | 26 | 5.12.17 | 86 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 22 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 24 | 21 | 24 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 27 | 8.12.17 | 89 | 25 | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 23 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 24 | 23 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 14 | 28 | 12.12.17 | 93 | 25 | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 22 | 24 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 29 | 15.12.17 | 96 | 25 | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 22 | 24 | 23,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 15 | 30 | 19.12.17 | 100 | 27 | 24 | 23 | 23 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 25 | 24 | 25 | 24,67 | 7 | S | O | C | P | 25 | 24 | 25 | 24,67 | 7 | S | O | C | P | 24 | 23 | 23 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 31 | 22.12.17 | 103 | 25 | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 24 | 23,33 | 7 | S | O | C | P | 23 | 23 | 22 | 22,67 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 16 | 32 | 26.12.17 | 107 | 29 | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 23 | 23,67 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 23 | 23,67 | 7 | S | O | C | P | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 33 | 29.12.17 | 110 | 28 | 24 | 24 | 25 | 24,33 | 7 | S | O | C | P | 25 | 24 | 25 | 24,67 | 7 | S | O | C | P | 25 | 24 | 25 | 24,67 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 25 | 24,33 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 17 | 34 | 2.1.18 | 114 | 29 | 24 | 25 | 24 | 24,33 | 7 | S | O | C | P | 25 | 24 | 24 | 24,33 | 7 | S | O | C | P | 25 | 25 | 24 | 24,67 | 7 | S | O | C | P | 24 | 25 | 24 | 24,33 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 35 | 5.1.18 | 117 | 28 | 23 | 24 | 24 | 23,67 | 7 | S | O | C | P | 24 | 23 | 24 | 23,67 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 23 | 24 | 24 | 23,67 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 18 | 36 | 9.1.18 | 121 | 27 | 24 | 25 | 24 | 24,33 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 25 | 24 | 24,33 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 37 | 12.1.18 | 124 | 29 | 25 | 25 | 25 | 25,00 | 7 | S | O | C | P | 25 | 25 | 24 | 24,67 | 7 | S | O | C | P | 25 | 24 | 24 | 24,33 | 7 | S | O | C | P | 25 | 25 | 25 | 25,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| sem 19 | 38 | 16.1.18 | 128 | 28 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |
| | 39 | 19.1.18 | 131 | 28 | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | 24 | 24 | 24 | 24,00 | 7 | S | O | C | P | | | | |

| TEXTURA | |
|---------|---|
| FIBROSO | F |
| REGULAR | R |
| SUAVE | S |

Apéndice E.

Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para los datos de los días 30 al 131

PRUEBA DE SHAPIRO-WILK PARA NORMALIDAD DE LOS DATOS DE TEMPERATURA

| | Día 30 | Día 33 | Día 40 | Día 47 | Día 54 | Día 61 | Día 68 | Día 75 | Día 82 | Día 89 | Día 96 | Día 103 | Día 110 | Día 117 | Día 124 | Día 131 |
|-------------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Tratamiento | Significancia (<i>p</i> -valor) | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0,697 | 0,967 | 0,001 | 0,089 | 0,585 | 0,974 | 0,221 | 0,274 | 0,024 | 0,024 | 0,024 | 0,024 | - | 0,024 | 0,024 | - |
| B | 0,190 | 0,273 | 0,001 | 0,261 | 0,024 | 0,164 | 0,222 | 0,024 | 0,001 | 0,024 | 0,222 | - | 0,024 | 0,024 | - | - |
| C | 0,051 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,794 | 0,272 | 0,001 | 0,274 | 0,001 | 0,001 | 0,272 | 0,024 | 0,024 | 0,001 | 0,271 | - |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Elaboración propia

Apéndice F.

Datos de temperatura en °C de los tres tratamientos en el bloque I

| DATOS DE TEMPERATURA EN EL BLOQUE I | | | |
|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Día | Media de T° en A | Media de T° en B | Media de T° en C |
| 0 | 21,67 | 21,33 | 21,67 |
| 1 | 62,67 | 48,00 | 52,67 |
| 3 | 59,33 | 41,33 | 37,67 |
| 5 | 55,33 | 46,33 | 38,67 |
| 9 | 47,33 | 41,33 | 29,33 |
| 12 | 29,67 | 30,00 | 24,67 |
| 16 | 32,00 | 26,00 | 28,67 |
| 19 | 31,67 | 25,33 | 26,67 |
| 23 | 28,33 | 27,33 | 26,33 |
| 26 | 26,67 | 26,33 | 23,67 |
| 30 | 25,33 | 24,67 | 21,67 |
| 33 | 25,00 | 22,33 | 21,67 |
| 37 | 24,67 | 23,33 | 22,33 |
| 40 | 22,67 | 21,67 | 22,67 |
| 44 | 24,33 | 23,00 | 22,67 |
| 47 | 24,67 | 23,33 | 22,00 |
| 51 | 25,00 | 22,67 | 22,00 |
| 54 | 24,33 | 22,00 | 21,67 |
| 58 | 24,33 | 23,33 | 22,67 |
| 61 | 23,00 | 21,67 | 21,00 |
| 65 | 23,67 | 21,33 | 23,00 |
| 68 | 23,67 | 21,67 | 22,00 |
| 72 | 24,00 | 22,00 | 22,00 |
| 75 | 24,00 | 21,33 | 22,33 |
| 79 | 24,00 | 21,33 | 23,00 |
| 82 | 24,00 | 22,00 | 23,33 |
| 86 | 24,00 | 21,00 | 24,00 |
| 89 | 24,00 | 21,67 | 23,33 |
| 93 | 23,00 | 22,00 | 22,67 |
| 96 | 24,00 | 23,00 | 22,67 |
| 100 | 24,00 | 23,00 | 23,33 |
| 103 | 25,00 | 23,00 | 22,67 |
| 107 | 24,33 | 23,00 | 23,67 |
| 110 | 24,00 | 23,33 | 24,33 |
| 114 | 25,00 | 23,67 | 24,33 |
| 117 | 24,00 | 23,67 | 23,67 |
| 121 | 24,00 | 24,00 | 24,33 |
| 124 | 25,67 | 24,33 | 25,00 |
| 128 | 24,00 | 24,00 | 24,00 |
| 131 | 24,00 | 23,00 | 24,00 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Datos tomados en campo

Apéndice G.

Datos de temperatura en °C de los tres tratamientos en el bloque II

| DATOS DE TEMPERATURA EN EL BLOQUE II | | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Día | Media de T° en A | Media de T° en B | Media de T° en C |
| 0 | 22,00 | 21,00 | 21,67 |
| 1 | 61,33 | 54,67 | 53,00 |
| 3 | 57,33 | 53,00 | 48,67 |
| 5 | 51,33 | 47,33 | 38,00 |
| 9 | 46,33 | 34,00 | 32,67 |
| 12 | 38,33 | 34,33 | 30,00 |
| 16 | 33,33 | 24,67 | 26,67 |
| 19 | 32,67 | 24,67 | 24,67 |
| 23 | 30,67 | 23,33 | 24,67 |
| 26 | 24,67 | 23,33 | 23,33 |
| 30 | 24,67 | 23,00 | 23,33 |
| 33 | 24,33 | 24,00 | 21,67 |
| 37 | 23,67 | 23,33 | 21,67 |
| 40 | 24,33 | 21,33 | 22,67 |
| 44 | 23,67 | 22,67 | 23,67 |
| 47 | 23,33 | 22,33 | 22,67 |
| 51 | 24,00 | 22,00 | 22,00 |
| 54 | 23,00 | 21,33 | 22,67 |
| 58 | 23,00 | 23,00 | 22,67 |
| 61 | 22,67 | 20,67 | 20,67 |
| 65 | 21,33 | 22,33 | 23,33 |
| 68 | 22,00 | 21,00 | 22,00 |
| 72 | 23,33 | 21,33 | 22,33 |
| 75 | 23,33 | 20,33 | 22,67 |
| 79 | 23,33 | 21,00 | 22,33 |
| 82 | 23,33 | 21,67 | 23,00 |
| 86 | 23,33 | 22,33 | 23,33 |
| 89 | 23,33 | 22,67 | 23,33 |
| 93 | 23,33 | 22,00 | 23,33 |
| 96 | 23,00 | 22,33 | 23,33 |
| 100 | 24,00 | 22,33 | 24,67 |
| 103 | 24,00 | 23,00 | 23,33 |
| 107 | 25,00 | 23,00 | 23,67 |
| 110 | 24,00 | 23,67 | 24,67 |
| 114 | 24,00 | 24,00 | 24,33 |
| 117 | 23,00 | 24,33 | 23,67 |
| 121 | 24,00 | 24,00 | 24,00 |
| 124 | 25,00 | 24,33 | 24,67 |
| 128 | 24,00 | 23,00 | 24,00 |
| 131 | 24,00 | 23,00 | 24,00 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Datos tomados en campo

Apéndice H.

Datos de temperatura en °C de los tres tratamientos en el bloque III

| DATOS DE TEMPERATURA EN EL BLOQUE III | | | |
|---------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Día | Media de T° en A | Media de T° en B | Media de T° en C |
| 0 | 22,00 | 21,00 | 22,33 |
| 1 | 60,67 | 60,67 | 53,33 |
| 3 | 55,00 | 53,33 | 42,00 |
| 5 | 50,33 | 38,67 | 38,67 |
| 9 | 45,00 | 38,33 | 34,00 |
| 12 | 28,33 | 27,67 | 25,67 |
| 16 | 33,67 | 25,33 | 28,33 |
| 19 | 30,33 | 24,00 | 25,67 |
| 23 | 29,33 | 26,00 | 24,33 |
| 26 | 27,33 | 24,33 | 24,00 |
| 30 | 26,33 | 22,33 | 23,33 |
| 33 | 24,67 | 21,67 | 21,33 |
| 37 | 24,67 | 23,67 | 21,67 |
| 40 | 24,33 | 21,67 | 22,67 |
| 44 | 23,67 | 22,67 | 23,33 |
| 47 | 23,67 | 21,67 | 22,67 |
| 51 | 23,33 | 21,67 | 22,00 |
| 54 | 24,00 | 21,33 | 23,33 |
| 58 | 23,67 | 22,33 | 22,67 |
| 61 | 23,33 | 20,33 | 21,33 |
| 65 | 23,00 | 22,33 | 23,33 |
| 68 | 23,67 | 20,67 | 22,00 |
| 72 | 23,00 | 21,33 | 22,33 |
| 75 | 23,33 | 20,33 | 23,00 |
| 79 | 23,33 | 21,00 | 22,00 |
| 82 | 23,33 | 22,00 | 23,00 |
| 86 | 23,33 | 23,00 | 23,00 |
| 89 | 23,33 | 22,67 | 23,00 |
| 93 | 23,33 | 22,00 | 23,00 |
| 96 | 23,00 | 22,00 | 23,00 |
| 100 | 24,00 | 22,00 | 24,67 |
| 103 | 24,00 | 23,00 | 23,33 |
| 107 | 25,00 | 23,00 | 23,67 |
| 110 | 24,00 | 23,67 | 24,67 |
| 114 | 24,00 | 24,00 | 24,67 |
| 117 | 23,00 | 24,33 | 24,00 |
| 121 | 24,00 | 24,00 | 24,00 |
| 124 | 25,00 | 24,33 | 24,33 |
| 128 | 24,00 | 23,00 | 24,00 |
| 131 | 24,00 | 23,00 | 24,00 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Datos tomados en campo

Apéndice I.

Datos de temperatura en °C de los tres tratamientos en el bloque IV

| DATOS DE TEMPERATURA EN EL BLOQUE IV | | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Día | Media de T° en A | Media de T° en B | Media de T° en C |
| 0 | 21,67 | 21,33 | 21,33 |
| 1 | 62,67 | 51,33 | 51,00 |
| 3 | 60,33 | 46,67 | 44,67 |
| 5 | 53,67 | 38,00 | 38,33 |
| 9 | 45,67 | 36,33 | 32,00 |
| 12 | 38,00 | 29,67 | 27,00 |
| 16 | 34,00 | 28,00 | 28,67 |
| 19 | 32,00 | 26,67 | 26,33 |
| 23 | 28,67 | 25,67 | 24,67 |
| 26 | 28,00 | 23,33 | 23,00 |
| 30 | 24,33 | 24,67 | 23,00 |
| 33 | 24,00 | 22,33 | 21,67 |
| 37 | 24,33 | 23,33 | 21,67 |
| 40 | 24,33 | 21,67 | 22,33 |
| 44 | 24,33 | 23,00 | 23,33 |
| 47 | 23,33 | 23,33 | 22,67 |
| 51 | 24,00 | 22,67 | 22,00 |
| 54 | 24,67 | 22,00 | 22,00 |
| 58 | 23,33 | 23,33 | 23,00 |
| 61 | 23,67 | 21,67 | 20,67 |
| 65 | 23,00 | 21,33 | 23,33 |
| 68 | 23,00 | 21,67 | 21,67 |
| 72 | 23,67 | 22,00 | 22,33 |
| 75 | 23,67 | 21,33 | 22,33 |
| 79 | 24,00 | 21,33 | 22,67 |
| 82 | 24,00 | 22,00 | 23,00 |
| 86 | 24,00 | 21,00 | 23,67 |
| 89 | 24,00 | 21,67 | 23,33 |
| 93 | 23,00 | 22,00 | 22,67 |
| 96 | 24,00 | 23,00 | 22,67 |
| 100 | 24,00 | 23,00 | 23,33 |
| 103 | 25,00 | 23,00 | 22,67 |
| 107 | 24,33 | 23,00 | 23,67 |
| 110 | 24,00 | 23,33 | 24,33 |
| 114 | 25,00 | 23,67 | 24,33 |
| 117 | 24,00 | 23,67 | 23,67 |
| 121 | 24,00 | 24,00 | 24,33 |
| 124 | 25,67 | 24,33 | 25,00 |
| 128 | 24,00 | 24,00 | 24,00 |
| 131 | 24,00 | 23,00 | 24,00 |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: Datos tomados en campo

Apéndice J.

Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para los datos de los días 1 al 131

| PRUEBA DE SHAPIRO-WILK PARA NORMALIDAD DE LOS DATOS DE pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Día 1 | Día 5 | Día 12 | Día 19 | Día 26 | Día 33 | Día 40 | Día 47 | Día 54 | Día 61 | Día 68 | Día 75 | Día 82 | Día 89 | Día 96 | Día 103 | Día 110 | Día 117 | Día 124 | Día 131 |
| Tratamiento | Significancia (<i>p</i> -valor) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0,683 | 0,106 | 0,001 | - | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,683 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| B | 0,001 | - | - | 0,001 | - | - | - | - | - | - | - | 0,024 | - | - | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | - |
| C | - | 0,001 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,024 | - | - | - | - | - | - | - | - |

A: foRSU Troceados más agregado de Estiércol

B: foRSU Troceados

C: foRSU mas agregado de Estiércol y Sin Trocear

Fuente: datos tomados en campo, procesados en software SPSS v.22

Apéndice K.

Datos de pH de los tres tipos de tratamiento según bloques

| DATOS DE PH DE LOS RESPECTIVOS BLOQUES | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Día | Bloque I | | | Bloque II | | | Bloque III | | | Bloque IV | | |
| | Medias pH A | Media pH B | Media pH C | Media pH A | Media pH B | Media pH C | Media pH A | Media pH B | Media pH C | Media pH A | Media pH B | Media pH C |
| 1 | 8,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,5 | 7,0 | 8,0 | 7,0 | 7,0 | 8,0 | 7,0 | 7,0 |
| 3 | 8,0 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 6,0 | 6,0 | 8,0 | 7,0 | 6,0 |
| 5 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 8,0 | 6,0 | 6,0 |
| 9 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 8,0 | 6,0 | 6,0 |
| 12 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 16 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 19 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 23 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,5 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 26 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,5 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 30 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,5 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 33 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,5 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 37 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,5 | 6,0 | 6,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 40 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,5 | 6,0 | 6,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 44 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,5 | 6,0 | 6,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 47 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,5 | 6,0 | 6,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 51 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 54 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 6,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 7,0 |
| 58 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 6,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 7,0 |
| 61 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 7,0 |
| 65 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 7,0 |
| 68 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 7,0 |
| 72 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 6,5 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 7,0 |
| 75 | 7,0 | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 7,0 |
| 79 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 7,0 |
| 82 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 86 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 89 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 93 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 96 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 100 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 103 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 107 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 110 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 114 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 117 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 121 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 124 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 128 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |
| 131 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 7,0 |

Fuente: Datos tomado en campo

Apéndice L.

Fotos durante el proceso del experimento



Foto 1: recolección de fracción orgánica de residuos sólidos urbanos



Foto 2: acumulación del sustrato



Foto 3: restos orgánicos listos para el experimento.



Foto 4: armado de las pilas de compostaje.



Foto 5: cobertura de las pilas de compostaje



Foto 6: control de la temperatura.



Foto 7: Procedimiento para el control de pH.



Foto 8: control de características físicas.



Foto 9: volteo mecánico para aireación.



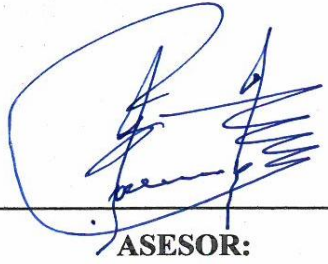
Foto 10: análisis de textura, prueba del puño.



Foto 11: presencia de colonizadores.



Foto12: colonizadores en fase de maduración.



ASESOR:

Dr. Daladier Miguel Castillo
Cotrina



CO-ASESOR:

Blgo Mblgo. Eddy Rudy Valeriano
Arocutipa



TESISTA:

Bach. Roy Alexandro Carhuapoma
Rosales