

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE COMPOSTAJE DE DOS
SUSTRATOS EN LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA
LOMBRIZ ROJA (*Eisenia fetida*)“**

Presentado por:

LUIS ALONSO MANCHEGO JIMÉNEZ

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
ZOOTECNISTA

LIMA – PERÚ

2022

Document Information

Analyzed document	TESIS LUIS ALONSO MANCHEGO JIMÉNEZ-FINAL.pdf (D146731435)
Submitted	10/17/2022 11:29:00 PM
Submitted by	GLADYS JUANA CARRION CARRERA
Submitter email	gcc@lamolina.edu.pe
Similarity	4%
Analysis address	gcc.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	DOCUMENTO PRUEBA.pdf Document DOCUMENTO PRUEBA.pdf (D35704168)	 1
SA	b48677ac67fe47aa02c3c2b33684395c593219c5.html Document b48677ac67fe47aa02c3c2b33684395c593219c5.html (D140645710)	 1
SA	Jaramillo Vélez, R. UTE B 2019 TT.docx Document Jaramillo Vélez, R. UTE B 2019 TT.docx (D63743647)	 1
SA	PLAN DE TESIS - YULY MERCEDES APAZA GOMEZ.docx Document PLAN DE TESIS - YULY MERCEDES APAZA GOMEZ.docx (D41334449)	 3
SA	articulo lombriz.agosto.2019.docx Document articulo lombriz.agosto.2019.docx (D58461983)	 1
SA	Tesis terminada correccion 5 revisada.docx Document Tesis terminada correccion 5 revisada.docx (D35203893)	 1
SA	18_articulo científico_Juan Gonzales.docx Document 18_articulo científico_Juan Gonzales.docx (D110808191)	 4
W	URL: https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/export/QA_export.xlsx Fetched: 12/13/2021 4:47:40 PM	 7

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE ZOOTECNIA "EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE COMPOSTAJE DE DOS SUSTRATOS EN LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA LOMBRIZ ROJA (Eisenia fetida) " Presentado por LUIS ALONSO MANCHEGO JIMÉNEZ TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ZOOTECNIA LIMA – PERÚ 2022 La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)

DEDICATORIA A Martín, la persona más noble que he podido conocer. Gracias por guiarme y formarme. Un eterno abrazo hasta el cielo, hermano.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA

**“EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE COMPOSTAJE DE DOS
SUSTRATOS EN LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA
LOMBRIZ ROJA (*Eisenia fetida*)“**

**Presentado por:
LUIS ALONSO MANCHEGO JIMÉNEZ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO ZOOTECNISTA**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

**Ph.D. Lucrecia Aguirre Terrazas
PRESIDENTE**

**Dra. Gladys Carrión Carrera
PATROCINADOR**

**Ph.D. Maria Elena Souza de Abreu
MIEMBRO**

**Ph.D. Cecilio Barrantes Campos
MIEMBRO**

DEDICATORIA

A Martín, la persona más noble que he podido conocer.

Gracias por guiarme y formarme.

Un eterno abrazo hasta el cielo, hermano.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Gladys Carrión; por la oportunidad de ejecutar este proyecto de investigación y sobre todo, su compromiso como docente.

Al departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia, por las facilidades de instalación para la ejecución de este proyecto y análisis de laboratorio.

A mi amada familia, quienes siempre estuvieron conmigo motivándome a cumplir mis metas.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	La lombriz en la agricultura.....	3
2.2.	<i>Eisenia fetida</i> y la dinámica poblacional.....	4
2.3.	El sustrato	6
2.3.1.	Compostaje	7
2.3.2.	Indicadores para el inóculo.....	11
2.4.	Vermicompostaje:	12
III.	METODOLOGÍA	14
3.1.	Ubicación y duración del experimento	14
3.2.	Caracterización y determinación del nivel de inclusión en las mezclas.....	14
3.2.1.	Selección y mezcla de insumos.....	14
3.2.2.	Conformación de pilas de compostaje	18
3.3.	Medición de parámetros físico-químicos del compostaje	18
3.4.	Interrupción del proceso de compostaje	19
3.5.	Prueba de 50 lombrices (P50L)	19
3.6.	Dinámica poblacional de la lombriz roja	20
3.7.	Análisis y caracterización fisicoquímica del vermicompost.....	22
3.8.	Diseño estadístico.....	22
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1.	Comportamiento de las pilas de compostaje.....	24
4.1.1.	Temperatura	24
4.1.2.	pH.....	26
4.1.3.	Humedad	28
4.2.	Evaluación de dinámica poblacional mediante la cuantificación de lombrices ...	29
4.2.1.	Primer recuento de subpoblaciones	29
4.2.2.	Segundo recuento de subpoblaciones.....	31
4.2.3.	Tercer recuento de subpoblaciones.....	32
4.2.4.	Cuarto recuento de subpoblaciones	35
4.3.	Análisis químico del vermicompost	43
4.3.1.	pH.....	43
4.3.2.	Conductividad eléctrica	43
4.3.3.	Materia Orgánica	46
4.3.4.	Relación Carbono:Nitrógeno.....	46
4.3.5.	Macro y Micronutrientes	47
4.3.6.	Metales pesados	48

V. CONCLUSIONES.....	50
VI. RECOMENDACIONES.....	52
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	53
VIII. ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Caracterización físico química de materiales utilizados como sustrato para lombrices	7
Tabla 2: Análisis químico proximal de los insumos utilizados en la mezcla de compostaje.	16
Tabla 3: Factores de conversión de Carbono y Nitrógeno.....	17
Tabla 4: Relación C/N de los insumos.	18
Tabla 5: Valores del parámetro temperatura en función al sustrato empleado y el tiempo sometido a compostaje.	26
Tabla 6: Valores del parámetro pH en función al sustrato empleado y el tiempo sometido de compostaje	27
Tabla 7: Valores del parámetro humedad en función al sustrato empleado y el tiempo sometido de compostaje.	28
Tabla 8: Primera cuantificación de cocones, juveniles y adultos según el sustrato y el periodo al que fue sometido a compostaje.....	29
Tabla 9: Segunda cuantificación de cocones, juveniles y adultos según el sustrato y el periodo al que fue sometido a compostaje.....	31
Tabla 10: Tercera cuantificación de cocones, juveniles y adultos según el sustrato y el periodo al que fue sometido a compostaje.....	33
Tabla 11: Cuarta cuantificación de cocones, juveniles y adultos según el sustrato y el periodo al que fue sometido a compostaje.....	36
Tabla 12: Resumen de análisis fisicoquímico del vermicompost.....	44
Tabla 13: Índice Agronómico del vermicompost obtenido con exclusión de Cloro.....	45
Tabla 14: Relación C:N final del vermicompost.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo biológico de la lombriz roja	6
Figura 2: Etapas de compostaje	8
Figura 3: Diagrama de procesos para la obtención de sustratos.....	21
Figura 4: Tendencia de la temperatura y pH promedio durante el proceso de compostaje en S1 (Pre compost de estiércol de vacuno con restos de poda)	24
Figura 5: Tendencia de la temperatura y pH promedio durante el proceso de compostaje en S2 (Pre compost de estiércol de ovino con restos de poda).....	25
Figura 6: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de cocones a las 2 semanas de haber inoculado con lombriz roja.....	30
Figura 7: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de cocones a las 4 semanas de haber inoculado con lombriz roja.....	32
Figura 8: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de cocones a las 6 semanas de haber inoculado con lombriz roja.....	34
Figura 9: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de juveniles a las 6 semanas de haber inoculado con lombriz roja.	34
Figura 10: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de adultos a las 6 semanas de haber inoculado con lombriz roja.	35
Figura 11: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de cocones a las 8 semanas de haber inoculado con lombriz roja.....	38
Figura 12: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de juveniles a las 8 semanas de haber inoculado con lombriz roja.	39
Figura 13: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de adultos a las 8 semanas de haber inoculado con lombriz roja.	39
Figura 14: Desarrollo global de cocones a lo largo del periodo de medición	40
Figura 15: Desarrollo global de juveniles a lo largo del periodo de medición.....	41
Figura 16: Desarrollo global de adultos a lo largo del periodo de medición	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Marco Legal en la Normativa Peruana.....	63
Anexo 2: Norma Técnica Colombiana - NTC 5167 - 2011. Parámetros para abonos y enmiendas orgánicas	76
Anexo 3: Norma Mexicana para Humus de lombriz (lombricomposta). Especificaciones y métodos de prueba. NMX-FF-109-SCFI – 2008.....	77
Anexo 4: Cálculo del nivel de inclusión de insumos para el primer sustrato	78
Anexo 5: Cálculo del nivel de inclusión de insumos para el segundo sustrato.....	79
Anexo 6: Mediciones de temperatura, humedad y pH durante el proceso de compostaje de S1	80
Anexo 7: Mediciones de temperatura, humedad y pH durante el proceso de compostaje de S2	87
Anexo 8: Primera cuantificación de subpoblaciones realizado en la segunda semana de haber inoculado 50 adultos clitelados	93
Anexo 9: Segunda cuantificación de subpoblaciones realizado en la cuarta semana de haber inoculado 50 adultos clitelados	94
Anexo 10: Tercera cuantificación de subpoblaciones realizado en la sexta semana de haber inoculado 50 adultos clitelados	95
Anexo 11: Cuarta cuantificación de subpoblaciones realizado en la octava semana de haber inoculado 50 adultos clitelados	96
Anexo 12: Análisis estadístico de la primera cuantificación de subpoblaciones	97
Anexo 13: Análisis estadístico de la segunda cuantificación de subpoblaciones	100
Anexo 14: Análisis estadístico de la tercera cuantificación de subpoblaciones.....	103
Anexo 15: Análisis estadístico de la cuarta cuantificación de subpoblaciones.....	106

RESUMEN

Con el fin de evaluar el efecto del periodo de compostaje, a la cual se someten los estiércoles como tratamiento previo a la alimentación de las lombrices, en el desarrollo de subpoblaciones; se evaluaron 2 tipos de estiércoles (vacuno y ovino) mezclados con restos de poda y 4 periodos de compostaje (14, 21, 30 y 45 días). Dichas mezclas tuvieron como propósito ajustar la relación C:N, buscando que sea lo más cercano a 30:1. Mientras se les sometía a compostaje, se monitorearon los parámetros de temperatura, humedad y pH.

Cada unidad experimental constó de 10kg de sustrato y 50 lombrices cliteladas. Para evaluar la dinámica poblacional, se censó cada 2 semanas por un periodo de 2 meses a partir de la fecha de inóculo.

Los resultados manifiestan que; en el primer censo, las subpoblaciones de cocones se vieron favorecidas principalmente por el estiércol vacuno con restos de poda sometido a un periodo de compostaje por 45 días. En el segundo censo, el mejor resultado en el incremento de cocones se dio por el estiércol de vacuno con restos de poda sometidos a un periodo de compostaje por 21 días. En el tercer censo, se observó que las subpoblaciones de cocones y juveniles respondieron mejor al estiércol vacuno con restos de poda sometido a 14 días. Por último, el cuarto censo indica que las subpoblaciones de cocones se vieron beneficiadas por el estiércol de vacuno con restos de poda sometido a un periodo de compostaje de 21 días; las sub poblaciones de juveniles y adultos, se vieron beneficiadas, con el mismo sustrato, sometido a un periodo de compostaje de 14 días.

Se concluye que el mejor periodo de compostaje osciló entre los 14 y 21 días, manifestándose en la postura de cocones, desarrollo de juveniles y aumento de adultos clitelados. El sustrato que tuvo mejor resultado en las subpoblaciones de *Eisenia fetida* fue el estiércol de vacuno con restos de poda. Adicionalmente, los valores obtenidos del análisis de caracterización físico-química del vermicompost, se encuentran dentro de lo que exige la NTC-2011 en el uso de abonos y enmiendas orgánicas para cultivos.

Palabras clave: vermicompost, estiércol, compostaje, eisenia fetida, dinámica, poblaciones.

ABSTRACT

The main purpose of these study was to evaluate the composting period as previous treatment in the worms diet and in their subpopulations development. Two types of dung (cattle and sheep) mixed with pruning remains and in four pre-composting times (14, 21, 30 and 45 days) were evaluated. The purpose of these mixtures was to adjust the C:N ratio, seeking to make it as close to 30:1 as possible. At the time of composting the parameters of temperature, humidity and pH were monitored.

Each experimental unit consisted of 10kg of substrate and 50 clitellate worms. Each experimental unity was represented by 10 kg of substrate or pre-compost was inoculated with 50 cliteled worms. To evaluate population dynamics, they were counted every 2 weeks for a period of 2 months from the date of inoculum.

The results show that; in the first census, the cocon subpopulations were favored mainly by cattle manure with pruning remains subjected to a 45-day composting period. In the second census, the best result in the increase of coconuts was given by the vacuum manure with pruning remains subjected to a composting period of 21 days. In the third census, it was shown that the cocon subpopulations and juveniles responded better to cattle manure with pruning remains subjected to 14 days. Finally, the fourth census indicates that the subpopulations of cocones were favored from the vacuum manure with pruning remains subjected to a composting period of 21 days; subpopulations of juveniles and adults, were benefited, with the same substrate, subjected to a composting period of 14 days.

It is concluded that the best composting period ranged between 14 and 21 days, manifesting itself in the position of cocones, development of juveniles and increase of clitelated adults. The substrate that had the best results in the subpopulations of *Eisenia fetida* was cattle manure with pruning remains. Additionally, the values obtained from the physical-chemical characterization analysis of the vermicompost are within what is required by the NTC-2011 in the use of fertilizers and organic amendments for crops.

Keywords: vermicompost, manure, composting, eisenia fetida, dynamic, population

I. INTRODUCCIÓN

La vermicultura viene siendo utilizada como una alternativa al tratamiento aerobio de residuos de clasificación orgánica; residuos de ganadería, productos secundarios provenientes de la industria alimentaria y animal (Kiyasudeen *et al.*, 2016; Mupondi *et al.*, 2018; Yadav & Garg, 2019 ; Melendi *et al.*, 2022). Con el fin de mermar el impacto ambiental que se podría generar a causa de su inadecuada disposición.

Eisenia fetida es una de las especies de lombriz epígeas más utilizadas para este tratamiento de residuos, denominada comúnmente lombriz roja, conocida por su adaptación a un amplio rango de temperatura, alta tasa de reproducción, baja tendencia a la migración y la capacidad de vivir en densidades elevadas.

Para poder alimentarlas es necesario realizar un acondicionamiento o pretratamiento al material a emplear como sustrato, antes de ser suministrado, con el fin de optimizar sus características físico-químicas que fomenten el desarrollo de la lombriz. El acondicionamiento más económico y con mayor difusión a nivel mundial es el compostaje; realizado principalmente para lidiar con problemas como la elevación de temperatura del material y la consecuente generación de gases tóxicos, factores que amenazan la sobrevivencia de estos individuos.

Naturalmente aún se desconoce con exactitud el tiempo idóneo de degradación aerobia que requiere el sustrato o mezcla de sustratos que deberían seguir este procesos y sus repercusiones a nivel poblacional; ya que estudios de similar índole, manifiestan variaciones iniciales con respecto a parámetros de importancia, tales como: la relación Carbono/Nitrógeno inicial de la mezcla la presentación del alimento o el elevado número de materiales iniciales que conforman la matriz (Huang *et al.*, 2004; Acosta *et al.*, 2013; Pérez *et al.*, 2017; Pedraza & Hernández, 2019) ; que pueden influir o no en la dinámica poblacional de la lombriz roja.

En razón de lo anteriormente mencionado y a la escasa información sobre el tiempo de degradación previa y desarrollo poblacional, es necesario evaluar la dinámica de las subpoblaciones de *Eisenia fetida* (cocones, juveniles y adultos) en relación al efecto ocasionado por el tiempo de compostaje previo que requiere la materia orgánica en

alcanzar las características físico químicas aceptables como alimento para el desarrollo de esta especie; manteniendo los parámetros anteriormente mencionados en condiciones equivalentes.

El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto del tiempo de compostaje de dos sustratos (pre-compost de estiércol vacuno y ovino); en la dinámica poblacional de lombriz roja *Eisenia fetida*; siendo los objetivos específicos: caracterizar la variación de temperatura, humedad y pH a lo largo del proceso de compostaje para ambos sustratos, obtener la variación temporal de la lombriz en sus diferentes estadios biológicos (cocones, juveniles y adultos) en los dos sustratos, con 4 niveles del tiempo de compostaje y contrastar las características físico-químicas del vermicompost obtenidos a partir del pre compost vacuno y ovino.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La lombriz en la agricultura

Schuldt (2006), menciona que las lombrices son individuos pertenecientes a la rama de los anélidos, específicamente ligados a la clase de los oligoquetos, cuyo número de géneros rodea los 800 y con más de 7200 especies contabilizados hasta el momento. Las lombrices se encuentran en la mayoría de regiones del mundo, con excepción de lugares cuyas condiciones climáticas suponga una amenaza para la sobrevivencia de estas; tal como: lugares áridos y helados (Edwards, 2004; Fragoso & Brown, 2007).

Estas se alimentan de hojarasca y excretas animales en parcial descomposición, facilitando la mineralización de la materia, consecuentemente, aumentando la fertilidad del suelo (Ruiz *et al.*, 2008). Por lo anteriormente dicho, existe un potencial en el estudio de las excretas de origen animal aplicadas a la alimentación de la lombriz, por su alto contenido de material orgánica y nutrientes con respecto al suelo (Fragoso, 2003).

Ruiz *et al.* (2008), indica que en función al sistema de alimentación y las galerías que realizan las lombrices, estas se clasifican en: Epígeas, aquellos individuos que aprovechan material orgánico fresco o en parcial descomposición de la capa superficial del suelo; Endógeas, realizan galerías horizontales con respecto a la pendiente del suelo consumiendo en su mayor parte tierra con algo de material orgánico; y Anécicas, individuos que realizan grandes galerías verticales y se alimentan de tierra con material orgánico que arrastran de la superficie.

La fertilidad de un suelo se relaciona con la materia orgánica que alberga; sin embargo, el proceso por el cual se obtiene humus por naturaleza es lento, por lo que se pueden requerir varios años hasta lograr un compuesto estable (Schuldt, 2006).

Es por ello que se recurre al uso de técnicas como vermicompostaje para incrementar el ritmo del reciclado de material orgánico en un tiempo menor al que sugieren las condiciones naturales. Ya que el compuesto obtenido a partir de dicho proceso, posee las características físicas, químicas y biológicas ideales para su incorporación y

progresivo mejoramiento de los suelos (Edwards *et al.*, 2011). Compagnoni & Putzolu (2018), manifiestan que no sería correcto considerar al vermicompost como un abono completo, ya que existe una fuerte carencia de compuestos fertilizantes, por ello lo consideran como un corrector del suelo, precisamente por mejorar las características físicas del suelo como: dar soltura en suelos compactos y estructura en suelos arenosos; mejorar la permeabilidad y la porosidad; y reducir la erosión, aumentando su capacidad de retención de agua.

Existen diversas especie de lombrices empleadas para la producción de vermicompost, seleccionadas estratégicamente según las condiciones medioambientales que favorezcan a sus parámetros productivos y alimenticios (Edwards, 2004; Schuldt, 2006).

La lombriz roja, es una de las especies con mayor difusión a nivel mundial, ecológicamente se clasifica como una lombriz del tipo epígea y es una de las especies más deseadas debido a ciertas características que son ideales para tratar residuos de naturaleza orgánica; la capacidad de colonizar dichos residuos de manera natural, altos rangos de consumo, digestión y asimilación de la materia orgánica, tolerancia a amplios factores medioambientales y la alta capacidad reproductiva (Edwards *et al.*, 2011).

2.2. *Eisenia fetida* y la dinámica poblacional

La dinámica poblacional de lombrices se encuentra muy ligada al comportamiento de esta especie (Butt & Grigoropoulou, 2010), en condiciones naturales, la colonización, dispersión de las lombrices y degradación de la materia orgánica en descomposición está regulada por los parámetros ambientales; en condiciones artificiales como lossistemas de crianza intensivos, estos individuos presentan una dinámica, basada en crecimiento y reproducción diferente, a causa de la disposición de grandes cantidades dealimento, donde las condiciones ambientales suelen estar controladas (Ferruzzi, 1987; Durán & Henríquez, 2009; Butt & Grigoropoulou, 2010).

Así mismo, el desarrollo de las poblaciones de las lombrices están estrechamente relacionadas con un conjunto de factores físico-químicos (temperatura, C/N, pH, humedad, O₂, CO₂, sales, materia orgánica, etc.) que interaccionan entre sí, en adición con los factores biológicos de diverso origen (bacterias, hongos, microalgas y protozoarios, etc); derivando en sinergias complejas que determinarán la futura dinámica poblacional (Schuldt, 2006)

En óptimas condiciones el ciclo de biológico de la “lombriz roja”, desde la puesta del cocón hasta la formación de un adulto clitelado, tiene una duración de 45 a 51 días; el tiempo para llegar a la madurez sexual varía de los 21 a 30 días (Domínguez & Gómez-Brandón, 2010; Edwards *et al.*, 2011).

Venter & Reinecke (1988), señalan que *Eisenia fétida* produce en promedio 0.497 cocones/día, valor corroborado por Edwards *et al.* (2011), quien reporta 0.425 cocones/día; este autor también menciona que la postura de cocones empieza 48 horas después del acto de cópula (Figura 1), estos cocones poseen una viabilidad del 72% al 82%; y poseen un periodo de incubación de 18 a 26 días, con una temperatura óptima de incubación que oscila entre 20 a 25 C° (Venter & Reinecke, 1988).

Algunos autores reportan que el número de lombrices juveniles provenientes de cocones viables varía entre 3.2 a 4.3 (Herrera & Mischis, 1994), 2.5 a 3.8 (Edwards *et al.*, 2011), desmintiendo la creencia de que la emergencia por cocón es de 1 a 21 individuos (Ferruzzi, 1987).

En condiciones controladas el promedio de lapso de vida de una lombriz oscila entre 594 y 589 días para una temperatura de 18°C y 28°C respectivamente, con una esperanza máxima de vida de 4.5 a 5 años, aunque bajo condiciones naturales estos valores podrían ser considerablemente más cortos (Edwards *et al.*, 2011).

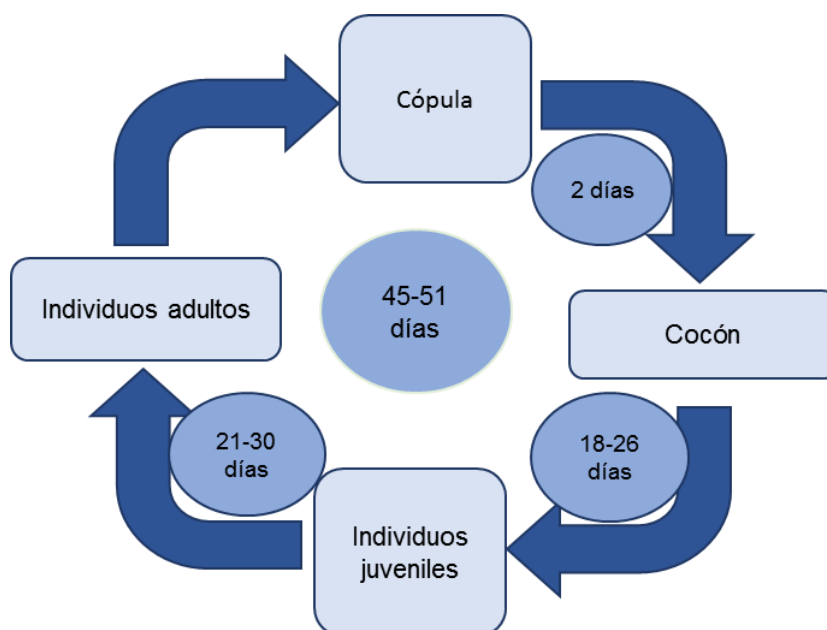


Figura 1: Ciclo biológico de la lombriz roja

Fuente: Adaptado de Edwards *et al.* (2011)

2.3. El sustrato

El sustrato que se utiliza para la alimentación de las lombrices consiste en material orgánico, parcial o totalmente descompuesto; de origen diverso, sea animal y/o vegetal; cuya caracterización físico química dependerá de diversos factores sujetos según sea el material (Tabla 1) Es recomendable que el material a usar como sustrato para las lombrices haya pasado por un pre tratamiento o “compostaje interrumpido” (Lv *et al.*, 2013); es decir, que la mezcla que compone el sustrato haya superado la fase termófila a las 2 o 3 semanas de haber iniciado el proceso con volteos periódicos, tal como sugieren los estudios y resultados obtenidos de Durán & Henríquez (2009) y Acosta *et al.* (2013), en relación con las inducciones de Schuldt (2006) , con el fin de higienizar y facilitar la digestión del sustrato; así mismo lograr ausencia de mortalidad (Delgado *et al.*, 2004) sobre todo cuando se emplea estiércoles frescos (Gutiérrez *et al.*, 2007).

Sztern & Pravia (1996), refiere por tiempo de compostaje al periodo transcurrido desde el inicio de la conformación de un montículo con insumos o materiales orgánicos a degradar, hasta la obtención de un producto estable.

Schuldt (2006), menciona que la inclusión del compostaje al proceso de vermicompostaje debe de ser lo antes posible, cuando este posea la máxima cantidad de microorganismos, pero antes de ser estabilizado como compost propiamente dicho.

Tabla 1: Caracterización físico química de materiales utilizados como sustrato para lombrices.

Tipo de material	Humedad	Relación C:N	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
Vacuno*	66	14	0.3	0.2	0.05
Vacuno*	43	10.3	0.8	0.45	0.48
Vacuno*	18	10.9	0.8	0.85	0.93
Vacuno*	56	31.9	0.3	0.1	0.32
Restos de poda*	21	13.1	0.3	0.3	0.73
Restos de poda*	51	20.4	0.2	0.05	0.19
Ovino**	65	25	1.3	0.18	0.9
Vacuno**	79	35	0.5	0.09	0.45
Restos de poda**	-	75	-	-	-

Fuente: Recopilado y adaptado de: *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2013), y **Schuldt (2006)

2.3.1. Compostaje

Román *et al.* (2013), define al compostaje como el proceso de la materia orgánica en descomposición, por acción de los microorganismos, bajo condiciones aeróbicas cuyo producto final se emplea para mejorar la estructura del suelo y aportar nutrientes, cuyas condiciones para su aplicación exhortan que el material deberá representar a la fracción de materia orgánica estabilizada, es decir, que incluya una relación C:N de 10:1 y ausencia de fitotoxicidad.

A. Fases de la degradación aerobia

Según los rangos de temperatura que se manifiestan durante el proceso de compostaje, existen 4 fases diferenciadas en este tipo de degradación aerobia:

Fase Mesófila I: Es el inicio de la degradación de la materia orgánica, presenta una temperatura ambiente hasta algunas horas, posteriormente la temperatura incrementará hasta los 45 °C como consecuencia de la intensa actividad microbiana. La descomposición de los compuestos solubles produce ácidos orgánicos, consecuentemente, el pH tenderá a decaer desde un valor neutro a 5.5-6. Dicha fase dura pocos días, entre 2 y 8 (Román *et al.*, 2013) (Figura 2).

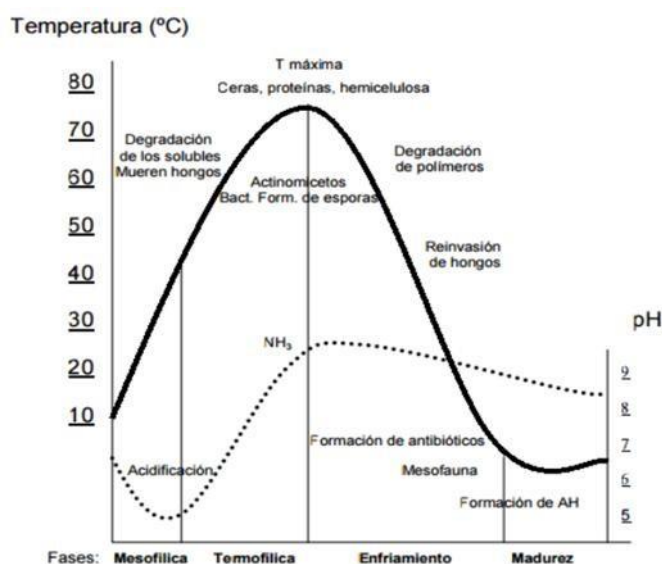


Figura 2: Etapas de compostaje

Fuente: Mirabelli (2008)

Fase Termófila: El material en descomposición habrá alcanzado la fase termófila cuando supere la temperatura de 45°C, los microorganismos mesófilos son reemplazados por aquellos que abundan en mayores temperaturas, los cuales actúan facilitando la degradación de formas más complejas del carbono, como la celulosa y lignina (Román *et al.*, 2013). Los microorganismos transformarán el nitrógeno en amonio; cuya presencia fomentará un aumento en el pH. Esta fase también se encarga

de eliminar ciertos organismos patógenos; como *Escherichia coli* y *Salmonella*, a causa del alto calor generado (Mirabelli, 2008; Edwards *et al.*, 2011) (Figura 2).

Fase Mesófila II: Al agotarse las fuentes de carbono y nitrógeno presentes en el sustrato; descende la actividad microbiana y con ello la temperatura, la cual logra llegar nuevamente hasta los 40 y 45°C. y aunque lenta, continúa la degradación de celulosa, y reaparecen los microorganismos mesófilos. Estos al reiniciar su actividad, el pH del medio descende levemente, pero en general se mantiene ligeramente alcalino (Román *et al.*, 2013).

Fase de Maduración: Es una etapa que puede demorar algunos meses a temperatura ambiente, en ésta se producen reacciones que darán lugar a la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Román *et al.*, 2013).

B. Parámetros de medición

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2013), este proceso biológico es llevado a cabo por microorganismos, por lo que se debe de tener en cuenta los parámetros que influyen en el crecimiento y proliferación de estos. Por ello el rango de estos parámetros deberán ser los óptimos para una exitosa transformación de la materia. Los parámetros que influyen en el crecimiento y proliferación de los microorganismos que descomponen la materia orgánica son:

Oxígeno: Al tratarse de un proceso aerobio, se debe mantener una aireación adecuada para permitir la difusión de gases entre el ambiente y los microorganismos. En adición a ello, se evita que el material se compacte o se encharque. Las demandas de oxígeno son variables durante el proceso, alcanzando un mayor consumo durante la fase termofílica. La saturación de oxígeno no debe bajar del 5%, siendo el valor óptimo un 10 %. Una baja aireación impide la suficiente evaporación del agua, y tornando al ambiente anaeróbico, produce malos olores y acidez por la aparición de compuestos como ácido acético, sulfhídrico (H₂S) o metano (CH₄) (Román *et al.*, 2013).

Humedad: El valor óptimo para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque este valor también depende del estado físico y tamaño de partícula. Si la humedad desciende por debajo de 45%, cesa la actividad microbiana. Caso contrario, si la humedad es muy alta (mayor a 60%) el agua saturará los poros y afectará a la aireación del material (Munroe *et al.*, 2007).

Relación C/N: Varía en función al material de partida y se obtiene numéricamente al dividir el contenido de carbono total sobre el contenido de nitrógeno total de los materiales a transformar (Román *et al.*, 2013). Su importancia radica en que los microorganismos utilizan los enlaces de compuestos carbonatados como fuente energética y el nitrógeno como fuente de síntesis proteica (Mirabelli, 2008). El valor óptimo de la relación C/N para iniciar el proceso oscila entre 30:1 y 35:1, permitiendo que el proceso de degradación funcione a mayor eficacia (Román *et al.*, 2013); y deberá terminar en una proporción 10:1 o cercano a este (Mirabelli, 2008).

Temperatura: Este parámetro es el más variable de todos durante el proceso. Una presencia de baja temperatura durante el inicio del compostaje, por periodo prolongado podría deberse a: humedad insuficiente, material insuficiente, forma de la pila y rangos muy variables de la relación C/N (Edwards *et al.*, 2011).

pH: El pH del proceso de degradación aerobia depende de los materiales de origen y varía en cada etapa de la transformación, los valores van desde 4.5 a 8.5. En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica a causa de la acción de los ácidos orgánicos. En fase termófila, a causa del amonio, el pH sube y alcaliniza el medio, hasta que finalmente se estabiliza en valores cercanos al neutro (Román *et al.*, 2013). El rango óptimo es de 5.8 a 7.2 (Munroe *et al.*, 2007).

Tamaño de partícula: La actividad microbiana se encuentra relacionada con este parámetro ya que determina la facilidad de acceso al sustrato. Al tener un menor tamaño de partícula, hay un aumento de superficie específica. El tamaño ideal es de 5 a 20 centímetros (Román *et al.*, 2013).

2.3.2. Indicadores para el inóculo

A. Temperatura: Como principal factor que determina el uso del sustrato con las óptimas condiciones de vida y alimentación de las lombrices es la temperatura. Según Ferruzzi (1987), el rango máximo de temperatura que una lombriz tolera oscila entre los 0°C y los 42°C, siendo 20 C° la temperatura óptima promedio para su crianza. Por ello, el sustrato a ofrecer, que ha sido sometido al proceso interrumpido de compostaje debe poseer una temperatura cercana a este valor, manteniendo condiciones mesófilas (Edwards *et al.*, 2010).

B. Tiempo: En adición a lo propuesto, acortar el periodo de compostaje previo a la alimentación de la lombriz, mantiene elevado el carbono lábil. Esto posiblemente favorece el desarrollo de las poblaciones de *Eisenia sp.*, ya que la ingesta se relaciona con los microorganismos del ciclo de carbono y evita a las lombrices un medio con avanzada estabilización del carbono (Acosta *et al.*, 2013), es preferible mantener una relación C/N inicial del sustrato o alimento 30/1 (Lim *et al.*, 2016).

C. pH: Según Ferruzzi (1987), llevar un control del pH del sustrato previo a la alimentación, representa una medida importante de prevención, debido a que este individuo es muy propenso a la muerte por las variaciones de este parámetro, por lo que se sugiere que el sustrato presente un pH cercano al neutro, tal como reporta un rango entre 6.8 a 7.6.

D. Humedad: Un aumento de la humedad del sustrato, pasando de 60% a 80%, asegura el rápido establecimiento y establece las óptimas características del sustrato como alimento para los individuos, facilitando su consumo (Edwards *et al.*, 2011).

2.4. Vermicompostaje:

Se denomina vermicompostaje a la técnica de tratamiento de residuos orgánicos biodegradables, logrando su estabilización por acción conjunta de lombrices y microorganismos, obteniendo como producto final el vermicompost (Wani *et al.*,2013).

Schuldt (2006) y Munroe *et al.* (2007), definen el vermicompost como el producto orgánico estabilizado, amorfo y coloidal obtenido a partir de la degradación de un sustrato, a manera de alimento, utilizando lombrices de la manera más rápida y eficiente posible.

Schuldt (2006), menciona que el vermicompost se forma por la deyección de la lombriz roja como consecuencia del proceso metabólico que involucra la digestión de determinado sustrato, el cual adquiere gran cantidad de nutrientes y carga microbiana en forma natural, no obstante, estos valores son variables y dependen de la composición química del alimento ofrecido; sin embargo, Compagnoni & Putzolu (2018) sostienen que el poder fertilizante no reside tanto en el contenido de compuestos sino en la riqueza microbiológica y bioestimulante. A diferencia del compost, el vermicompost posee mejor contenido microbiano, alrededor de 2 billones de colonias de bacterias vivas y activas por gramo de deyección; y nutrientes disponibles para el suelo (Ferruzzi,1987).

El proceso de vermicompostaje se podría dividir en 2 fases; la primera, es la estabilización del sustrato, que consiste en el procesamiento del sustrato alimenticio propiamente dicho, modificando su composición físico-químico y microbiana, mediante la digestión y posterior deyección; la segunda, consiste en el movimiento progresivo de éstas hacia las regiones del sustrato que aún no ha sido digerido, dicho movimiento facilitará canales de aireación, fomentando así la continua descomposición de las deyecciones de las lombrices por acción microbiana (Edwards *et al.*, 2010).

El proceso de digestión inicia cuando el alimento o sustrato es humedecido por secreciones enzimáticas provenientes de la región bucal de las lombrices, para luego ser ingerido por acción muscular de manera no selectiva (Storer *et al.*, 2003).

Las glándulas calcíferas, ubicadas en el esófago, secretan carbonato de calcio que regula el equilibrio ácido base del cuerpo, corrigiendo el pH inicial del alimento, inhibiendo hongos y bacterias y facilitando su posterior asimilación (Marshall & William, 2011).

El alimento es almacenado temporalmente en el buche, posteriormente pasa a la molleja muscular donde se ejercerá la trituración y ablandamiento, preparando al alimento para su transporte hacia su digestión y absorción en el intestino (Marshall & William, 2011).

Storer *et al.* (2003) menciona que en la primera porción del intestino de oligoquetos se secretan las enzimas: celulasas, proteasas, amilasas, lipasas, amilasas, quitinasas y liquenasas; porción que representa las 9/10 partes de actividad enzimática previa a la asimilación que realiza todo el órgano (Gardiner, 1977).

La importancia de la población fúngica, presente en la biomasa del sustrato, radica en su actividad saprofítica, atacando a la lignina y celulosas, transformándolos en carbohidratos simples u oligosacáridos. La lombriz conforme vaya digiriendo el sustrato; va destruyendo células fúngicas y absorbiéndolas por su alto contenido de proteínas, esto constituye un nutriente más apetecible además de ser más digerible por ser menos cuticular a diferencia de las bacterias. La disminución de las células fúngicas constituye un agente positivo a los efectos de la fertilización del suelo, ya que evita la excesiva formación de mohos en el terreno, que amenazan al desarrollo de la planta, enfatizando la fisiología de absorción radicular (Compagnoni & Putzolu, 2018).

Las lombrices, empezarán a consumir el equivalente a su peso vivo por día, transformando el 60% de éste en vermicompost y asimilando un 40% para su crecimiento y desarrollo (Ferruzzi, 1987). La mineralización del vermicompost refleja una reducción del carbono orgánico total y nitrógeno entre un 59 y 69% con respecto a su contenido inicial (Benitez *et.al*, 1999).

III. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación y duración del experimento

El presente experimento fue conducido en los jardines de investigación del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Aves (LINAA) del Departamento de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), localizado en el distrito de La Molina, provincia y departamento de Lima; ubicado a 287 m.s.n.m., 12° 04' 57.4" de latitud Sur y 76° 56' 42.3" de longitud Oeste.

3.2. Caracterización y determinación del nivel de inclusión en las mezclas

3.2.1. Selección y mezcla de insumos

A causa de la gran aceptabilidad por parte de la lombriz de las deyecciones de rumiantes, se empleó estiércoles de vacuno y ovino. Se conformaron 2 pilas de compostaje independientes, cada una con un solo tipo de estiércol. Con el fin de que ambos insumos posean similares condiciones iniciales de C/N se utilizará restos de podade áreas verdes como parte de la mezcla de compostaje para ambas pilas. Cabe destacar que; tanto el resto de poda como los estiércoles empleados, son considerados agentes potenciales para la revalorización de residuos pecuarios empleando el compostaje como medio; según los Artículos N° 27 y N° 28 respectivamente, del Decreto Supremo N° 016-2012-AG (Anexo 1).

Se realizó el análisis químico proximal de los tres insumos, en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Facultad de Zootecnia, para determinar los valores de Carbono total y Nitrógeno total en función a los valores porcentuales obtenidos de Proteína Bruta (%PB), Fibra Cruda (%FC), Extracto etéreo (%EE) y Extracto Libre de Nitrógeno (%ELN) (Tabla 2); cuyos valores se multiplicaron por factores de conversión planteados por Mirabelli (2008) (Tabla 3) obteniendo los datos de Carbono y Nitrógeno evidenciados en la Tabla 4. Posteriormente se determinó el nivel de inclusión de los restos de poda como corrector de la proporción C/N, según la ecuación planteada por Schuldt (2006):

Tabla 2: Análisis químico proximal de los insumos utilizados en la mezcla de compostaje.

Composición Química	Estiércol de Ovino			Estiércol de Vacuno			Restos de Poda		
	Base Fresca	B.P.S.	Base Seca	Base Fresca	B.P.S.	Base Seca	Base Fresca	B.P.S.	Base Seca
Humedad, %	34.02	8.47	0	21.65	8.85	0	1.24	1.24	0
Materia Seca, %	65.98	91.53	100	78.35	91.15	100	98.76	98.76	100
Proteína Bruta, %		9.33	10.19		13.46	14.77		7.81	7.91
Extracto Etéreo, %		1.62	1.77		0.53	0.58		1.41	1.43
Cenizas, %		23.94	26.16		19.84	21.77		11.55	11.70
Fibra Cruda, %		21.97	24.00		17.75	19.47		34.74	35.18
ELN, %		34.67	37.88		39.57	43.41		43.25	43.79

Abreviaturas: B.P.S.: Base Parcialmente Seca. ELN: Extracto Libre de Nitrógeno

$$M1 \left(\frac{C}{N}\right) \times \%A + M2 \left(\frac{C}{N}\right) \times \%B + M3 \left(\frac{C}{N}\right) \times \%C + \dots = Mf\left(\frac{C}{N}\right)$$

Siendo:

$M_{1,2..} \left(\frac{C}{N}\right)$ = La relación Carbono/Nitrógeno de determinado insumo.

$\%A, \%B, \%C \dots$ = El nivel o porcentaje de inclusión en la mezcla.

$Mf. \left(\frac{C}{N}\right)$ = La relación Carbono/Nitrógeno final de la mezcla.

Entonces, buscando que las mezclas guarden una relación que se aproxime a 30/1, se obtuvieron las siguientes mezclas en determinadas proporciones:

Estiércol de vacuno, proveniente del PIPS de Leche, con restos de poda proveniente de las áreas verdes de la UNALM, cuyos porcentajes de inclusión fueron del 70% y 30% respectivamente. Mezcla que representó el primer sustrato (S1) (Anexo 4).

Estiércol de ovino, proveniente del PIPS en Ovinos y Camélidos Sudamericanos, con restos de poda proveniente de las áreas verdes de la UNALM, cuyos porcentajes de inclusión fueron del 75% y 25% respectivamente. Mezcla que representó el segundo sustrato (S2) (Anexo 5).

Tabla 3: Factores de conversión de Carbono y Nitrógeno.

Factor de conversión del C	
PB	0.51
EE	0.75
FC	1
ELN	0.5
Factor de conversión del N	
PB	6.25

Abreviaturas: PB: proteína bruta. EE: extracto etéreo. FC: fibra cruda.
ELN: extracto libre de nitrógeno
Fuente: Mirabelli (2008)

Tabla 4: Relación C/N de los insumos.

%	Estiércol de Ovino	Estiércol de Vacuno	Restos de poda
C	49.47	49.15	62.18
N	1.63	2.36	1.27
C/N	30.33	20.80	49.14

Abreviaturas: C: Carbono, N: Nitrógeno

3.2.2. Conformación de pilas de compostaje

Previamente a la conformación de la pila de compostaje, se adecuó el lugar experimental, las pilas se trabajaron a campo abierto sobre una base de malla arpillera, de tal manera que al realizar los volteos la mezcla que conformó la pila de compostaje, no se mezcló con el suelo sobre el que estaba dispuesto.

Habiendo calculado las proporciones teóricas para la relación C/N cercana al 30/1 de la mezcla de insumos, estos fueron pesados y posteriormente dispuestos en capas para la conformación de pilas de compostaje.

Se utilizó como primera capa o base, a los restos de poda seguido del estiércol, se repitió el proceso hasta agotar los insumos que conformarán los sustratos S1 y S2. A medida que las mezclas obtuvieron altura, se regaron durante el proceso de armado con el fin de homogenizar la distribución de la humedad y lograr un proceso eficiente.

Ambas pilas de compost tuvieron las siguientes dimensiones aproximadas: 3 m de largo x 1 m de ancho x 0.8 m de altura.

3.3. Medición de parámetros físico-químicos del compostaje

Se realizó la medición diaria de temperatura, humedad y pH de ambas pilas de compostaje (Anexo 6 y 7) hasta el día 45, que representó la última fecha de interrupción del proceso de compostaje.

La medición de temperatura y de humedad se realizó *in situ*, en seis puntos de la pila a una profundidad de 15 a 20 cm. con respecto a su superficie; para dicha actividad se utilizó como instrumento de medición un termohigrómetro digital Tecpel DTM-322.

Mientras que, previamente a la medición del pH del compostaje, se extrajo 6 muestras del material en degradación, se dejó en reposo por 2 minutos con el fin que esté a temperatura ambiente y no interfiera con la medición del pHmetro digital portátil LutronPH-220S, según sus indicaciones.

3.4. Interrupción del proceso de compostaje

Las interrupciones del proceso de compostaje constituyeron el segundo factor en evaluación para la respuesta de la variación temporal de la población de la lombriz roja. De cada pila de compostaje se extrajo aproximadamente 10 kg de mezcla, por cada unidad experimental, y se dispuso en cajas plásticas “ReyPlast” de dimensión: 36.3 cm x 28.2 cm x 20.5 cm.

Realizándose dicho proceso para los días 14, 21, 30 y 45 desde la conformación de las pilas e inicio del proceso de degradación aerobia (Figura 3).

3.5. Prueba de 50 lombrices (P50L)

Previo a la introducción de las lombrices al sustrato, se realizó la prueba de 50 lombrices o “P50L”, metodología planteada por Schuldt (2006), cuyo fundamento radica en la evaluación de la mortalidad que representaría el futuro sustrato o alimento para las lombrices si es que éste no presenta las condiciones físico-químicas idóneas para su óptimo desarrollo. Para este ejercicio, se extrajo pequeñas muestras de los dos sustratos y se depositaron en pequeñas cajas plásticas; posterior a ello se inocularon 50 lombrices. Al cabo de 24 horas, se separó el sustrato de las lombrices para poder contabilizarlas. No se evidenció mortalidad para ningún tratamiento previo al inóculo de lombrices.

3.6. Dinámica poblacional de la lombriz roja

a. Siembra de lombrices

Una vez realizada la P50L y el reporte de supervivencia, se procedió a realizar la siembra o inóculo de pie de cría de lombrices.

Para dicha actividad se seleccionaron al azar 50 lombrices en estadio adulto clitelado; posteriormente se introdujeron al sustrato, correspondiente al tiempo de interrupción del proceso de compostaje; a los 14, 21, 30 y 45 días.

b. Cuantificación de lombrices

Se realizó la cuantificación de lombrices, utilizando un contómetro manual, en sus diferentes estadios biológicos (cocones, juveniles, adultos) a las 2, 4, 6 y 8 semanas después de la siembra de éstas, con el fin de contrastar la dinámica poblacional o variación temporal de lombrices que causa el tiempo de compostaje para cada sustrato empleado.

Para ello, se separó manualmente el sustrato de los individuos en estudio mientras se censaba cada unidad experimental, estos fueron dispuestos en un envase oscuro para evitar que los rayos solares amenacen su supervivencia. Finalizado la cuantificación por unidad experimental, el sustrato y los individuos fueron reincorporados a sus cajas plásticas respectivas.

Los resultados de dicha cuantificación fueron reportados en los Anexos 8, 9, 10 y 11 y detallados en los resultados del presente proyecto.

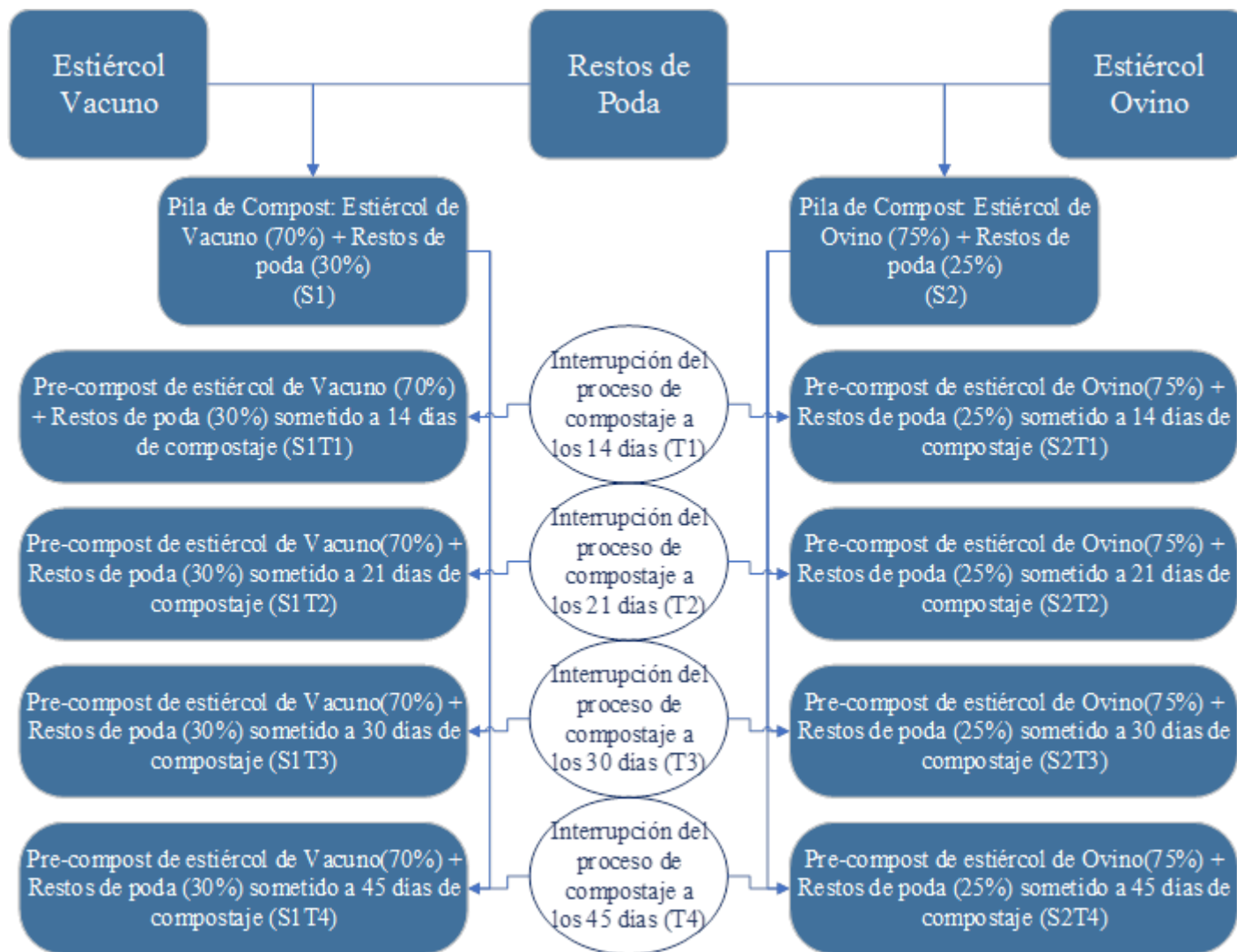


Figura 3: Diagrama de procesos para la obtención de sustratos.

3.7. Análisis y caracterización fisicoquímica del vermicompost

Pasado 2 meses desde la siembra o inóculo de lombrices al sustrato, se procedió a separar el sustrato de las lombrices; éste pasó por un proceso de cribado utilizando un tamiz de 5 mm y fue empaquetado para su análisis de caracterización físico-químico en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía.

El reporte de análisis de materia orgánica comprendió los siguientes parámetros:

Materia orgánica (%) (método de Walkley y Black), Nitrógeno total (%) (método de Micro-Kjeldahl), P₂O₅ (%), (método de Olsen modificado), K₂O (%) (obtenido por extracción catiónica) y CaO (%) (obtenido por reacción con ácido H₂SO₄/HCl). Dichos valores fueron contrastados con los parámetros referenciales que establecen las normativas para el uso de abonos y enmiendas orgánicas de la NTC 5167-2011 (Anexo 2) y NMX-FF-109-SCFI-2008 (Anexo 3) en Latinoamérica.

3.8. Diseño estadístico

La variable de interés y en estudio fue la población de *Eisenia fetida*; específicamente las subpoblaciones de cocones, juveniles y adultos a las 2, 4, 6 y 8 semanas posterior al inóculo; adicionalmente se contrastaron las características físico-químicas del vermicompost obtenido durante el periodo de degradación por unidad experimental. El diseño estadístico utilizado fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2x4; el factor sustrato, bajo 2 niveles: (S1) Pre compost de estiércol de vacuno con restos de poda y (S2) Pre compost de estiércol de ovino con restos de poda; el factor tiempo de compostaje, bajo 4 niveles: (T1) 14 días de degradación, (T2) 21 días de degradación, (T3) 30 días de degradación y (T4) 45 días de degradación; con 3 repeticiones por tratamiento, dando como resultado 24 unidades experimentales.

El modelo aditivo lineal general fue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + (T \times P)_{ij} + R_k + S_{ijkl}$$

$$i= 1, 2; j= 1, 2, 3, 4; k= 1, 2, 3$$

Dónde:

Y_{ijk} : Respuesta de la k-ésima repetición del i-ésimo sustrato en el j-ésimo tiempo de compostaje.

μ : Media general

T_i : Efecto del i-ésimo tipo de sustrato.

P_j : Efecto del j-ésimo tiempo de compostaje.

$(T \times P)_{ij}$: Efecto de interacción entre el i-ésimo sustrato y el j-ésimo tiempo de compostaje.

R_k : Efecto de la k-ésima repetición (bloque)

S_{ijk} : Efecto del error experimental con el i-ésimo sustrato en el j-ésimo tiempo de compostaje y el bloque k.

Para el análisis estadístico se utilizó el software RStudio en la versión 4.1.3.

Las pruebas de normalidad y homocedasticidad se trabajaron con los test de Shapiro-Wilk y Levene respectivamente.

Para la comparación de medias se utilizó la prueba Tukey a un nivel de significancia de 0.05.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comportamiento de las pilas de compostaje

4.1.1. Temperatura

La temperatura es uno de los principales parámetros que influye en la descomposición de la materia orgánica durante el compostaje, por tanto, dichos resultados fueron reportados en las Figuras 4 y 5. Se observa una temperatura inicial de 19.54 C° para S1 y 18.32 C° para S2, lo cual coincide con el reporte de Romero (2018), que sostiene que la temperatura inicial generalmente es lo más cercano a la temperatura ambiente.

La fase Mesófila I correspondió para S1 y S2 hasta las fechas 19/08 y 21/08 respectivamente, cuya transición a fase Termófila se vio marcado por el aumento de temperatura superando los 45°C (Román *et al.*, 2013); estos resultados coinciden con Mirabelli (2008), el cual fundamenta que una pila con una relación C/N 30:1 tarda en llegar a Termófila unos 3-5 días a partir de la constitución de la pila, además esta información es indicativo de un rápido establecimiento por parte de los microorganismos (Huang *et al.*, 2004).

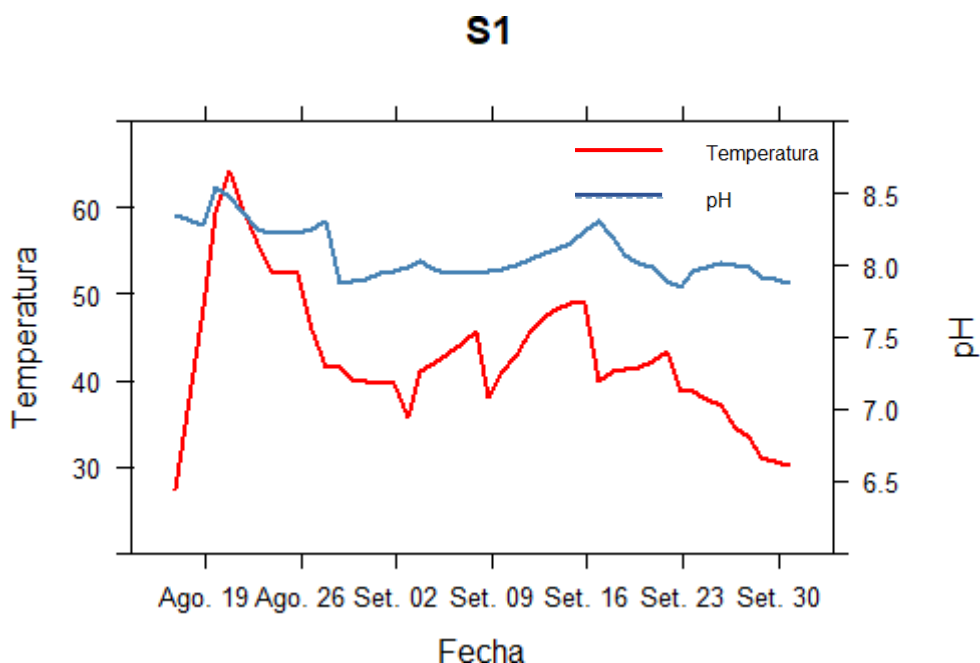


Figura 4: Tendencia de la temperatura y pH promedio durante el proceso de compostaje en S1 (Pre compost de estiércol de vacuno con restos de poda).

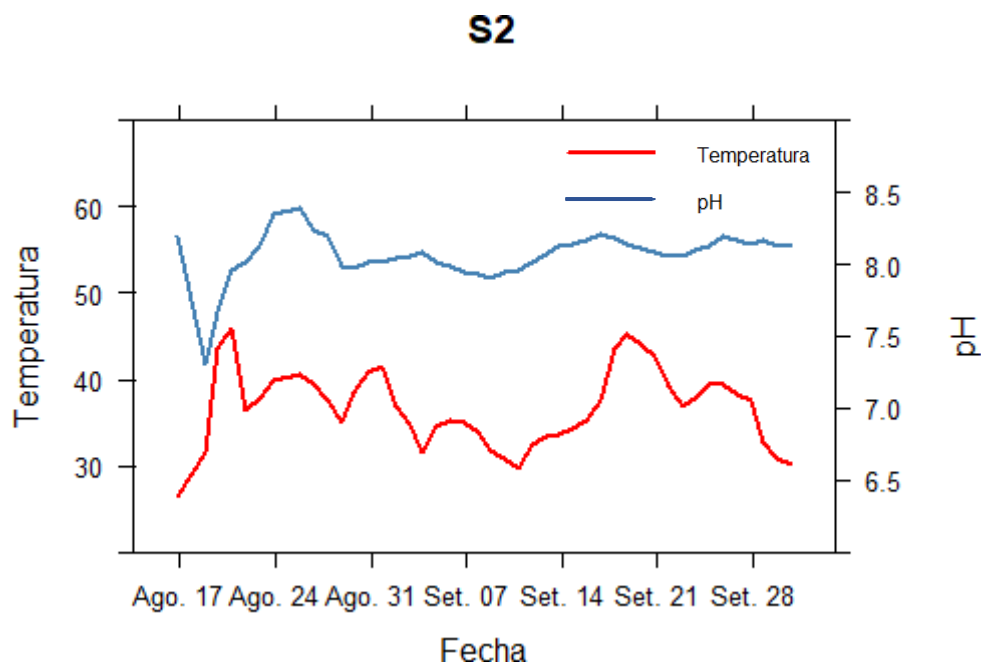


Figura 5: Tendencia de la temperatura y pH promedio durante el proceso de compostaje en S2 (Pre compost de estiércol de ovino con restos de poda).

La fase Termófila finalizó el 28/08 y 22/08 para S1 y S2 respectivamente, observándose una mayor prolongación de dicha fase en S1, con una duración de 9 días; mientras que para S2, duró solo 1 día hasta volver a disminuir a 45C°; sin embargo, hubo un siguiente pico de temperatura en la fecha 19/09, es decir, al cabo de un mes la pila de compostaje S2 teóricamente volvería a entrar a la fase termófila.

Esta variación de temperatura en S2 podría ser atribuida principalmente a las características físicas del estiércol del ovino, cuya forma esférica y compacta dificulta su permeabilización y posterior degradación, hace que sea menor el área superficial que los microorganismos puedan actuar, a diferencia de S1 cuyo tamaño de partícula es notablemente menor, favoreciendo así a la rápida proliferación microbiana y consecuentemente a la elevación de temperatura (Mirabelli, 2008).

Casi a los 40 días de haber constituido ambas pilas, se observó una disminución paulatina para ambas pilas, llegando a temperaturas de 37.82 y 39.38 para S1 y S2 respectivamente. Esto es indicativo de estar a puertas de finalizar la fase Mesófila II y dar inicio a la maduración del material orgánico (Bernal *et al.*, 2009).

Chaulagain *et al.* (2017), realizó compostaje con estiércol de vacuno solo y en mezclas durante 21 días con el fin de evitar mortalidad a consecuencia de altas temperaturas y gases volátiles tóxicos, inoculando con una temperatura de 24-32 °C y 65-70% de humedad. Pattnaik *et al.* (2010), procedió a compostar por 21 días, superando la fase termófila y estabilizando la temperatura a 25 C°.

En la Tabla 5, se visualizan los valores de temperatura del sustrato, previo a la separación de la pila de compostaje, el reposo del mismo en las cajas correspondientes y sucesivamente la siembra con lombrices al haberse aproximado a la temperatura ambiente.

Tabla 5: Valores del parámetro temperatura en función al sustrato empleado y el tiempo sometido a compostaje.

Parámetro	Fecha de interrupción	Sustrato	Periodo sometido a compostaje	Promedio	Valor Máximo	Valor Mínimo	Error Estándar	Coefficiente de Variabilidad
Temperatura	30/08/2019	S1	14 días	40.17	44.3	37.4	0.98	5.98%
		S2	14 días	38.5	44.2	35.1	1.34	8.56%
	6/09/2019	S1	21 días	43.03	45	39.9	0.75	4.28%
		S2	21 días	35.22	38.9	30.2	1.43	9.92%
	13/09/2019	S1	30 días	47.34	49.2	44.3	0.78	4.04%
		S2	30 días	33.48	36.7	28.4	1.27	9.26%
	27/09/2019	S1	45 días	34.55	36.8	31.2	0.89	6.31%
		S2	45 días	38.22	46.3	32.6	1.96	12.56%

4.1.2. pH

Las Figuras 4 y 5 también muestran la variación temporal del pH a lo largo del proceso, observando los máximos valores en conjunto cuando ocurre la elevación de temperatura, lo cual coincide con Mirabelli (2008), ya que la conversión de los compuestos nitrogenados orgánicos complejos son degradados a formas más simples a causa de la temperatura del medio y acción enzimática (Jiang *et al.*, 2017). Los microorganismos metabolizan estos compuestos y liberan el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco o ión amonio (Pattnaik *et al.*, 2010), los cuales tienden a disolver la materia orgánica haciéndola susceptible a la descomposición; paralelamente en el

mismo medio coexiste la reacción de amoníaco con agua resultando la liberación de ión amonio y un anión hidróxido, lo cual resulta en un aumento del pH:



Cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica a degradar es más intensa la actividad microbiana y fúngica en la fase microbiana, consecuentemente, hay una demanda mayor de oxígeno (Pattnaik *et al.*, 2010).

Una variación en el pH afecta el desarrollo de microorganismos en el proceso de compostaje. Según (Ameen *et al.*, 2016), un pH ácido afecta la tasa de respiración de la microbiota, consecuentemente reduciendo la tasa de degradación.

Ameen *et al.* (2016), menciona que el cambio de condiciones mesófila a termófila de una pila de compost da como resultado un pH más alcalino, reforzando la idea de Mirabelli (2008). Esto coincide con los resultados de S1 y S2, ya que se observa un aumento progresivo del pH en la transición; por otro lado, si bien es cierto que en S2 se observa una disminución a estancias iniciales, el pH va elevándose posteriormente.

La Tabla 6, manifiesta los valores de pH de partida para cada sustrato a determinado periodo de haberse sometido a compostaje hasta el inoculo con lombrices.

Tabla 6: Valores del parámetro pH en función al sustrato empleado y el tiempo sometido de compostaje.

Parámetro	Fecha de interrupción	Sustrato	Periodo sometido a compostaje	Promedio	Valor Máximo	Valor Mínimo	Error Estándar	Coefficiente de Variabilidad
pH	30/08/2019	S1	14 días	7.89	8.05	7.75	0.048	1.49%
		S2	14 días	7.97	8.06	7.86	0.028	0.86%
	6/09/2019	S1	21 días	7.95	8	7.89	0.015	0.47%
		S2	21 días	7.98	8.06	7.95	0.019	0.57%
	13/09/2019	S1	30 días	8.09	8.18	8.06	0.019	0.57%
		S2	30 días	8.07	8.12	7.99	0.019	0.56%
	27/09/2019	S1	45 días	8	8.09	7.75	0.054	1.65%
		S2	45 días	8.17	8.23	8.11	0.017	0.51%

4.1.3. Humedad

El valor de partida promedio de la humedad osciló entre el 67.8 y 79.1% (Tabla 7), Liang *et al.* (2003) detalla que un contenido de humedad comprendido en el rango de 60-70% posee la máxima actividad microbiana, fomentando la degradación del material. Pedraza & Hernández (2019), evaluaron el proceso de compostaje como medio de estabilización para residuos orgánicos municipales durante 20 días para luego ofrecerlo como alimento de las lombrices, reportaron que el alimento ingresó con un 50% a 70% de humedad aproximadamente, a una temperatura de 22 a 24 °C y un pH de 8 a 8.8. En la primera semana reportó un pH de 4.4, en los siguientes 15 días se elevó a 8.5, asegurando que el pre compost tenga las condiciones necesarias para la sobrevivencia de *Eisenia fetida*.

Tabla 7: Valores del parámetro humedad en función al sustrato empleado y el tiempo sometido de compostaje.

Parámetro	Fecha de interrupción	Sustrato	Periodo sometido a compostaje	Promedio	Valor Máximo	Valor Mínimo	Error Estándar	Coefficiente de Variabilidad
Humedad	30/08/2019	S1	14 días	67.82	70.5	62.9	1.09	3.93%
		S2	14 días	77.29	80.2	73.02	1.29	4.08%
	6/09/2019	S1	21 días	73.4	77	68.1	1.53	5.11%
		S2	21 días	77.38	86.6	70.2	2.30	7.28%
	13/09/2019	S1	30 días	76.28	80.2	73.4	0.92	2.96%
		S2	30 días	79.12	85.3	74.2	1.88	5.82%
	27/09/2019	S1	45 días	73.88	80.6	65.3	2.72	9.00%
		S2	45 días	69.47	75.3	65.2	1.36	4.79%

4.2. Evaluación de dinámica poblacional mediante la cuantificación de lombrices

4.2.1. Primer recuento de subpoblaciones

Los resultados obtenidos de la primera cuantificación de subpoblaciones de *Eisenia fetida*, realizado a las 2 semanas de haber inoculado 50 adultos clitelados se muestran en la Tabla 8 y Anexo 8. Al realizar el análisis de varianza (Anexo 12), no se encontraron diferencias significativas en la subpoblación de juveniles y adultos, por otro lado, sí se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la subpoblación de cocones.

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey en la subpoblación decocones, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, de los cuales, se evidenció una mayor presencia de cocones para los tratamientos S1T2, S1T4 y S1T1 cuyas medias son 23.67, 16.33, 13.67 respectivamente. Cruz (2005) reporta subpoblaciones de cocones, en estiércol vacuno, estiércol vacuno con restos de celulosa y estiércol ovino a los 14 días de haber inoculado; de 4.56, 5.44 y 17.44 respectivamente.

Tabla 8: Primera cuantificación de cocones, juveniles y adultos según el sustrato y el periodo al que fue sometido a compostaje.

Sustrato	Periodo sometido a compostaje	Cocones	Juveniles	Adultos
S1	14 días	13.67 ^{bc}	2.00 ^a	50.00 ^a
S2	14 días	5.00 ^d	0.33 ^a	48.67 ^a
S1	21 días	23.67 ^a	0.67 ^a	50.00 ^a
S2	21 días	4.00 ^d	0.00 ^a	50.00 ^a
S1	30 días	10.67 ^{bcd}	0.33 ^a	50.00 ^a
S2	30 días	8.67 ^{cd}	1.00 ^a	50.00 ^a
S1	45 días	16.33 ^b	0.00 ^a	50.00 ^a
S2	45 días	9.67 ^{bcd}	0.00 ^a	50.00 ^a
Periodo sometido a compostaje	14 días	9.67 ^b	1.17 ^a	49.33 ^a
	21 días	13.83 ^a	0.33 ^a	50.00 ^a
	30 días	9.33 ^b	0.67 ^a	50.00 ^a
	45 días	13.00 ^{ab}	0.00 ^a	50.00 ^a
Sustrato	S1	16.08 ^a	0.75 ^a	50.00 ^a
	S2	6.83 ^b	0.33 ^a	49.67 ^a

^{a,b,c,d}: Letras diferentes indican que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos a la prueba de Tukey. S1: (Precompost de estiércol Vacuno 70% + Restos de poda 30%). S2: (Precompost de estiércol Ovino 75% + Restos de poda 25%).

Adicionalmente, al realizar el análisis por efecto aislado de factor, también se encontraron diferencias significativas con el factor sustrato; viéndose favorecida la presencia de cocones por S1; así como el periodo sometido a compostaje por T2.

Si se llevan los resultados a una relación cocones/adultos/semana, se obtiene un rango de 0.05 a 0.24; Domínguez *et al.* (2000) reporta que dicha relación en la segunda semana de haber inoculado *Eisenia andrei* en lodos residuales y variantes de mezclas con los mismos, oscila entre 0.05 a 3.19; y aunque utilizó una población inicial de 60 adultos, empleó una cantidad de sustrato de 200 gramos, lo que sugiere que aplicó una mayor densidad de lombrices por kilogramos de sustrato empleado.

Comparando el comportamiento de desarrollo de los cocones, alimentados con precompost interrumpidos a los 14, 21, 30 y 45 días, se observó su máximo desarrollo a los 21 días (Figura 6).

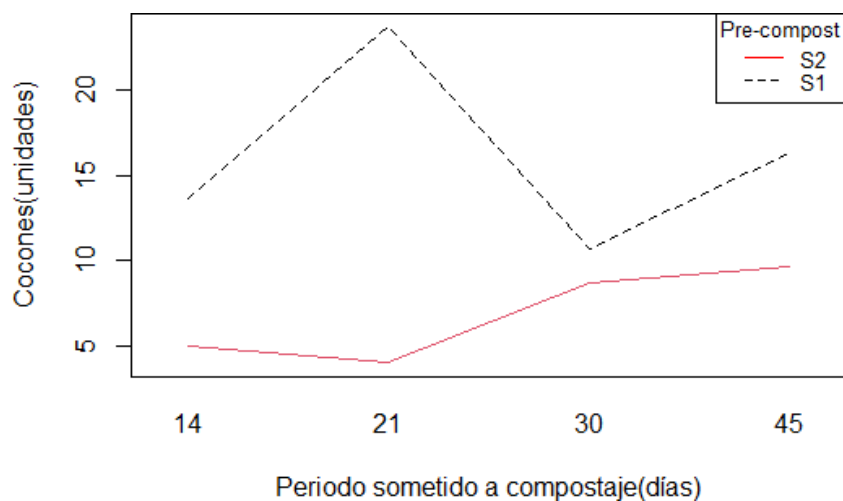


Figura 6: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de cocones a las 2 semanas de haber inoculado con lombriz roja.

4.2.2. Segundo recuento de subpoblaciones

Los resultados obtenidos de la segunda cuantificación de subpoblaciones de *Eisenia fetida*, realizado a las 4 semanas de haber inoculado 50 adultos clitelados se muestran en la Tabla 9 y el Anexo 9. Al realizar el análisis de varianza (Anexo 13) no se encontraron diferencias significativas en la subpoblación de juveniles. por otro lado, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la subpoblación de cocones y adultos.

Tabla 9: Segunda cuantificación de cocones, juveniles y adultos según el sustrato y el periodo al que fue sometido a compostaje.

Sustrato	Periodo sometido a compostaje	Cocones	Juveniles	Adultos
S1	14 días	103.00 ^{ab}	1.67 ^a	52.67 ^a
S2	14 días	20.00 ^d	0.33 ^a	46.00 ^c
S1	21 días	125.67 ^a	1.33 ^a	50.00 ^b
S2	21 días	68.00 ^{bc}	0.67 ^a	50.33 ^b
S1	30 días	53.33 ^{cd}	1.00 ^a	50.00 ^b
S2	30 días	41.67 ^{cd}	1.67 ^a	50.00 ^b
S1	45 días	73.67 ^{bc}	0.00 ^a	50.00 ^b
S2	45 días	48.33 ^{cd}	0.00 ^a	50.00 ^b
Periodo sometido a compostaje	14 días	61.50 ^b	1.00 ^a	49.33 ^a
	21 días	96.83 ^a	1.00 ^a	50.17 ^a
	30 días	47.50 ^b	1.33 ^a	50.00 ^a
	45 días	61.00 ^b	0.00 ^a	50.00 ^a
Sustrato	S1	88.91 ^a	1.00 ^a	50.67 ^a
	S2	44.50 ^b	0.67 ^a	49.08 ^b

^{a,b,c,d}: Letras diferentes indican que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos a la prueba de Tukey. S1: (Precompost de estiércol Vacuno 70% + Restos de poda 30%). S2: (Precompost de estiércol Ovino 75% + Restos de poda 25%)

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey en la subpoblación decocones, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, de los cuales, se evidencia una mayor presencia de cocones para los tratamientos S1T2, S1T1 y S1T4, cuyas medias son 125.67, 103.00, 73.67 respectivamente.

Aunque no sea muy variable, se puede evidenciar diferencias significativas entre los tratamientos para la subpoblación de adultos; S2T1 con una media 46, atribuida a una mortalidad (8%) durante el proceso de alimentación hasta la cuarta semana; y S1T1 con una media de 52.67, cuyo valor es consecuencia del crecimiento de los juveniles que se reportaron en la primera medición para el mismo tratamiento.

Adicionalmente, al realizar el análisis por efecto aislado de factor, también se encontraron diferencias significativas con el tipo de sustrato; viéndose favorecida la presencia de cocones y adultos por S1; así como el periodo sometido a compostaje por T2, aunque este solo aplica para los cocones (Figura 7).

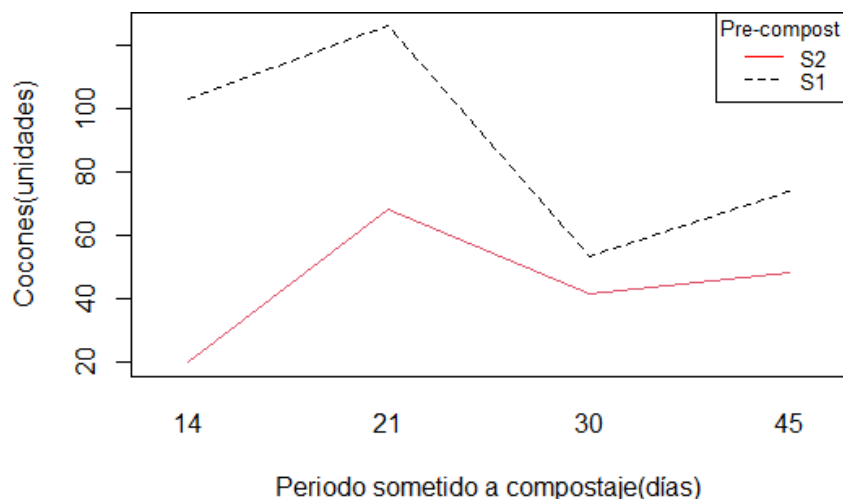


Figura 7: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de cocones a las 4 semanas de haber inoculado con lombriz roja.

4.2.3. Tercer recuento de subpoblaciones

Los resultados obtenidos de la tercera cuantificación de subpoblaciones de *Eisenia fetida*, realizado a las 6 semanas de haber inoculado 50 adultos clitelados se muestran en la Tabla 10 y Anexo 10. El análisis de varianza (Anexo 14) indicó que se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en las subpoblaciones de cocones, juveniles y adultos.

Tabla 10: Tercera cuantificación de cocones, juveniles y adultos según el sustrato y el periodo al que fue sometido a compostaje.

Sustrato	Periodo sometido a compostaje	Cocones	Juveniles	Adultos
S1	14 días	243.00 ^a	20.67 ^a	53.33 ^a
S2	14 días	77.67 ^c	5.00 ^b	46.00 ^b
S1	21 días	236.33 ^a	6.67 ^b	49.00 ^{ab}
S2	21 días	105.67 ^{bc}	4.00 ^b	50.33 ^{ab}
S1	30 días	152.33 ^{bc}	1.00 ^b	50.33 ^{ab}
S2	30 días	81.00 ^{bc}	3.00 ^b	50.00 ^{ab}
S1	45 días	162.00 ^{ab}	7.33 ^b	50.00 ^{ab}
S2	45 días	89.33 ^{bc}	2.33 ^b	49.67 ^{ab}
Periodo sometido a compostaje	14 días	160.33 ^{ab}	12.83 ^a	50.67 ^a
	21 días	171.00 ^a	5.33 ^b	49.67 ^a
	30 días	116.67 ^b	2.00 ^b	50.17 ^a
	45 días	125.67 ^{ab}	4.83 ^b	49.83 ^a
Sustrato	S1	198.42 ^a	8.92 ^a	51.17 ^a
	S2	88.41 ^b	3.58 ^b	49.00 ^a

^{a,b,c}: Letras diferentes indican que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos a la prueba de Tukey. S1: (Precompost de estiércol Vacuno 70% + Restos de poda 30%). S2: (Precompost de estiércol Ovino 75% + Restos de poda 25%).

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey en la subpoblación decocones, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, de los cuales, sobresalieron los tratamientos S1T1, S1T2 y S1T4 cuyas medias fueron 243.00, 236.33, 162.00 respectivamente. Cruz (2005) utilizó estiércol vacuno, estiércol vacuno con restos de celulosa y estiércol ovino, y obtuvo medias de subpoblaciones de cocones de 30.33, 50.11 y 72.33 respectivamente.

Con respecto a los juveniles, destacó principalmente S1T1, con una media de 20.67; comparando con el estudio de Cruz (2005), empleando estiércol de vacuno, estiércol de vacuno con restos de celulosa y estiércol ovino, obtuvo medias de subpoblaciones de juveniles de 7.11, 16.56 y 10.22 respectivamente, a los 35 días de haber inoculado. La subpoblación de adultos se mantiene casi constante desde el último recuento.

Adicionalmente, al realizar el análisis por efecto aislado de factor, también se encontraron diferencias significativas con el tipo de sustrato, viéndose favorecida la presencia de cocones, juveniles y adultos por S1 (Figuras 8, 9 y 10).

Mientras que para el factor del periodo sometido a compostaje destacan: T2 para los cocones y T1 para juveniles; en los adultos no se observó un mejor periodo en particular.

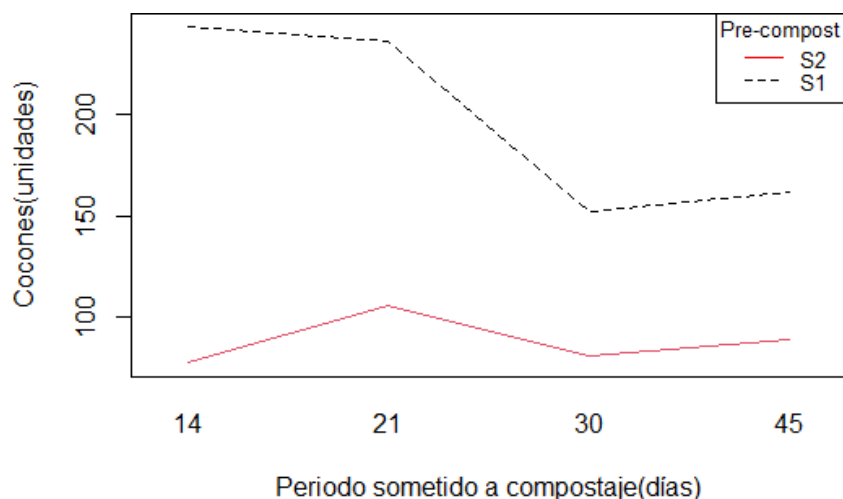


Figura 8: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de cocones a las 6 semanas de haber inoculado con lombriz roja.

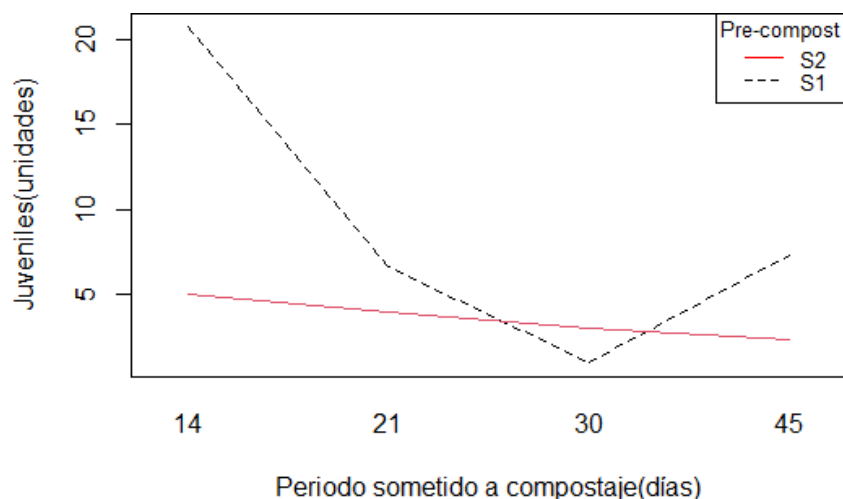


Figura 9: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de juveniles a las 6 semanas de haber inoculado con lombriz roja.

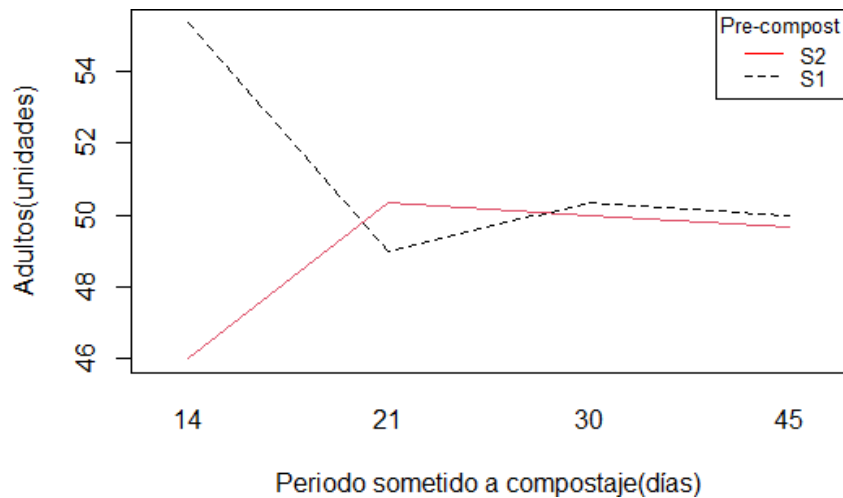


Figura 10: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de adultos a las 6 semanas de haber inoculado con lombriz roja.

4.2.4. Cuarto recuento de subpoblaciones

Los resultados obtenidos de la cuarta cuantificación de subpoblaciones de *Eiseniafetida*, realizado a las 8 semanas de haber inoculado 50 adultos clitelados se muestran en la Tabla 11 y Anexo 11. El análisis de varianza (Anexo 15) indicó que se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las subpoblaciones de cocones, juveniles y adultos.

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey en la subpoblación decocones, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, de los cuales, sobresalieron los tratamientos S1T2, S1T1 y S1T4 cuyas medias son 278.33, 252.00, 208.67 respectivamente. Cruz (2005), empleando estiércol de vacuno, estiércol de vacuno con restos de celulosa y estiércol ovino, obtuvo medias de subpoblaciones de cocones de 11, 9 y 5.11 respectivamente, a los 70 días de haber inoculado; atribuido a la autorregulación poblacional ocasionada por el aumento de juveniles ocasionando alta densidad frente a la cantidad de sustrato disponible (Schuldt, 2006).

Tabla 11: Cuarta cuantificación de cocones, juveniles y adultos según el sustrato y el periodo al que fue sometido a compostaje

Sustrato	Periodo sometido a compostaje	Cocones	Juveniles	Adultos
S1	14 días	252.00 ^{ab}	77.00 ^a	60.33 ^a
S2	14 días	118.33 ^d	21.00 ^b	44.67 ^b
S1	21 días	278.33 ^a	25.33 ^b	50.00 ^b
S2	21 días	163.00 ^{cd}	32.67 ^b	52.00 ^{ab}
S1	30 días	180.33 ^{bcd}	19.67 ^b	50.33 ^b
S2	30 días	132.33 ^d	14.33 ^b	49.33 ^b
S1	45 días	208.67 ^{abc}	22.33 ^b	50.00 ^b
S2	45 días	154.67 ^{cd}	14.67 ^b	49.00 ^b
Periodo sometido a compostaje	14 días	185.17 ^{ab}	49.00 ^a	52.50 ^a
	21 días	220.67 ^a	29.00 ^{ab}	51.00 ^a
	30 días	156.33 ^b	17.00 ^b	49.83 ^a
	45 días	181.67 ^{ab}	18.50 ^b	49.50 ^a
Sustrato	S1	229.83 ^a	36.08 ^a	52.67 ^a
	S2	142.08 ^b	20.67 ^b	48.75 ^b

^{a,b,c,d}: Letras diferentes indican que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos a la prueba de Tukey. S1: (Precompost de estiércol Vacuno 70% + Restos de poda 30%). S2: (Precompost de estiércol Ovino 75% + Restos de poda 25%)

Con respecto a los juveniles, destaca principalmente S1T1, con una media de 77.00 (Figura 12), Cruz (2005) reporta valores de 14.89, 17.55 y 17.33 utilizando los sustratos anteriormente mencionados en ese orden respectivo.

En la subpoblación de adultos se observa un incremento en el tratamiento S1T1, manifestando una media de 60.33 individuos (Figura 13). Este aumento en la presenciade adultos es compatible con lo que reporta Reeh (1992), ya que en condiciones muy favorables se acelera el desarrollo de los juveniles, apareciendo clitelados en un tiempo menor a 60 días.

En el análisis por efectos aislados se encontraron diferencias significativas con el tipo de sustrato, viéndose favorecida la presencia de cocones, juveniles y adultos por S1. Contrariamente, el reporte de López *et al.* (2003) concluye que el sustrato más favorable para la producción de cocones es el estiércol de ovino. Mientras que para el factor del periodo sometido a compostaje destacan: T2 y T1 para los cocones, y T1 para juveniles; en relación a la conclusión de Acosta *et al.* (2013) el periodo de compostaje previo al inóculo de 0 a 2 semanas favorece la reproducción.

Los resultados de Aira *et al.* (2006), sugieren que la tendencia de las lombrices, ante alimentos de baja relación Carbono/Nitrógeno, está orientada a priorizar el crecimiento y desarrollo individual ante la reproducción. Bajo este supuesto, se podría pensar que, un alimento con alta relación C/N supone un incentivo a la reproducción; esto difiere con los resultados obtenidos en el presente estudio ya que el sustrato de pre-compost de ovino fue el que obtuvo menos cocones, aún teniendo una relación Carbono/Nitrógeno ligeramente mayor.

En comparación con Mamami *et al.* (2012), quien empleó 195 gramos de lombrices, equivalente a 400 - 600 individuos en 9 – 13 kilogramos de estiércol vacuno, en la octava semana obtuvo una media de 41.5 cocones, lo cual sugiere una postura muy baja en contraste a los resultados del presente estudio (Figura 11).

La razón de postura determinada por cocon/adulto/semana es relativamente baja en comparación a lo reportado con otros autores entre la sexta y octava semana (Domínguez *et al.*, 2000; Murguía *et al.*, 2010); esto es atribuido a la baja densidad de inóculo frente a la cantidad de sustrato empleado como alimento, aumentando el esfuerzo en las lombrices por encontrar un homólogo con el cual reproducirse (Murguía *et al.*, 2010)., Adicionalmente, es razonable contemplar un periodo de acostumbramiento al sustrato de por lo menos 7 días (Martínez *et al.*, 2018), con el fin de no interferir en el desempeño reproductivo de la lombriz.

Para discutir estas diferencias entre diversos estudios, es importante mencionar que los aspectos químicos, físicos y biológicos del estiércol varía de acuerdo con las dietas ofrecidas al ganado (Schuldt *et al.*, 2004); entonces en base a los resultados obtenidos, se podría interpretar que el estiércol de vacuno previamente compostado con rastrojo vegetal es un sustrato de mayor calidad, en conformidad con Romero *et al.*(2018).

Chaulagain *et al.* (2017), reporta que hay una mayor cantidad de individuos de *Eisenia fetida*, en todos sus estadios, cuando el estiércol vacuno es mezclado con hojarasca o restos de poda, que cuando se ofrece estiércol solo. Debido a que la hojarasca tiende a favorecer la multiplicación de *Eisenia*. De igual manera, Nagavallemma *et al.* (2004) reporta que la máxima población de lombrices se observó con la mezcla de estiércol de vacuno con hojarasca a diferencia del suministro de ambos componentes por separado, y el mismo autor reporta un incremento de 12 veces la población inicial al cabo de 90 días, considerando una población inicial de 90 individuos de *Eisenia fetida*.

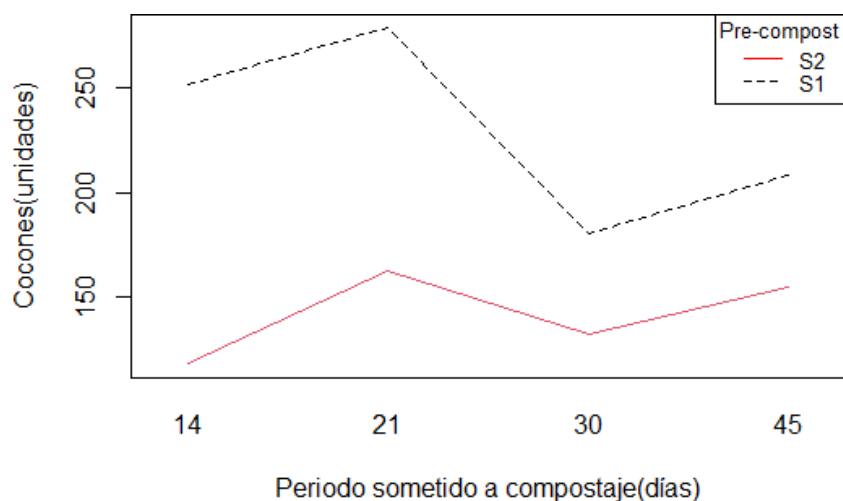


Figura 11: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de cocones a las 8 semanas de haber inoculado con lombriz roja.

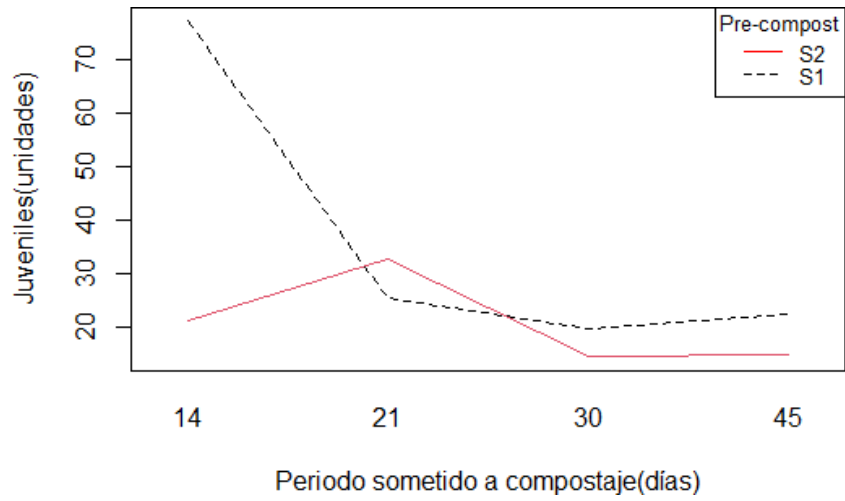


Figura 12: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de juveniles a las 8 semanas de haber inoculado con lombriz roja.

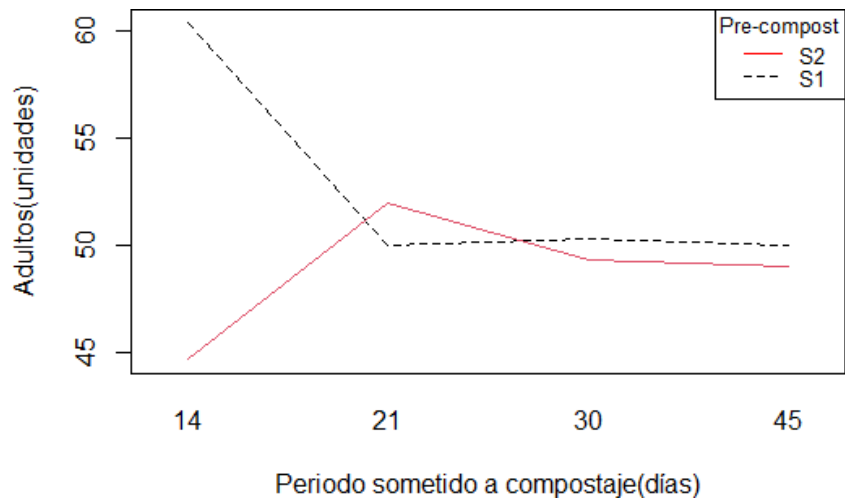


Figura 13: Interacción del tipo de sustrato con el periodo de degradación en la sub población de adultos a las 8 semanas de haber inoculado con lombriz roja.

Las Figuras 14, 15 y 16 grafican el desarrollo global de cocones, juveniles y adultos respectivamente y a lo largo de la segunda, cuarta, sexta y octava semana de medición.

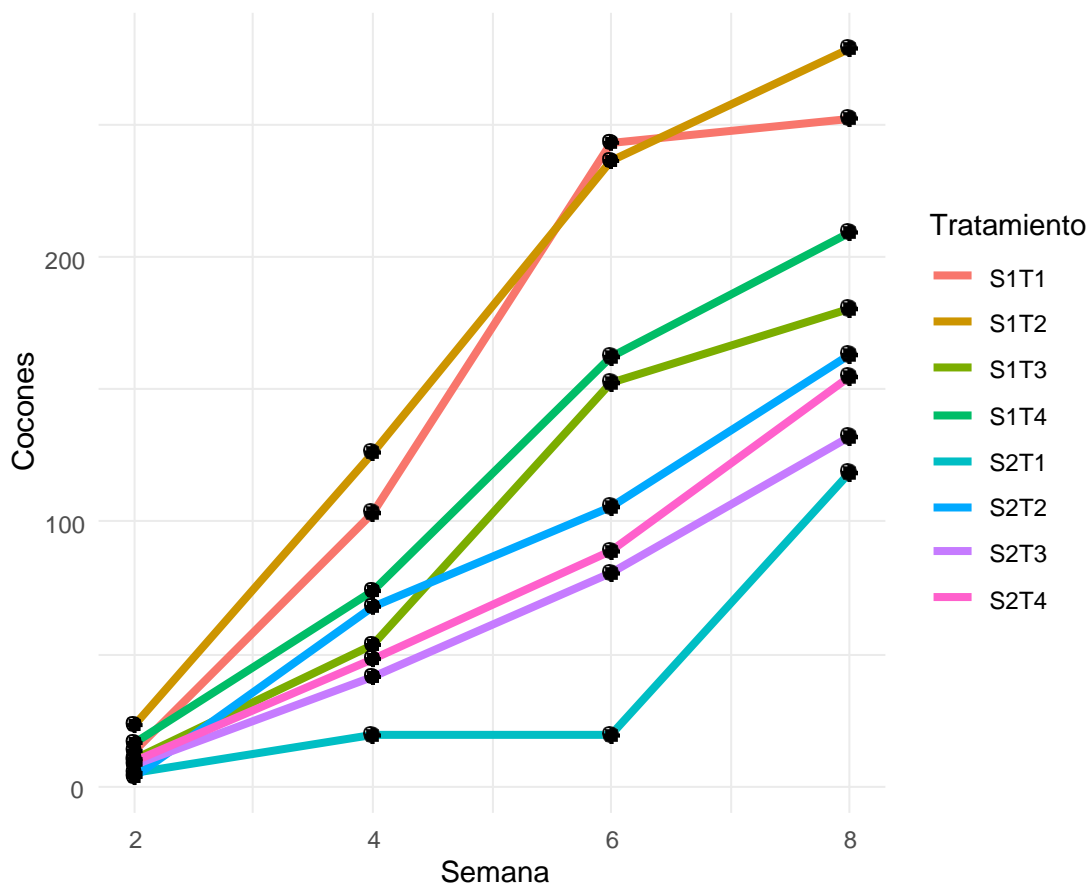


Figura 14: Desarrollo global de cocones a lo largo del periodo de medición.

En la Figura 14, se observa que existe una marcada tendencia al desarrollo de cocones para los tratamientos S1T2, S1T1 Y S1T4, siendo el pre compost de estiércol de vacuno con restos de poda, el sustrato de mejor resultado; adicionalmente, se tiene la mayor cantidad de cocones en ambos sustratos cuando el periodo en el que se somete el sustrato a compostaje es de 21 días.

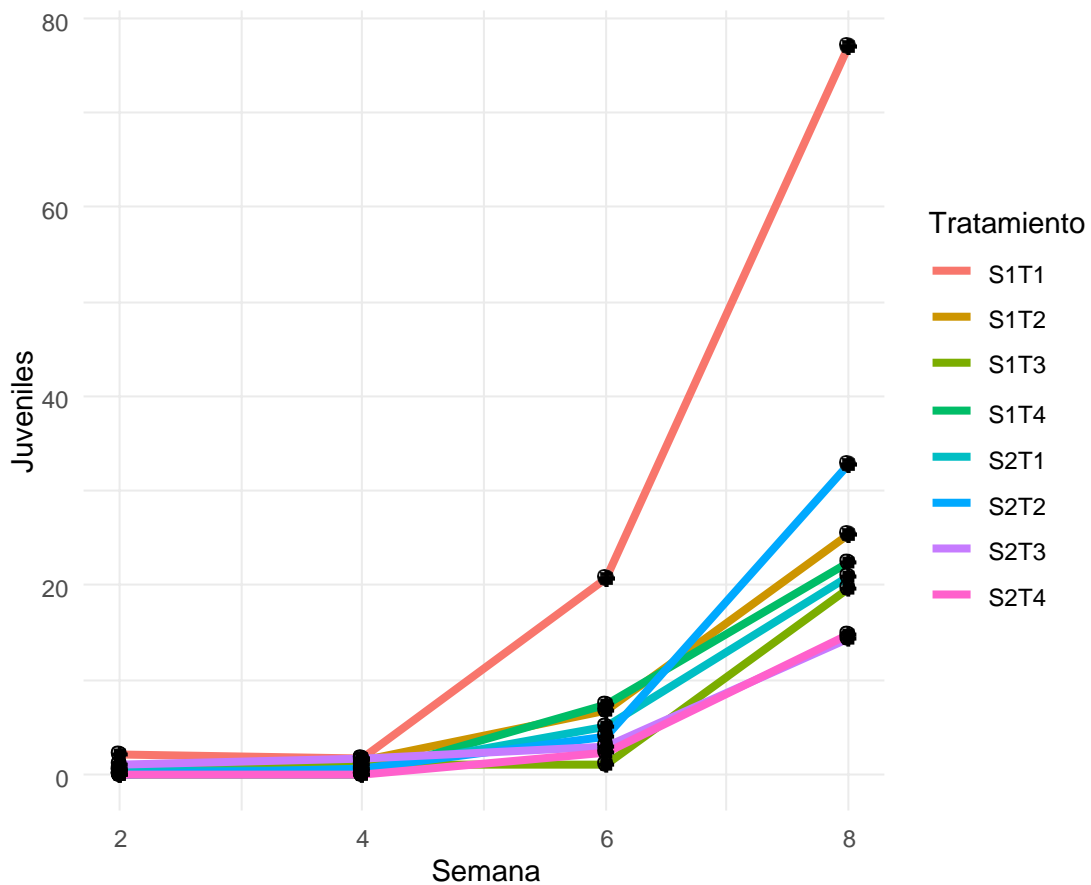


Figura 15: Desarrollo global de juveniles a lo largo del periodo de medición.

En la Figura 15, se observa que la tendencia al desarrollo de juveniles se favorece en los tratamientos S1T1, S2T2 Y S1T2, siendo el pre compost de estiércol de vacuno con restos de poda, el sustrato de mejor resultado; adicionalmente, se tiene el mayor desarrollo de juveniles en ambos sustratos cuando el periodo en el que se somete el sustrato a compostaje es de 14 días.

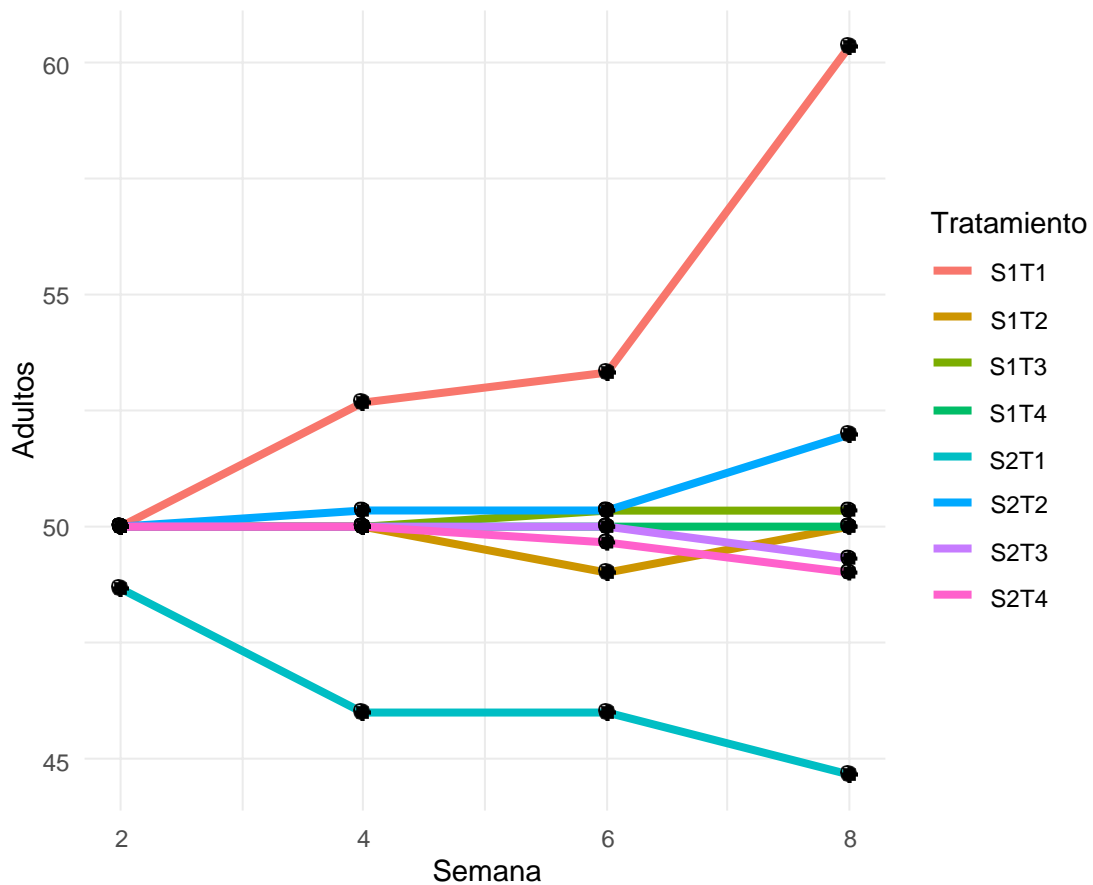


Figura 16: Desarrollo global de adultos a lo largo del periodo de medición.

La Figura 16, muestra que en promedio los adultos inicialmente inoculados no tuvieron mayor variación con respecto a la cantidad de partida, sin embargo, los tratamientos S1T1 y S2T1 favorecieron y desfavorecieron significativamente a la población inicial, respectivamente; en el primer caso se evidenció el desarrollo de juveniles en adultos, determinado por la presencia del clitelo; mientras que en el segundo escenario, hubo ocurrencia de mortalidades y/o fugas por algún agente causante no identificado en el presente experimento.

4.3. Análisis químico del vermicompost

4.3.1. pH

La Tabla 12 muestra un resumen de los resultados del análisis químico del vermicompost. Así, se observa que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el parámetro pH, pero cabe mencionar que todos los tratamientos están dentro de los parámetros establecidos en el NMX-FF-109-SCFI-2008 y NTC-2011. Se reportó el valor más alto 8.20 correspondiente a S2T2, mientras que el más bajo fue 7.58 de S1T1.

Un pH cercano a la neutralidad, indica un potencial uso como enmienda para la producción de cultivos (Chaulagain *et al.*, 2017, Kiyasudeen *et al.*, 2016), y es atribuido a la liberación de iones amonio NH_4^+ durante el proceso de vermicompostaje, fomentando la fijación de CO_2 como CaCO_3 por la anhidrasa carbónica que actúa a nivel intestinal en las lombrices de tierra (Chaulagain *et al.*, 2017; Pattnaik *et al.*, 2010)

4.3.2. Conductividad eléctrica

Con respecto a la conductividad eléctrica, se reportan valores que oscilan desde los 13.5 a los 16.23 dS/m, observándose una conductividad eléctrica relativamente alta en todos los tratamientos, lo cual se atribuye a causa de la degradación de la materia orgánica y el intercambio de iones Ca, Mg, K y P en formas de cationes disponibles (Pattnaik *et al.*, 2010, Tognetti *et al.*, 2005, Chaulagain, 2017).

Gondek *et al.* (2020) propone no utilizar el mismo criterio de interpretación de un análisis de suelos que de un abono, ya que con los valores presentados razonablemente, estos resultados se interpretarían como muy altos en sales y, por ende, no tan bien vistos desde un punto de vista técnico. Sin embargo, el vermicompost obtenido, naturalmente tendría mayor contenido de sales disponibles, debido a la descomposición y mineralización de los compuestos orgánicos (Atiyeh *et al.*, 2000), pero no necesariamente alto en elementos desagregantes, como el Sodio (Na) y Cloro (Cl).

Tabla 12: Resumen de análisis fisicoquímico del vermicompost.

Sustrato	Periodo sometido a compostaje	pH	C.E. dS/m	%M.O.	%N	%P ₂ O ₅	K ₂ O	%CaO	%MgO	%Hd	%Na	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
S1	14 días	7.81 ^{bc}	14.83 ^a	43.70 ^{bc}	2.15 ^{ab}	1.94 ^a	2.29 ^a	5.28 ^b	1.88 ^a	61.23 ^{ab}	0.41 ^a	43.97 ^{ab}	0.69 ^b	22.31 ^a
S2	14 días	8.07 ^a	14.77 ^a	47.36 ^a	1.95 ^b	2.05 ^a	3.99 ^a	7.57 ^{ab}	1.52 ^{bc}	61.2 ^{ab}	0.58 ^a	42.24 ^{ab}	0.89 ^{ab}	24.72 ^a
S1	21 días	7.83 ^b	14.77 ^a	45.19 ^{ab}	2.19 ^{ab}	1.99 ^a	2.50 ^a	5.28 ^b	1.66 ^{abc}	62.53 ^{ab}	0.37 ^a	42.56 ^{ab}	0.69 ^b	21.96 ^a
S2	21 días	8.20 ^a	13.50 ^a	47.46 ^a	1.99 ^{ab}	2.18 ^a	2.37 ^a	7.50 ^{ab}	1.47 ^{bc}	69.07 ^a	0.49 ^a	36.21 ^{ab}	0.93 ^a	24.99 ^a
S1	30 días	7.82 ^{bc}	15.80 ^a	45.72 ^{ab}	2.27 ^a	1.99 ^a	2.51 ^a	5.76 ^{ab}	1.74 ^{ab}	66.10 ^{ab}	0.43 ^a	41.43 ^{ab}	0.69 ^b	22.64 ^a
S2	30 días	8.11 ^a	13.77 ^a	45.25 ^{ab}	2.07 ^{ab}	1.99 ^a	2.14 ^a	6.79 ^{ab}	1.40 ^c	63.89 ^{ab}	0.69 ^a	30.84 ^b	0.93 ^a	25.27 ^a
S1	45 días	7.58 ^c	16.00 ^a	45.37 ^{ab}	2.21 ^{ab}	1.94 ^a	2.87 ^a	5.95 ^{ab}	1.76 ^{ab}	58.74 ^b	0.48 ^a	45.35 ^a	0.70 ^b	22.80 ^a
S2	45 días	7.96 ^{ab}	16.23 ^a	40.61 ^c	1.96 ^b	1.92 ^a	2.09 ^a	9.45 ^a	1.54 ^{bc}	57.72 ^b	0.75 ^a	43.83 ^{ab}	0.98 ^a	23.99 ^a
Periodo sometido a compostaje	14 días	7.95 ^a	14.8 ^{ab}	45.53 ^a	2.04 ^a	1.99 ^a	3.15 ^a	6.43 ^a	1.70 ^a	61.21 ^{ab}	0.49 ^a	43.11 ^{ab}	0.79 ^a	23.52 ^a
	21 días	8.02 ^a	14.13 ^b	46.33 ^a	2.09 ^a	2.09 ^a	2.44 ^a	6.39 ^a	1.56 ^a	65.81 ^a	0.43 ^a	39.39 ^{ab}	0.81 ^a	23.48 ^a
	30 días	7.97 ^a	14.78 ^{ab}	45.48 ^a	2.17 ^a	1.97 ^a	2.32 ^a	6.27 ^a	1.57 ^a	64.99 ^a	0.56 ^a	36.13 ^b	0.81 ^a	23.96 ^a
	45 días	7.77 ^b	16.12 ^a	42.98 ^b	2.08 ^a	1.89 ^a	2.48 ^a	7.70 ^a	1.65 ^a	58.23 ^b	0.61 ^a	44.59 ^a	0.84 ^a	23.39 ^a
Sustrato	S1	7.76 ^b	15.35 ^a	45.17 ^a	2.21 ^a	1.94 ^a	2.54 ^a	5.57 ^b	1.76 ^a	62.15 ^a	0.42 ^b	43.33 ^a	0.69 ^b	22.43 ^b
	S2	8.09 ^a	14.57 ^a	44.99 ^a	1.99 ^b	2.03 ^a	2.65 ^a	7.82 ^a	1.49 ^b	62.97 ^a	0.63 ^a	38.28 ^b	0.93 ^a	24.74 ^a

^{a,b}: Letras diferentes indican que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos a la prueba de Tukey.

Abreviaturas: **pH**: Potencial de Hidrogeniones, **C.E.**: Conductividad Eléctrica, **M.O.**: Materia Orgánica, **N**: Nitrógeno, **P₂O₅**: Pentóxido de difósforo, **K₂O**: Óxido de Potasio, **CaO**: Óxido de Calcio, **MgO**: Óxido de Magnesio, **Hd**: Humedad, **Na**: Sodio, **Pb**: Plomo, **Cd**: Cadmio, **Cr**: Cromo.

Por lo que Gondek *et al*, (2020) propone utilizar un Índice Agronómico (Ag index) como indicador de calidad, que consiste en la sumatoria de los valores de macronutrientes primarios (N,P2O5,K2O) divididos entre los valores de agentes desagregantes (Na y Cl); si dicha relación resulta >10, se consideraría un abono de alta calidad por su elevada relación de nutrientes frente a la presencia de Sodio y Cloro.

Según los resultados manifestados en la Tabla 13, en relación con lo anteriormente descrito, las vermicompostas obtenidas en el presente experimento poseen índices superiores >10, con excepción al tratamiento S2T4. En la comparación de medias de Tukey, se evidencian diferencias significativas ($p<0.05$) entre tratamientos, destacando S1T1 con una media de Índice Agronómico de 18.36, el valor más alto, y S2T4 con una media de 8.90, valor más bajo.

Para el análisis de efectos aislados, a pesar de que no existen diferencias significativas ($p<0.05$) entre el factor periodo sometido a compostaje, sí se evidencian diferencias entre el factor sustrato; por lo que se infiere que el estiércol de ovino posee mayor cantidad de elementos disgregantes en comparación con el estiércol vacuno; siendo éste último un sustrato con mayor valoración.

Tabla 13: Índice Agronómico del vermicompost obtenido con exclusión de Cloro.

Sustrato	Periodo sometido a compostaje	Índice Agronómico
S1	14 días	15.72 ^{ab}
S2	14 días	13.96 ^{ab}
S1	21 días	18.36 ^a
S2	21 días	13.33 ^{ab}
S1	30 días	16.07 ^{ab}
S2	30 días	10.53 ^b
S1	45 días	14.66 ^{ab}
S2	45 días	8.90 ^b
Periodo sometido a compostaje		
	14 días	14.84 ^a
	21 días	15.85 ^a
	30 días	13.30 ^a
	45 días	11.78 ^a
Sustrato		
	S1	16.20 ^a
	S2	11.68 ^b

^{a,b}: Letras diferentes indican que existe diferencia estadística significativa ($p<0.05$) entre los tratamientos a la prueba de Tukey.

4.3.3. Materia Orgánica

El porcentaje de materia orgánica reportada para todos los tratamientos se encuentra dentro del parámetro establecido por NMX-FF-109-SCFI-2008. Se evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) en el efecto aislado por el factor periodo de descomposición de 45 días, reportándose el valor más bajo, explicado por un mayor tiempo de degradación como compostaje (Mirabelli, 2008), lo que fomenta a la mineralización de la materia orgánica.

4.3.4. Relación Carbono:Nitrógeno

Se reporta la estabilización de la materia orgánica que parte del parámetro de la relación C:N inicial 30-35:1 a una relación promedio final que oscila entre 11.78 a 14.14 (Tabla 14). Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, de los cuales, el tratamiento S1T3 expresa un valor más bajo de dicha relación, seguido de S1T1 y S2T4; indicativo de una alta estabilización de la materia orgánica en contraste con el valor inicial o de partida.

Comparado con el estudio de Atiyeh *et al.* (2000), cuyo valor inicial de C:N previo al inoculo con lombrices fue de 36:1, al finalizar obtuvo un valor de 21:1; para dicho experimento se utilizó estiércol vacuno fresco y un período de degradación por parte de las lombrices de 17 semanas. De igual forma, Gunadi *et al.* (2002) reporta que hay una tendencia marcada que va a la baja a medida que se desarrollan poblaciones de *Eisenia fetida*; empleando estiércol vacuno pre compostado como sustrato con un valor inicial de 51.5 a un valor final de 14.8 a 17.9.

Tabla 14: Relación C:N final del vermicompost.

Sustrato	Periodo sometido a compostaje	Relación C:N
S1	14 días	11.78 ^b
S2	14 días	14.14 ^a
S1	21 días	11.96 ^{ab}
S2	21 días	13.84 ^{ab}
S1	30 días	11.71 ^b
S2	30 días	12.67 ^{ab}
S1	45 días	11.95 ^{ab}
S2	45 días	12.05 ^{ab}
	14 días	12.96 ^a
Periodo sometido a compostaje	21 días	12.90 ^a
	30 días	12.19 ^a
	45 días	12.00 ^a
	S1	11.85 ^b
Sustrato	S2	13.18 ^a

^{a,b}: Letras diferentes indican que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos a la prueba de Tukey.

4.3.5. Macro y Micronutrientes

La cantidad de nutrientes de vermicompost son explicados por la mineralización de compuestos orgánicos ocasionados por la intensa actividad microbiana. Según la recopilación de algunos autores, el contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio puede ser muy variable, reportándose valores que van desde 0.1% a 4% (Atiyeh et al., 2000; Schuldt, 2006, Kiyasudeen *et al.*, 2016; Gondek, 2020). Naturalmente el contenido de NPK es bajo en comparación al fertilizante comercial, sin embargo, cuando se aplica el abono en altas tasas y con mayor frecuencia, causa acumulación de nutrientes en el suelo, disminuyendo así la pérdida por lixiviación y volatilización de elementos, especialmente del nitrógeno. Con respecto a las cantidades de Macronutrientes secundarios (Ca y Mg), éstos están condicionados por el contenido original de los materiales que conformaron las pilas de compostaje y posteriormente el alimento de la lombriz.

Los resultados obtenidos están ubicados dentro de los estándares de las normativas: NMX-FF-109-SCFI-2008, NTC-5167-2004, NCH2880 y BSI PAS100.

4.3.6. Metales pesados

Con respecto a los metales pesados, todos los resultados reportados están por debajo de lo que establecen las normas y/o estándares internacionales para la calidad de abonos orgánicos y compostajes NTC-2011, AS4454, USA-EPA Part 503 Rule, Canada Guide Compost Quality y BSI PAS 100.

Si se analizan los resultados por el efecto del factor aislado, periodo de compostaje, no se encontraron diferencias significativas para Cadmio y Cromo, lo cual es lógico atribuir dicha diferencia a la composición del alimento suministrado a ambas especies, lo que repercute consecuentemente en la caracterización química del estiércol generado u origen de material empleado (Schuldt *et al.*, 2004).

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en las que se llevó a cabo el presente estudio, se concluye:

- Durante el proceso de compostaje, evaluando dos mezclas S1 y S2; la mezcla S1 manifiesta un marcado pico de temperatura y posterior descenso en las fechas dadas, lo que se espera en un proceso normal de compostaje. Por otro lado, la mezcla S2 evidenció una predominancia de fase mesófila durante todo el proceso, obteniendo 2 pequeños picos de elevación de temperatura que indicaban la transición a fase termófila por corto periodo de tiempo.
- La humedad, durante el proceso de compostaje, se mantuvo casi constante, manifestando muy poca variabilidad en la temporalidad y en los puntos de medición muestreados.
- Ambas mezclas S1 y S2 se caracterizaron por expresar inicialmente un pH moderadamente alcalino. Ambas evidencian fluctuaciones de descenso y ascenso, lo cual corresponde directamente a la segregación de sustancias metabólicas por parte de las poblaciones microbianas que varían en función a las fases predominantes de temperatura. Al finalizar las mediciones, S1 registró un pH ligeramente alcalino (7.87) mientras que S2 moderadamente alcalino (8.12).
- Los tratamientos S1T1 y S1T2, manifestaron los mejores resultados en la dinámica poblacional y el desarrollo de subpoblaciones de cocones, juveniles y adultos.
- Como factor aislado, el sustrato S1 fue significativamente superior en el desarrollo cuantitativo de cocones, juveniles y mantenimiento de adultos, para todas las mediciones realizadas.

- Los periodos de 14 y 21 días favorecieron la postura de cocones, desarrollo de juveniles y fomentaron el crecimiento de la población de adultos.
- Respecto de la calidad de vermicompost, todos los tratamientos cumplen con la normativas: NMX-FF-SCFI-2008 en sus parámetros: nitrógeno total porcentual, materia orgánica, relación carbono-nitrógeno y pH; y la normativa NTC-2011 respecto a contenido de cenizas, carbono orgánico total oxidable, pH, Cadmio, Cromo y Plomo. Asimismo, todos los tratamientos exceden el contenido aceptado de sales expresado en términos de conductividad eléctrica (dS/m), sin embargo, su uso no comprometería la integridad de cultivos según sus índices agronómicos.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones adicionales evaluando densidades poblacionales de lombrices más altas, empleando otros tipos de estiércol y utilizando el proceso de compostaje como tratamiento previo al inóculo de *Eisenia fetida*.
- Complementar los resultados obtenidos con evaluaciones de germinación porcentual y análisis de fitotoxicidad para determinar la capacidad del vermicompost como sustrato.
- Contemplar dentro del análisis químico el parámetro cloro, con el fin de determinar el índice agronómico del vermicompost obtenido en función a su calidad nutricional frente a la presencia de sales desagregantes de estructura de suelos (Na y Cl).
- Proponer criterios de calidad de bioabonos peruanos, en los que intervenga como sustrato estiércoles como materia prima.
- Proponer calidades de bioabonos peruanos según su uso: en agricultura, jardines, campos forestales, cubrimiento de rellenos sanitarios, entre otros.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, C., Solís, O., Villegas, O., Cardoso, L. (2013). Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agronomía Costarricense*. 37. 127-139. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43628796010>
2. Aira, M.; Monroy, F.; Dominguez, J. (2006). C to N ratio strongly affects population structure of *Eisenia fetida* in vermicomposting systems. *European Journal of Soil Biology* 42, S127-S131. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.07.039>
3. Ameen, A., Ahmad, J., & Raza, S. (2016) Effect of pH and moisture content on composting of Municipal solid waste. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 6(5), 35-37.
4. Atiyeh, R.; Domínguez, J.; Subler, S.; Edwards, C. (2000). Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*, 44(6), 709-724. [https://doi.org/10.1078/S0031-4056\(04\)70084-0](https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70084-0)
5. Benitez, E; Nogales, R; Elvira, C; Masciandaro, G; Ceccanti, B. (1999). Enzyme activities as indicators of the stabilization of sewage sludges composting with *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology* 67(3): 297-303. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(98\)00117-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(98)00117-5)
6. Bernal, M.; Albuquerque, J.; Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *Bioresour Technol*, 100(22): 5444-5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>

7. Butt, K. & Grigoropoulou, N. (2010). Basic Research Tools for Earthworm Ecology. Applied and Environmental Soil Science. 2010. <https://doi.org/10.1155/2010/562816>
8. Chaulagain A.; Maharjan B.; Pathak R.; Piya S.; Chirimoriya S.; Shrestha I.; Gauchan D.; Lamichhane J. (2017). Effect of feeding material on yield, quality on vermicompost, multiplication and reproduction of *Eisenia Foetida*. Journal of Science, Engineering and Technology, 13(2), 15-25.
9. Compagnoni, L. & Putzolu, G. (2018). Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. Editorial de Vecchi S.A. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=Ag9dDwAAQBAJ&pg=PT87&lpg=PT87&dq=giberelinas+en+el+humus&source=bl&ots=Ndl3-6SLfF&sig=W3esJxTkgaRKgNkM4EZbWenS-f8&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi-2N6e58PeAhVPrVkJHeJjAhYQ6AEwFnoECAMQAQ#v=onepage&q&f=false>
10. Cruz, M. (2005). Reproducción de la lombriz roja (*Eisenia fetida*) en sustratos orgánicos pecuarios. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Coahuila, México.
11. Delgado, M.; Porcel, M.; Millares, R.; Beltrán, E.; Beringola, L.; Martín, J. (2004). Efecto de la vermicultura en la descomposición de residuos orgánicos. Revista internacional de contaminación ambiental, 20(2), 83-86.
12. Domínguez, J. & Gómez-Brandón, M. (2010). Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje 2(2): 309-320. <https://doi.org/10.21829/azm.2010.262896>

13. Domínguez, J.; Edwards, C.; Webster, M. (2000). Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking material on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. *Pedobiologia*, 44(1), 24-32.
[https://doi.org/10.1078/S0031-4056\(04\)70025-6](https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70025-6)
14. Durán, L. & Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía costarricense*, 33(2), 275–281. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/43692905_Crecimiento_y_reproduccion_de_la_lombriz_roja_Eisenia_foetida_en_cinco_sustratos_organicos
15. Edwards, C. (2004). *Earthworm Ecology*. (2° ed.). Boca Raton, United State of America. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420039719>
16. Edwards, C.; Arancon, N., Sherman, R. (2010). *Vermiculture Technology: Earthworms, organics wastes, and enviromental managment*. Boca Raton, United States of America. CRC Press, <https://doi.org/10.1201/b10453>
17. Edwards, C; Scott, S; Arancon, N. (2011). *Quality Criteria for Vermicompost. Vermiculture technology*. United States of America, CRC Press, p.301.
<https://doi.org/10.1201/b10453-19>
18. Ferruzzi, C. (1987). *Manual de Lombricultura*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 139 p.
19. Fragoso, C. (2003). La comunidad de lombrices de tierra de selvas tropicales y su papel en la descomposición de la hojarasca. En: Álvarez, J; Naranjo, E. *Ecología del suelo en la selva tropical*. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/259953430_FRAGOSO_C_2003_La_comunidad_de_lombrices_de_tierra_de_selvas_tropicales_y_su_papel_en_la_de

- scomposicion_de_la_hojarasca_Pp_185-196_En_Alvarez_Sanchez_J_y_E_Naranajo_Eds_Ecologia_del_suelo_en_la_selva_úmeda de México. México, UNAM-INECOL. p. 185-196.
20. Fragoso, C & Brown, G. (2007). Ecología y taxonomía de las lombrices de tierra en Latinoamérica: el primer encuentro latino-americano de ecología y taxonomía de oligoquetos. En: Brown, G; Fragoso, C. *Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecología*. Brazil, EMBRAPA. p. 33-75.
21. Gardiner, M. (1977). *Biología de los invertebrados*. Omega/Mcgraw Hill. Madrid.España. 940p.
22. Gondek, M.; Weindorf, D.; Thiel, C.; Kleinheinz, G. (2020).Soluble salts in compost and their effects on soils and plants: a review. *Compost Science & Utilization*. 28(2), 59-75. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2020.1772906>
23. Gunadi, B.; Blount, C.; Edwards, C. (2002) The growth and fecundity of *Eisenia foetida* (Savigny) in cattle solids pre-composted for different periods, *Pedobiologia* 46 (2002) 15–23. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00109>
24. Gutiérrez, V.; Juárez, C.; Mondragón, A. (2007). Dinámica poblacional de la lombriz *Eisenia foetida* en estiércol composteado y fresco de bovino y ovino. *Revista electrónica de Veterinaria*. 8(7) 1695-7504 – 2007. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/26465250_Dinamica_poblacional_de_la_lombriz_Eisenia_foetida_en_estiercol_composteado_y_fresco_de_bovino_y_ovino_Dynamics_population_earthworm_Eisenia_foetida_in_fresh_and_composted_manure_of_bovine_and_ovine
25. Herrera, J. & Mischis, C. (1994). Influence of feeding in the biological cycle of *Eisenia foetida* Savigny (Annelida, oligochaeta, lumbricidae) 5(11), 117-124.

26. Huang, G.; Wong, J.; Wu Q.; Nagar, B. (2004). Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. *Waste Management* 24(8), 805-813. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.03.011>
27. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (2011). Norma Técnica Colombiana NTC 5167. Norma para Abonos Orgánicos y Fertilizantes. Bogotá. Colombia: Icontec, Colombia.
28. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. (2013). Metodologías para la elaboración de compostas y lombricompostas de excretas de ganado de leche. México D.F. México.
29. Jiang, J., Kang, K., Chen, D. y Liu, N. (2017). Impacts of delayed addition of N-rich and acidic substrates on nitrogen loss and compost quality during pig manure composting. *Waste Management*, 72(1). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.025>
30. Kiyasudeen, S.; Ibrahim, M.; Quaik, S.; Ismail, S. (2016). Prospects of Organic Waste Management and the Significance of Earthworms. Springer International Publishing. Switzerland. 10.1007/978-3-319-24708-3.
31. Liang C.; Das K.; McClendon R. (2003). The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource Technology*, 86(2), 131–137.
32. Lim, S.; Lee, L.; Wu, T. (2016). Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: Recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production* 111: 262-278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.083>.

33. López, M.; Hernández, M.; Elorza, P. (2003). Evaluación de la densidad de población de la lombriz compostera (*Eisenia andrei*). Revista UDO Agrícola, 3(1), 12-16.
34. Lv, B; Xing, M; Yang, J; Qi, W; Lu, Y. (2013). Chemical and spectroscopic characterization of water extractable organic matter during vermicomposting of cattle dung. Bioresource Technology 132: 320-326.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.006>
35. Marshall, A. & William, W. (2011). Zoología Invertebrados. Editorial Revert. 433p.
36. Martínez, C.; Maza, L.; Arroyo, Y.; Meza, M.; Castro, J.; Vergara, O. (2018). Evaluación reproductiva de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* alimentada con diferentes sustratos en el trópico bajo colombiano. Livestock Research for Rural Development. 30(36). Recuperado de: <http://www.lrrd.org/lrrd30/2/over30036.html>
37. Melendi, D.; Chile, A.; Fernández, V. (2022). Sistema de vermicultura para la biotransformación de los desechos sólidos (excretas) de la explotación intensiva del porcino de cría soroa: Sistema de vermicultura para la biotransformación de los desechos sólidos (excretas) de la explotación intensiva del porcino de cría soroa. Investigación Y Ciencia Aplicada a La Ingeniería, 5(29), 40–52. Recuperado a partir de <http://ojs.incaing.com.mx/index.php/ediciones/article/view/107>
38. Mirabelli, E. (2008). El compostaje proyectado a la lombricultura. Buenos Aires, Argentina. Editorial Hemisferio Sur S.A. 330p.
39. Murguía, M.; Choque, B.; Pillco, H.; Huayta, D.; Chambi I.; Cutili B. (2010). Behavior of californian red earthworm and wild earthworm bovine dung and bovine rumination as substrate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 1(4).

555-565. Recuperado de:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200709342010000400008

40. Munroe, G.; Scott, J.; Burlington, C.; Scotia, N.; Holsteins, K. y Pre, G. (2007). Manual of On-Farm Vermicomposting and Vermiculture Organic Agriculture Centre of Canada Acknowledgements EcoAction Program of Environment Canada and New Ground Vermicomposting, Halifax, Nova Scotia. Recuperado de: https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/E-Learning/Moocs/Solid_Waste/W4/Manual_On_Farm_Vermicomposting_Vermiculture.pdf
41. Mupondi, L.; Mnkeni, P.; Muchaonyerwa, P.; Mupambwa, H. (2018). Vermicomposting manure-paper mixture with igneous rock phosphate enhances biodegradation, phosphorus bioavailability and reduces heavy metal concentrations. *Heliyon*, 4(8), e00749. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00749>
42. Nagavallemma K., Wani S., Stephane L., Padmaja V., Vineela C., Babu Rao M. & Sahrawat K (2004). Vermicomposting: Recycling Wastes into Valuable Organic Fertilizer, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Journal of SAT Agricultural Research, 2.
43. Pattnaik, S.; & Reddy, M. V. (2010). Nutrient Status of Vermicompost of Urban Green Waste Processed by Three Earthworm Species—*Eisenia fetida*, *Eudrilus eugeniae*, and *Perionyx excavatus*. *Applied and Environmental Soil Science*, 2010, 1–13. doi:10.1155/2010/967526
44. Pedraza, S. & Hernández, L. (2019). Disminución del tiempo de obtención de abono orgánico mediante vermicompostaje como método de estabilización de un residuo en proceso de compostaje. *Avances: Investigación En Ingeniería*, 16(1). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.5439>

45. Pérez, E.; Lagune, J.; Corona J.; Barajas, M. (2017). Growth and reproductive potential of *Eisenia foetida* (Sav) on various zoo animal dungs after two methods of pre-composting followed by vermicomposting. *Waste management* (New York, N.Y.), 64, 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.03.036>
46. Putranto, A. & Chen, X. (2017). A new model to predict diffusive self-heating during composting incorporating the reaction engineering approach (REA) framework. *Bioresource technology*, 232, 211–221. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.01.065>
47. Reeh, U. (1992). Influence of population densities on growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei* on pig manure. *Soil Biology and Biochemistry*, 24(12), 1327–1331. [https://doi:10.1016/0038-0717\(92\)90113-c](https://doi:10.1016/0038-0717(92)90113-c)
48. Román, P.; Martínez, M.; Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor, Experiencias en América Latina*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Food & Agriculture Org. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>
49. Romero, L. (2018). Evaluación de temperatura, pH, humedad, residuos sólidos orgánicos (frutas y verduras) y digesta de animales de camal en el proceso de compostaje. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8753/Lidia_Ensue%C3%B1o_Romero_Iruri_de_Soto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
50. Romero, C.; Ocampo, J.; Sandoval, E.; Tobar, J. (2018). Substrates evaluation for the production of earthworm (*Eisenia foetida*). *Centro Agrícola*, 45. 68-74. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/331010584_Substrates_evaluation_for_the_production_of_earthworm_Eisenia_foetida

51. Ruiz, N; Lavelle, P; Jiménez, J. 2008. Soil Macrofauna Field Manual - Technical level. Rome, FAO. 101 p. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i0211e.pdf>
52. Schuldt, M. (2006). Lombricultura. Teoría y práctica, Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?id=QaISAQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=editions:cJrl6CdHFZUC&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjCkayCzZ7qAhXCJ7kGHWiTCF0Q6AEwAHoECAEQAg#v=onepage&q&f=false>
53. Schuldt, M.; Rumi, A.; Gregoric, D. (2004). Estimación de la capacidad de porte en lombricultivos de *Eisenia fetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) con distintas materias orgánicas. Revista Argentina de Producción Animal. 25(1), 101 -109. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/260780200_Estimacion_de_la_capacidad_de_porte_en_lombricultivos_de_Eisenia_fetida_Oligochaeta_Lumbricidae_con_distintas_materias_organicas
54. Storer, T.; Usinger, R.; Stebbins, R.; Nybakken, J. (2003). Zoología general. 6 ed. España, Omega, 954p.
55. Sztern, D. & Pravia, M. (1996). Manual para la elaboración de compost. Madrid 110-112. Recuperado de: <http://ops-uruguay.bvsalud.org/pdf/compost.pdf>
56. Sim, E. & Wu, T. (2010). The potential reuse of biodegradable municipal solid wastes (MSW) as feedstocks in vermicomposting. Journal of the science of food and agriculture, 90(13), 2153–2162. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4127>
57. Tognetti C.; Laos F.; Mazzarino M.; Hernandez M. (2005). Composting vs. vermicomposting: a comparison of end product quality. Compost Science and Utilization, 13(1), 6–13.

58. Venter, J. & Reinecke, A. (1988). The life-cycle of the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *South African Journal of Zoology* 23(3): 161-165.
<https://doi.org/10.1080/02541858.1988.11448096>
59. Wani, K.; Mamta; Rao, R. (2013). Bioconversion of garden waste, kitchen waste and cow dung into value-added products using earthworm *Eisenia fetida*. *Saudi Journal of Biological Sciences* 20(2): 149-154.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2013.01.001>
60. Yadav, A. & Garg, V. (2019). Biotransformation of bakery industry sludge into valuable product using vermicomposting. *Bioresource technology*, 274, 512– 517.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.12.023>

VIII. ANEXOS

Anexo 1

Marco Legal en la Normativa Peruana

sea comisionado será financiado y/o ejecutado por el Pliego 026: Ministerio de Defensa, con cargo a su presupuesto.

Artículo 4°.- Autorizar el viaje en Comisión de Servicios del personal del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, del 15 al 17 de noviembre de 2012, a la República de Cuba, para los fines descritos en la parte considerativa de la presente Resolución, conforme el siguiente detalle:

Nombres y Apellidos	Viáticos autorizados
Titulares	
Edgar Fortunato Ortega Torres	480 USD (240 USD* 02 días)
Jorge Luis Arguedas Bravo	480 USD (240 USD* 02 días)
Alberto Martín Rugel Merino	480 USD (240 USD* 02 días)
TOTAL	1440.00 USD
Alternos	
Roberto Rolando Burneo Bermejo	480 USD (240 USD* 02 días)
Carlos Armando Cieza Córdova	480 USD (240 USD* 02 días)
Alvaro Martín Ballena Domínguez	480 USD (240 USD* 02 días)

Artículo 5°.- Los gastos por concepto de viáticos que irroga el cumplimiento de la presente Resolución Suprema serán con cargo al presupuesto del INDECI, por el monto ascendente al detalle del cuadro del artículo anterior.

La participación del personal alterno del INDECI queda supeditada solamente a la imposibilidad de viajar por parte de los miembros titulares.

Artículo 6°.- Dentro de los quince (15) días calendario siguientes de efectuado el viaje autorizado, el citado representante deberá presentar ante el Titular de la Entidad, un informe detallado describiendo las acciones realizadas, los resultados obtenidos y la rendición de cuentas por los viáticos entregados.

Artículo 7°.- La presente Resolución no dará derecho a liberación o exoneración de impuestos aduaneros, cualquiera sea su clase o denominación.

Artículo 8°.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros, el Ministro de Relaciones Exteriores y el Ministro de Defensa.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente Constitucional de la República

JUAN F. JIMÉNEZ MAYOR
Presidente del Consejo de Ministros

MIDORI DE HABICH ROSPIGLIOSI
Ministra de Salud
Encargada del Despacho del Ministerio
de Relaciones Exteriores

PEDRO CATERIANO BELLIDO
Ministro de Defensa

ANEXO I CARGA PROPUESTA DE BIENES DE AYUDA HUMANITARIA PARA "CUBA"

DESCRIPCIÓN DEL BIEN	MEDIDA	CANTIDAD PROPUESTA A ENVIAR	VOL UNIT	VOL TOTAL	PESO TOTAL M3	PRECIO TOTAL
BIDON DE PLASTICO X131L	UNIDAD	450	0.07573	34.08	2,385.00	S/. 24,503.26
CALAMINA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO DE 1.80 M X 83 CM X 22 MM	UNIDAD	2,300	0.00062	1.43	6,900.00	S/. 27,923.98
CAJA DE METAL PLEGABLE DE 3/4 PLAZA	UNIDAD	450	0.07235	32.56	4,275.00	S/. 60,430.04
COLCHON DE ESPUMA DE 3/4 PLAZA	UNIDAD	450	0.11100	49.95	900.00	S/. 24,043.38
SABANAS	UNIDAD	1,500	0.00163	2.45	750.00	S/. 22,360.00
MOSQUITERO DE TAFETAN 1 PLAZA	UNIDAD	1,500	0.00499	7.49	750.00	S/. 30,286.81
		*		127.95	15,960.00	S/. 189,567.40
				130 M3	16 TM	

866101-11

AGRICULTURA

Aprueban Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario

DECRETO SUPREMO
N° 016-2012-AG

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 2°, numeral 22) de la Constitución Política del Perú consagra el derecho que tiene toda persona, a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, mediante Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, se dispuso como objeto establecer derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana;

Que, el artículo 6° de dicha Ley, modificado por el artículo 1° del Decreto Legislativo N° 1065, establece que la gestión y el manejo de los residuos sólidos de origen industrial, agropecuario, agroindustrial, de actividades de la construcción, de servicios de saneamiento o de instalaciones especiales, son normados, evaluados, fiscalizados y sancionados por los ministerios u organismos reguladores o de fiscalización correspondientes, sin perjuicio de las funciones técnico normativas y de vigilancia que ejerce la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud y las funciones que ejerce el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental del Ministerio del Ambiente;

Que, la Primera Disposición Complementaria, Transitoria y Final del Reglamento de la Ley N° 27314, aprobada mediante Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, establece que el Ministerio de Agricultura debe coordinar la formulación y oficialización de una norma específica que reglamente el manejo de residuos de actividades agropecuarias y agroindustriales, estableciendo que la denominación final de dicha norma específica corresponderá al Ministerio de Agricultura, en base a su marco normativo;

Que, la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios del Ministerio de Agricultura, ha propuesto el Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario, el cual recoge los aportes y comentarios de los Ministerios del Ambiente y de Salud, así como de personas naturales e instituciones públicas y privadas;

Que, siendo así, resulta necesario aprobar el Reglamento del Manejo de Residuos Sólidos del Sector Agrario, con la finalidad de promover y regular el manejo de los residuos sólidos generados en el desarrollo de actividades de competencia del Sector Agrario (agrícolas, pecuarias, de transformación de productos agropecuarios, hidráulicas y forestales), y de esa forma prevenir y minimizar los riesgos ambientales, así como proteger la salud y el bienestar de la persona humana, contribuyendo al desarrollo sostenible del país;

En uso de las atribuciones que confiere el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y de conformidad con la Ley N° 29158, la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente; la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y el Decreto Legislativo N° 997, que aprueba la Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Agricultura;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación del Reglamento

Apruébese el "Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario", que consta de ocho (8) títulos, dieciocho (18) capítulos, sesenta y tres (63) artículos y dos (2) disposiciones complementarias finales, cuyo texto forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2°.- Normas Complementarias

Facúltase al Ministerio de Agricultura para dictar las normas complementarias que fueran necesarias para garantizar el cumplimiento de lo dispuesto en el presente Decreto Supremo.

Artículo 3°.- Refrendo
El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Agricultura.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los trece días del mes de noviembre del año dos mil doce.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente Constitucional de la República

MILTON VON HESSE LA SERNA
Ministro de Agricultura

REGLAMENTO DE MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR AGRARIO

TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1°.- Objetivo del Reglamento
Regular la gestión y manejo de los residuos sólidos generados en el Sector Agrario, en forma sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de prevención y minimización de riesgos ambientales, así como la protección de la salud y el bienestar de la persona humana, contribuyendo al desarrollo sostenible del país.

Los objetivos específicos de este reglamento son:

a. Asegurar el cumplimiento de las disposiciones legales para el manejo de residuos sólidos con la finalidad de prevenir riesgos sanitarios, proteger la calidad ambiental, la salud y bienestar de las personas, estableciendo las acciones necesarias para dar un adecuado tratamiento técnico a los residuos de las actividades de competencia del Sector Agrario.

b. Regular la minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, valorización, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos derivados de las actividades agropecuarias y agroindustriales.

c. Promover, regular e incentivar la participación de la inversión privada en las diversas etapas de la gestión de los residuos sólidos, promoviendo, en particular, el reaprovechamiento ecoeficiente de los recursos que puedan ser generados a partir de los residuos sólidos no peligrosos agropecuarios y agroindustriales.

Artículo 2°.- Ámbito de aplicación

El presente Reglamento es de aplicación al conjunto de actividades relativas a la gestión y manejo de los residuos sólidos en el Sector Agrario, siendo de cumplimiento obligatorio para toda persona natural o jurídica, pública o privada, generador de residuos, quienes deberán cumplir con las condiciones, requisitos y procedimientos establecidos en el presente Reglamento y normas complementarias.

Artículo 3°.- De la mención a referencias

Cualquier mención en este Reglamento a:

-“Ley General”, se entiende referida a la Ley N° 27314 -Ley General de Residuos Sólidos.

-“Reglamento”, se entiende referida al Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM.

-“EPS-RS”, se entiende referida a la Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos.

-“EC-RS”, se entiende referida a la Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos.

-“DIGESA”, se entiende referida a la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud.

-“Residuos Sólidos”, se entiende referida a los Residuos Sólidos Agropecuarios, Agroindustriales y de otras actividades de competencia del Sector Agrario.

-“Actividades del sector”, se entiende referida a las Actividades Agropecuarias, Agroindustriales y otras actividades de competencia del Sector Agrario.

TÍTULO II DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE ACTIVIDADES DE COMPETENCIA DEL SECTOR AGRARIO

Artículo 4°.- Origen de los residuos

El presente reglamento norma la gestión de los residuos, cuyo origen sea de actividades agropecuarias, agroindustriales y otras de competencia del Sector Agrario.

Artículo 5°.- Residuos sólidos agropecuarios
Los residuos agropecuarios son aquellos que provienen de las actividades agrícolas, forestales, ganaderas, avícolas y de centros de faenamiento de animales.

Artículo 6°.- Residuos sólidos agroindustriales
Los residuos agroindustriales, son aquellos generados en los establecimientos de procesamiento de productos agrícolas.

Artículo 7°.- Residuos sólidos de otras actividades
Los residuos sólidos de otras actividades como las de producción y transformación primaria forestal e irrigaciones.

TÍTULO III DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS AGROPECUARIOS Y AGROINDUSTRIALES

Capítulo I Aspectos generales

Artículo 8°.- Manejo de residuos y modalidad de prestación de servicios

El manejo de los residuos debe ser seguro, sanitario y ambientalmente adecuado, teniendo responsabilidad el generador y la Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS) y/o la Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos (EC-RS), teniendo en cuenta la clasificación y el destino de los residuos, con la finalidad de prevenir los impactos negativos a la salud pública y al ambiente, respetando los principios de prevención y los lineamientos de la Ley General.

Las empresas operadoras de residuos sólidos, EPS-RS o EC-RS, pueden realizar sus actividades en las instalaciones del generador. Las actividades a desarrollar por estas empresas operadoras de residuos sólidos dependerán del origen, composición y característica de los residuos sólidos.

Capítulo II De los Planes de Manejo, Declaraciones de Manejo y Planes de Contingencia de los Residuos Sólidos Agropecuarios y Agroindustriales

Artículo 9°.- Plan de manejo de residuos sólidos

El Plan de Manejo de Residuos Sólidos, deberá formar parte del Plan de Manejo Ambiental contenido en el Instrumento de Gestión Ambiental que corresponda.

Para aquellos proyectos, actividades y/u obras que no les corresponden instrumentos de gestión ambiental, deben desarrollar su respectivo Plan de Manejo de Residuos, el cual debe ser presentado ante la autoridad ambiental competente del Sector Agrario para su respectiva aprobación.

El Plan de Manejo incluirá los procedimientos técnicos y administrativos necesarios para lograr una adecuada gestión de los residuos sólidos.

Conjuntamente con la Declaración de Manejo de Residuos Sólidos del año anterior, el generador debe presentar en formato digital e impreso ante la autoridad ambiental competente del Sector Agrario, el respectivo Plan de Manejo de Residuos Sólidos que va a ejecutar en el siguiente año, dicho plan deberá ser refrendado por la empresa operadora de residuos sólidos.

Artículo 10°.- Contenido del plan de manejo de residuos sólidos

El Plan de Manejo de Residuos Sólidos deberá cumplir con los objetivos del presente Reglamento y debe considerar lo siguiente:

Datos Generales de la actividad

1. El Plan de Manejo de Residuos, deberá estar sellado y firmado por el titular del proyecto o de la actividad y un profesional colegiado, con especialización y experiencia en gestión y manejo de residuos sólidos.

2. Describir la actividad que desarrolla, incluyendo el flujo de insumos e identificando los puntos en que se generan los residuos sólidos.

Características de los residuos

3. Caracterizar los residuos sólidos tanto peligrosos y no peligrosos, estimando los volúmenes.

Manejo de residuos sólidos generados

4. Determinar medidas alternativas para la minimización y valorización de residuos sólidos.

5. Determinar procedimientos internos de recojo, segregación, almacenamiento, reciclaje y traslado de residuos sólidos.

6. Definir los equipos, rutas, calendarios y señalización que deberán emplearse para el manejo interno de los residuos sólidos. (adjuntando un plano con la infraestructura básica).

7. Determinar un Plan de Contingencia ante un evento inesperado que genere derrame, incendio o exposición de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.

8. Elaborar un formato del registro de residuos sólidos, considerando cantidad, peso, volumen, identificación, peligrosidad u otras características.

9. Otros que pudieran ser considerados y aprobados por la normatividad vigente.

Educación Ambiental en manejo de residuos

10. Elaborar un programa de capacitación para el personal responsable de la generación y manejo de los residuos sólidos de la actividad.

11. Diseñar actividades de difusión y educación ambiental en la gestión del manejo de residuos sólidos con sus trabajadores, usuarios, instituciones y/o otros grupos de interés haciendo uso de los diversos medios de comunicación.

Todo lo que se consigne en el Plan de Manejo de Residuos Sólidos será exigible desde su aprobación.

Artículo 11°.- Declaración de manejo de residuos sólidos

Los generadores de residuos sólidos, deberán presentar la Declaración de Manejo de Residuos Sólidos, generados durante el año transcurido, debidamente firmados por quienes la suscriben, en formato digital ante la autoridad ambiental del Sector Agrario para su aprobación, dentro de los primeros quince días hábiles de cada año, según formulario establecido en el Anexo I del Decreto Supremo N° 057-2004-PCM. Dicha declaración debe hacerse por cada tipo de residuo generado, debiendo declarar todos los residuos generados durante el desarrollo de sus actividades.

Artículo 12°.- Plan de contingencias

Todo generador de residuos sólidos, debe contar con un Plan de Contingencias que determine las acciones a seguir, en caso de emergencias, durante el manejo de los residuos.

Si las EPS-RS y EC-RS prestan servicios a un tercero que cuente con su propio Plan de Contingencias, aprobado por su respectiva autoridad competente, ambos cumplirán las medidas dispuestas en sus instrumentos. Si hubiera alguna discrepancia entre dichas medidas, se aplicarán las más rigurosas.

El Plan de Contingencias debe ser actualizado por lo menos cada cinco años, cuando se modifique significativamente su contenido o cuando como resultado de la vigilancia y seguimiento se determine la necesidad de reevaluar su contenido; actualización que debe ser aprobada por la autoridad competente.

Capítulo III

Del Almacenamiento y Prohibición de Abandono de Residuos Sólidos agropecuarios, agroindustriales y de otras actividades del Sector Agrario

Artículo 13°.- Almacenamiento de residuos

El almacenamiento de los residuos, se efectuará en recipientes apropiados de acuerdo a la cantidad generada y las características del residuo separando obligatoriamente los peligrosos de los no peligrosos, además deben estar dotados de los medios de seguridad previstas en las normas técnicas correspondientes, de manera tal que se eviten pérdidas o fugas durante el almacenamiento, operaciones de carga, descarga y transporte.

Artículo 14°.- Almacenamiento temporal de residuos

El proceso de almacenamiento inicial de residuos sólidos, se realizará dentro de las instalaciones de la actividad, teniendo en cuenta el lugar o áreas donde los

residuos sólidos se generen. Una vez acumulado, y de acuerdo a su Plan de Manejo, el generador podrá disponer el traslado según corresponda.

Artículo 15°.- Almacenamiento central de residuos

El proceso de almacenamiento central de residuos, se realizará dentro de las instalaciones de la actividad, debe estar cerrado, cercado y, en su interior se colocarán los contenedores necesarios para el acopio temporal de dichos residuos sólidos, en condiciones de higiene y seguridad, hasta su evacuación para el tratamiento o disposición final. Estas instalaciones deben reunir las condiciones establecidas en el artículo 40° del Reglamento.

Artículo 16°.- Prohibición de abandono de residuos en lugares no autorizados

Está prohibido el uso de los espacios públicos (vías, parques, entre otros), así como áreas arqueológicas, áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento, playas, cuerpos de agua y fajas marginales de ríos, así como otros bienes de uso público, para el abandono de residuos. La transgresión será materia de sanción por parte de la autoridad ambiental del Sector Agrario.

Capítulo IV

Del recojo de residuos sólidos dentro de las instalaciones de la actividad

Artículo 17°.- Del recojo de residuos sólidos

El recojo de los residuos sólidos se realizará mediante contenedores y vehículos debidamente acondicionados, teniéndose en consideración lo siguiente:

1. Los contenedores y vehículos se ubicarán, de preferencia, dentro de las instalaciones de la actividad o cerca de las áreas y actividades de generación de residuos y en zonas de fácil acceso y visibilidad.

2. El generador de los residuos deberá colocar el rotulado de los contenedores de acuerdo al código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos, en base a lo establecido en la Norma Técnica Peruana (NTP) N° 900.058.2005.

3. El área de almacenamiento temporal de los residuos, deberá contar con la delimitación, señalización, además de las medidas de seguridad y salud ocupacional para prevenir accidentes.

Artículo 18°.- Uso de envases para la recolección y almacenamiento de residuos

Se utilizarán envases de material resistente y hermético para la recolección y almacenamiento de los residuos. Estos se dispondrán en el interior del área del proyecto; su retiro podrá estar a cargo de una EPS-RS o una EC-RS, debidamente registradas.

Capítulo V

Del reaprovechamiento de residuos sólidos agropecuarios, agroindustriales y de otras actividades del Sector Agrario

Artículo 19°.- Objetivo de la minimización de residuos

La minimización de los residuos, se inicia en el diseño del proyecto con el objetivo central de reducir la generación de residuos en cada etapa o fase del proceso productivo, fomentando la segregación, reciclaje y aprovechamiento de residuos, habilitándolos mediante un tratamiento, para darle un nuevo uso. La minimización de residuos presta especial atención a evitar el uso de insumos que en su composición contienen elementos peligrosos, según indicado en el Anexo 4 del Reglamento.

Artículo 20°.- Acciones de minimización de residuos

El generador de los residuos, aplicará estrategias de minimización, valorización o de reaprovechamiento de residuos, con el fin de reducir el volumen y peligrosidad, estas acciones forman parte del Plan de Manejo de Residuos Sólidos, tal como se indica en el artículo 9°.

Las acciones de minimización de residuos sólidos generadas en el Sector Agrario deben ser realizadas por el generador y de ser posible se contará con la participación de las EPS-RS o EC-RS respectivas, en tanto éstas tengan los registros y autorizaciones respectivas.

Artículo 21°.- Segregación de residuos

La segregación de los residuos tiene por objeto facilitar su reaprovechamiento o comercialización mediante separación sanitaria de los elementos o componentes de los residuos generados en la actividad agropecuaria y agroindustrial, y fomentar el ahorro en el uso de recursos naturales. Para tal efecto, se realizarán los procesos de segregación en el sitio del proyecto o actividad, la fuente de generación, o en la instalación designada para su tratamiento.

La segregación podrá ser efectuada por una EC-RS autorizada con miras a su comercialización y reprocesamiento, de ser el caso, o por una EPS-RS en tanto ésta sea una operadora autorizada para actividades de tratamiento o el transporte para disposición final.

Artículo 22°.- Comercialización de residuos

La comercialización de residuos puede ser realizada por el generador o por una EC-RS registrada en la DIGESA, pudiendo los residuos ser adquiridos por personas naturales o jurídicas generadoras que los reutilicen en sus procesos.

Capítulo VI

Del tratamiento de los residuos sólidos

Artículo 23°.- Tratamiento de residuos sólidos

Aquellos residuos que no sean de origen orgánico, deben ser tratados según lo estipulado en el Título III de la Ley General.

Artículo 24°.- Tratamiento de residuos orgánicos

Los residuos orgánicos, que se generen en las actividades del Sector Agrario, deben recibir tratamiento con la finalidad de reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contienen, recuperar materia o sustancias valorizables, facilitar su uso como fuente de energía, favorecer la disposición del rechazo y en general, mejorar la gestión del proceso de valorización.

El tratamiento de los residuos peligrosos puede ser realizado por el generador y de no contar con un sistema de tratamiento, deberá utilizar los servicios de una EPS-RS autorizada para tal fin.

Capítulo VII

Pautas para la gestión de los residuos sólidos

Artículo 25°.- Residuos de limpieza de cursos o cuerpos de agua

El manejo de sedimentos o lodos provenientes del dragado de cursos o cuerpos de aguas continentales, que se realiza con fines de limpieza, se ejecuta con la autorización de la Autoridad Nacional del Agua, previa opinión técnica favorable de la autoridad de salud, indicando:

- a) Las características físicas, químicas y biológicas del material a retirar.
- b) La metodología de extracción.
- c) La tecnología de tratamiento o disposición final.

Artículo 26°.- Residuos de la actividad de irrigación

El manejo de sedimentos o lodos, residuos orgánicos e inorgánicos, envases contaminados, suelos contaminados, provenientes de las actividades de irrigación, deben establecer:

- a) Las características físicas, químicas y biológicas del material a retirar.
- b) La metodología de extracción.
- c) La tecnología de tratamiento o disposición final.

Artículo 27°.- Gestión de los residuos de las actividades agrícolas

27.1 Los restos vegetales de cultivos o cosecha, pueden ser reaprovechados como forrajes de animales de crianza; así también se puede realizar su aplicación directa en la superficie del suelo, para incrementar el nivel de fertilidad, favorecer la estructura y textura del suelo y con el tiempo incrementar la infiltración del agua y reducir la erosión eólica e hídrica.

El compostaje es una opción de valorización para los residuos agrícolas donde estos restos vegetales se usan como estructurantes de aporte de carbono, para el buen funcionamiento del proceso de compostaje, también puede usarse como biocombustibles.

Está prohibido realizar la quema de dichos residuos vegetales.

27.2 Los titulares de proyectos y/o actividades sujetas a certificación ambiental que generen envases por el uso de plaguicidas, fertilizantes y agroquímicos diversos, en el ámbito de las actividades productivas e instalaciones agroindustriales de competencia del sector agrario, serán responsables de la gestión, manejo y disposición final de los envases usados.

Artículo 28°.- Gestión de los residuos de establecimientos avícolas

Las operaciones de segregación pueden ser realizadas por una EC-RS con miras al reprocesamiento de los residuos; en tanto, las actividades de tratamiento pueden ser realizadas a través de una EPS-RS autorizada para el compostaje.

La Planta de tratamiento y/o reprocesamiento de los animales descartados, órganos, plumas, sangre o productos no aptos para el consumo humano, deberá estar por lo menos a 1 Km de distancia de las actividades productivas del generador y a no menos de 2 km en el caso de que esta actividad sea realizada por una EPS-RS o una EC-RS.

En el caso de que el generador no disponga de planta de tratamiento de residuos como órganos, plumas, sangre o productos no aptos para el consumo humano, deberá entregarlos a una EPS-RS registrada en DIGESA, que realice las actividades de tratamiento o a una EC-RS, que realice las actividades de reprocesamiento.

28.1 Residuos de Planta de Incubación

Los restos como aves desechadas, huevos rotos, huevos no nacidos de las plantas de incubación de aves, pueden ser utilizados como un sustrato para el proceso de compostaje o pueden ser incinerados.

Los residuos de la planta de incubación, al momento de ser transportados, deben hacerse en depósitos que eviten su escurrimiento o diseminación hacia el lugar donde serán tratados, o de darse el caso hasta un relleno sanitario autorizado por DIGESA, a través de una EPS-RS, registrada en DIGESA.

28.2 Residuos de Granjas Avícolas

- Las deyecciones de aves de corral (gallinazas) junto con el material usado en la cama, en los casos que correspondan, pueden ser incorporados al suelo previo tratamiento para estabilizarla, mejorando su calidad como abono, y si es posible, fijar el nitrógeno amoniacal.

La mejor opción de tratamiento para la gallinaza es el compostaje.

El manejo y almacenaje de la gallinaza debe realizarse bajo el concepto de buenas prácticas agrarias, con la finalidad de reciclar los nutrientes de las deyecciones y evitar la contaminación de las aguas.

Asimismo la gallinaza puede utilizarse como materia prima para la producción de biogás y de biofertilizantes, basadas en un proceso de descomposición anaeróbica.

- Las aves muertas de las granjas avícolas deben ser manejadas de manera que no generen riesgos de escapes y de diseminación de agentes patógenos hacia su entorno. Las aves muertas pueden ser utilizadas, como un co-sustrato para el proceso de compostaje o pueden tratarse vía incineración.

- Los restos de los productos usados, para la desinfección, prevención y tratamiento de enfermedades de aves, son considerados residuos peligrosos, debiendo ser manejados como tal, según el Título VI, del presente Reglamento.

28.3 Residuos de Centros de Faenamiento de Aves.

Los animales descartados, órganos, plumas, sangre o productos no aptos para el consumo humano, serán manejados y dispuestos dentro de las instalaciones del centro de faenamiento, antes de ser eliminados o reprocesados para consumo industrial, debiendo ser sometidos a un proceso que neutralice su riesgo. Es obligatorio cremar a los animales y productos del beneficio, que no sean aptos para el consumo humano, ni para su transformación en subproductos.

Artículo 29°.- Gestión de los residuos de actividades de crianza y faenamiento de animales mayores de abasto

29.1 Residuos de establecimientos de crianza de animales mayores (bovinos, porcinos, ovinos, camélidos sudamericanos domésticos, caprinos y equidos).

- Las deyecciones animales con restos de cama, alimentos y agua en cantidades variables, que resultan del sistema productivo de los animales y que presentan consistencia fluida, con un contenido aproximado de sólidos menor al 12% pueden ser reaprovechados en los cultivos agrícolas como abono órgano mineral, para lo cual deberán disponer de balsas de estiércol, cercadas e impermeabilizadas, natural o artificialmente, que eviten el riesgo de infiltración y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, asegurando que se impidan pérdidas o rebosamiento por inestabilidad geotécnica, con el tamaño preciso para poder almacenar la producción de al menos tres meses, que permitan la gestión adecuada de los mismos.

El tratamiento de la deyección de los animales, pueden darse mediante compostaje, secado artificial y otros, con la finalidad de transformarse en un producto orgánico estable, con características óptimas para su utilización en cultivos agrícolas.

Asimismo, estos residuos pueden ser aprovechados energéticamente, mediante técnicas de fermentación anaerobia, para la producción y el aprovechamiento de biogás. Otros sistemas de tratamiento susceptibles son la incorporación de aditivos, separación sólidos líquidos y nitrificación-desnitrificación.

- En el caso del manejo de animales muertos y sus desechos, las granjas tecnificadas y semitecnificadas, deberán contar con silos o instalaciones adecuadas, para disponer de los animales muertos, fetos, placentas u otros, a fin de minimizar el riesgo sanitario, pudiendo también ser tratados mediante un proceso de cremación controlado.

29.2 Residuos de establecimientos de beneficio de animales mayores.

Los órganos, como las agallas, vejiga, pene, útero y decomisos, sólo pueden ser aprovechados para la elaboración de harinas en instalaciones transformadoras en el camal; en caso contrario, es obligatorio cremar a los animales y productos de beneficio que no sean aptos para el consumo humano y su transformación en subproductos.

El generador que no reprocese los órganos de animales mayores de abasto, deberá entregarlos a una EPS-RS registrada en DIGESA, que realice las actividades de tratamiento o a una EC-RS, que las utilice en actividades de reprocesamiento.

Artículo 30°.- Gestión de los residuos agroindustriales de competencia del Sector Agrario

Los residuos de frutas y hortalizas que se producen ya sea en el almacenaje, conservación y transformación, no elaborable o consumible, pueden ser comercializados, por empresas comercializadoras debidamente registradas ante la Autoridad de Salud, o a otro generador, donde el residuo sea directamente reaprovechado en su proceso productivo.

Las principales opciones de valorización, son de alimentación de animal o compostaje.

Las estructuras de madera deterioradas que sirvieron para transportar los grupos de caja de frutas o verduras, deben de ser reciclados como madera o en su defecto, debe disponerse mediante un gestor de residuos autorizados.

Los lodos de las depuradoras que sirven para tratar los efluentes de las agroindustrias pueden ser utilizados para el compostaje o realizar la deposición en un vertedero autorizado o tratarse vía la incineración.

Artículo 31°.- Gestión de los residuos generados en la transformación primaria de los productos forestales y diferentes a la madera

Los residuos como el aserrín y virutas limpias, pueden ser reaprovechados como insumos para la industria de briquetas, tableros contrachapados, pellets de madera y celulosa.

En el caso de aserrín y virutas mezcladas con otras sustancias inocuas que no lo clasifique como material peligroso, pueden ser tratados mediante el proceso de compostaje. Los residuos de corteza, pueden ser reaprovechados como combustible, material de relleno en suelos rurales y para cercos rurales.

Los retazos de madera (pedazos de madera de pequeñas dimensiones, astillas, virutas, cotaneras), pueden ser utilizados para la producción de artesanía, como combustible para las industrias en su proceso de combustión o para la producción de carbón.

Los envases de biocidas, así como el aserrín y virutas con biocidas son considerados residuos peligrosos, y como tal, deben ser manejados y tratados, según lo establecido en el Título VI del presente reglamento.

Capítulo VIII Del transporte de residuos sólidos

Artículo 32°.- Del transporte de residuos

32.1 El traslado de los residuos dentro de las instalaciones del generador puede ser realizado con cualquier vehículo apropiado para este fin.

Toda operación de transporte de residuos fuera de las instalaciones del generador, debe ser realizada por una EPS-RS o EC-RS.

32.2 Tratándose del transporte de residuos sólidos peligrosos, el transporte se hará a través de la empresa autorizada por el Sector Transportes y Comunicaciones, de acuerdo con lo dispuesto por Ley N° 28256, Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 021-2008-MTC.

El transporte de residuos peligrosos debe cumplir con las condiciones de manejo señaladas en el Título VI del presente Reglamento.

Capítulo IX De las obligaciones y responsabilidades

Artículo 33°.- Obligaciones y Responsabilidades del generador

Los generadores de residuos sólidos tienen el deber de:

1. Manejar los residuos generados de acuerdo a las disposiciones del presente reglamento o de la aprobación del Instrumento de Gestión Ambiental correspondiente.

2. Clasificar los residuos a generar o que genera, diferenciando los residuos peligrosos de los no peligrosos.

3. Contar con áreas o instalaciones apropiadas para el acopio, transporte y almacenamiento de los residuos, en condiciones tales que eviten la contaminación del lugar o la exposición de su personal o terceros, a riesgos relacionados con su salud y seguridad. De ser necesario, el generador dispondrá de áreas o instalaciones para el acopio y almacenamiento intermedio y central de residuos, las cuales deben cumplir con estándares de manejo similares, de acuerdo a la normatividad vigente.

4. Acondicionar en las infraestructuras debidamente construidas, aprobadas y/o autorizadas, de conformidad con la legislación vigente, espacios para el acopio, tratamiento, transporte interno y disposición final a los residuos sólidos que generen.

5. Conducir un registro centralizado y permanentemente actualizado con datos por lo menos mensualizados, sobre la generación y manejo de los residuos en las instalaciones bajo su responsabilidad, dando cuenta de lo siguiente:

a) Caracterización de residuos: incluyendo cantidad y tipo de residuos peligrosos y no peligrosos, por fuente de generación, detallando específicamente su procedencia (planta, infraestructura o instalación productiva, de servicios auxiliares, áreas administrativas u otros).

b) Número y localización de las áreas e infraestructuras de manejo de residuos habilitadas, incluyendo todos los lugares de almacenamiento intermedio y central de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos, según corresponda.

c) Número y localización de contenedores diferenciados por tipo de residuos.

d) Los movimientos de entrada y salida de residuos peligrosos del área de generación, de almacenamiento intermedio y central.

e) Tipo y cantidad de residuos almacenados y periodo de almacenamiento.

f) Tipo y cantidad de residuos reaprovechados y lugar de reaprovechamiento, según corresponda.

g) Tipo y cantidad de residuos sujetos a acondicionamiento y tratamiento, según sea el caso.

h) Tipo y cantidad de residuos entregados a EPS-RS y EC-RS, y el lugar de destino de los mismos.

i) Datos de la EPS-RS y EC-RS contratadas para el transporte externo de residuos no peligrosos y de las empresas contratadas para el transporte de residuos peligrosos.

6. Verificar la vigencia y alcance de las autorizaciones y licencias otorgadas a las EPS-RS y EC-RS que hubieren sido contratadas. La contratación de terceros para el manejo de los residuos, no exime a su generador de la responsabilidad de verificar y de contar con documentación que acredite que las unidades de recolección y transporte, y las instalaciones de tratamiento, comercialización o disposición final de los mismos, cuenten con las autorizaciones legales correspondientes.

7. Presentar la Declaración de Manejo de Residuos Sólidos dentro de los quince primeros días hábiles de cada año, por cada tipo de residuo, ante la autoridad ambiental del Sector Agrario.

8. Presentar para su aprobación, el Plan de Manejo de Residuos Sólidos, del periodo siguiente, debidamente acompañado de la Declaración de Manejo de Residuos Sólidos, ante la autoridad ambiental del Sector Agrario.

9. Presentar en los quince primeros días hábiles de cada mes, los documentos originales del Manifiesto de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos acumulados del mes anterior, ante la autoridad ambiental del Sector Agrario.

10. Presentar para su aprobación, el Plan de Contingencias y aplicarlo ante situaciones de emergencia, de acuerdo a lo señalado en el artículo 12° del presente Reglamento.

11. Brindar las facilidades necesarias para que la autoridad de salud, la autoridad ambiental del Sector Agrario y municipales competentes puedan cumplir con las funciones establecidas en la Ley General, Reglamento de la Ley y el presente Reglamento.

12. Conservar la información que sustenta las declaraciones e informes remitidos ante las autoridades competentes, durante un plazo no menor de cinco (5) años y tenerla a disposición para facilitarla a los supervisores correspondientes, a su requerimiento.

13. Cumplir con los otros requerimientos previstos en el presente Reglamento y otras disposiciones en materia de residuos sólidos vigentes.

TÍTULO IV DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Artículo 34°.- Disposición final de residuos

Los Residuos no reaprovechables que resulten luego de realizado el proceso de segregación, reciclaje, selección y clasificación para efectos de reutilización, serán transportados a un relleno sanitario o un relleno de seguridad, a través de una EPS-RS debidamente registrada en la DIGESA para su disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada.

TÍTULO V CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS AGROPECUARIOS, AGROINDUSTRIALES Y DE OTRAS ACTIVIDADES DEL SECTOR AGRARIO

Artículo 35°.- Construcción de infraestructura necesaria para el manejo de residuos sólidos

35.1 El proyecto de infraestructura para la construcción de infraestructura necesaria para el almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos generados en el desarrollo de las actividades, que se localice al interior de las instalaciones de las actividades del sector, áreas de la concesión o lote del titular a cargo de dichas actividades, será aprobado por la autoridad ambiental del Sector Agrario, como parte del respectivo Instrumento de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las competencias municipales en materia de zonificación.

35.2 La aprobación del Instrumento de Gestión Ambiental por la autoridad ambiental del Sector Agrario para la construcción de infraestructura necesaria para el tratamiento y disposición final de los residuos generados en el desarrollo de las actividades que se localice fuera de las instalaciones agroindustriales o productivas, áreas de la concesión o lote del titular del proyecto, debe contar con la previa opinión favorable de la autoridad de salud, la cual aprobará también el proyecto de dicha infraestructura antes de su construcción, sin perjuicio de las competencias municipales en materia de zonificación.

TÍTULO VI DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS

Artículo 36°.- Definición de residuos peligrosos

De conformidad con el artículo 22° de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y el Anexo 6 de

su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, son residuos peligrosos aquellos generados en las actividades del sector, que por sus características de autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radiactividad o patogenicidad, o el manejo al que son o van a ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.

Artículo 37°.- De los residuos peligrosos

Se consideran residuos peligrosos, aquellos que reúnen las características indicadas en los Anexos 4 y 6 del Reglamento de la Ley General. Entre los principales residuos peligrosos de las actividades del sector, que deben ser tratados como tal, se tienen los envases de plaguicidas químicos de uso agrícola, envases de biocidas y restos de productos usados para la desinfección, prevención y tratamiento de enfermedades de animales.

Capítulo I Del manejo de residuos sólidos peligrosos de las actividades del sector

Artículo 38°.- Operaciones para el manejo de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos deben ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

1. Minimización de residuos
2. Segregación en la fuente
3. Almacenamiento
4. Recolección segura
5. Transporte
6. Transferencia
7. Disposición final en rellenos de seguridad o celdas de seguridad en rellenos sanitarios.

Artículo 39°.- Manejo de residuos peligrosos

39.1 Todo generador de residuos peligrosos de las actividades del Sector Agrario, deberá:

1. Adoptar medidas tendientes a minimizar la generación y características de peligrosidad de los residuos peligrosos desde el origen.
2. Segregar adecuadamente los residuos peligrosos en la fuente.
3. Almacenar los residuos peligrosos en recipientes que reúnan las condiciones de higiene y seguridad, hasta su evacuación para el tratamiento y disposición final, previstas en las normas técnicas correspondientes.
4. Recolectar los residuos peligrosos, a fin de transferirlos a un lugar apropiado para su posterior manejo, en forma sanitaria, segura y ambientalmente adecuada.
5. Transferir los residuos peligrosos a una infraestructura adecuada temporalmente para su disposición final.
6. El generador deberá disponer los residuos peligrosos a las correspondientes EPS-RS debidamente registrada por la DIGESA para su disposición final, para lo cual deberán utilizar el correspondiente Manifiesto de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos.
7. Facilitar el acceso a trabajadores a cargo del manejo de los residuos sólidos, a las hojas de seguridad (MSDS) correspondientes a los productos generadores de residuos peligrosos, a efectos de evitar peligros y riesgos durante su manejo y asegurar que éste sea efectuado conforme a las especificaciones técnicas señaladas por el fabricante de dichos productos.
8. Brindar las facilidades necesarias para que la Autoridad de Salud y la autoridad ambiental del Sector Agrario puedan cumplir con las funciones establecidas en el presente Reglamento.

39.2 En caso de los envases usados de plaguicidas, se realizará el Triple lavado, el cual consiste en un procedimiento de limpieza del envase, que se repite tres veces y que consiste en remover con agua los residuos de plaguicida que queda en la pared de los envases usados, siendo los pasos a realizar los siguientes:

1. Usar Equipo de Protección Personal y agua limpia.
2. Realizar la operación inmediatamente, una vez terminado el contenido del envase, caso contrario éste puede solidificarse y dificultar su remoción con el agua.
3. Vaciar el contenido remanente del envase, en el tanque de mezcla o aplicación, durante 30 segundos.

4. Llenar el envase con agua, en un 25% de la capacidad total del envase, posteriormente se cierra el envase con su respectiva tapa y se sacude vigorosamente en todas las direcciones, por unos 30 segundos.

5. Vaciar el contenido del triple lavado, en el tanque de mezcla, durante 30 segundos.

6. Repetir los pasos 4 y 5, dos veces más, es decir en total 3 veces.

7. Perforar el envase para evitar su reutilización, y almacenar en cajas limpias, durante su almacenamiento central o disposición final.

Artículo 40°.- Manifiesto de Residuos Peligrosos

40.1 El generador y la EPS-RS responsable del servicio de transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos están obligados a suscribir un Manifiesto de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos por cada movimiento de residuos fuera de sus instalaciones, de acuerdo con el formato del Anexo 2 del Reglamento, con tantas copias como entidades participen en el manejo de los residuos hasta su disposición o destino final.

40.2 Todas las entidades que participen en el movimiento de dichos residuos, deben suscribir y sellar el original del Manifiesto y sus copias, al momento de recibirlos.

40.3 Una vez que la entidad a cargo del transporte entrega los residuos a su destino final, devolverá el original del Manifiesto al generador, firmado y sellado por todas las entidades que han intervenido en su manejo.

40.4 El generador y cada entidad que haya participado en el manejo de los residuos peligrosos debe conservar su respectiva copia del Manifiesto con las firmas que consten al momento de su recepción durante un tiempo no menor de cinco (05) años.

40.5 El generador remitirá a la autoridad del sector competente durante los primeros quince (15) días de cada mes, los manifiestos originales acumulados del mes anterior a la autoridad ambiental del sector agrario.

40.6 En caso que la disposición final se realice fuera del territorio nacional, el generador adjuntará copia digital de la Notificación del país importador, conforme al artículo 145° del Reglamento y la documentación de exportación de la Superintendencia Nacional Adjunta de Aduanas.

Artículo 41°.- Plazo adicional para entrega de Manifiesto

Si transcurrido un plazo de quince (15) días calendario, más el término de la distancia de ser el caso, contados a partir de la fecha en que la entidad de transporte reciba los residuos peligrosos y ésta no haya devuelto al generador el Manifiesto en original con las firmas y sellos como se indica en el artículo 40°, el generador informará a la DIGESA respecto de este hecho, a fin de que dicte la sanción que corresponda a la empresa encargada del transporte.

Capítulo II De la identificación y clasificación de residuos sólidos peligrosos de las actividades del Sector Agrario

Artículo 42°.- Identificación de residuos peligrosos
Serán tratados como residuos peligrosos, aquellos cuyo generador u operador no logre demostrar la inexistencia de cualquier tipo de condición de peligrosidad indicadas en el Anexo 6 del Reglamento.

De no existir especificaciones técnicas del productor o proveedor del residuo, la no existencia de elementos peligrosos en residuos, se demostrará con análisis científicos validados internacionalmente, para clasificarlos y gestionarlos adecuadamente de acuerdo a sus características.

Estos análisis deberán respetar recomendaciones y normas internacionales de análisis tales como las indicadas en la reglamentación modelo de Naciones Unidas relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas mencionadas en el Volumen III, Manual de Pruebas y Criterios-2003, Sección para la clasificación (10) y sección pruebas (11). Allí se dan a conocer los procedimientos y criterios más útiles para lograr una buena clasificación de las materias peligrosas.

Capítulo III De la recolección, almacenamiento y embalaje de residuos sólidos peligrosos de las actividades del Sector Agrario

Artículo 43°.- Recolección o segregación de residuos peligrosos

Consiste en la recolección o segregación clasificada y separada de los residuos peligrosos, considerando su

almacenamiento temporal, previa clasificación por separado en el mismo lugar de la actividad. Todos los residuos peligrosos deben ser embalados apropiadamente por el generador para que sean controlados y monitoreados desde su salida de la actividad hasta el relleno de seguridad, celda de seguridad en un relleno sanitario o planta de tratamiento autorizada; los envases deben presentar etiquetas que los identifique, señalando sus características y nivel de peligrosidad, buscando con ello evitar cualquier tipo de contaminación al ambiente o perjuicio a las personas.

Artículo 44°.- Minimización de residuos peligrosos
La autoridad ambiental competente del Sector Agrario, promoverá la minimización, reducción, eliminación y sustitución progresiva de los elementos peligrosos en la generación de residuos, por otros menos peligrosos.

Artículo 45°.- Acondicionamiento de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos deben ser acondicionados de acuerdo a su naturaleza física, química, considerando sus características de peligrosidad, su incompatibilidad con otros residuos, así como las reacciones que puedan ocurrir con el material del recipiente que lo contiene, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 38° del Reglamento.

Artículo 46°.- Almacenamiento de residuos peligrosos

El almacenamiento de los residuos peligrosos, en instalaciones productivas u otras, debe estar cerrado, cercado y, en su interior se colocarán los contenedores necesarios para el acopio temporal de dichos residuos, en condiciones de higiene y seguridad, hasta su evacuación para la disposición final, debiendo implementarse una señalización que indique la peligrosidad de los residuos, en lugares visibles, así como las condiciones establecidas en los artículos 39° y 40° del Reglamento.

Capítulo IV Del transporte y la disposición final de residuos sólidos peligrosos de las actividades del Sector Agrario

Artículo 47°.- Transporte de residuos peligrosos
El traslado de los residuos peligrosos se efectúa de acuerdo a lo previsto en la Ley N° 28256, Ley que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos y sus normas complementarias.

Artículo 48°.- Disposición final de residuos peligrosos

La disposición final adecuada de los residuos peligrosos de las actividades del sector, se realiza mediante el relleno de seguridad o de otros sistemas debidamente aprobados por la autoridad de Salud de nivel nacional, según lo establecido en los Artículos 51°, 52° y 53° del Reglamento.

TÍTULO VII VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO

Capítulo I Aspectos Generales

Artículo 49°.- Vigilancia y seguimiento
Corresponde a la autoridad ambiental competente del Sector Agrario realizar el control y supervisión integral de la actividad que se desarrolla; y al generador brindar las facilidades del caso para el mejor cumplimiento por ambas partes de lo dispuesto en el presente Reglamento.

Artículo 50°.- Objeto de la vigilancia y seguimiento
Son objeto de la vigilancia y seguimiento, el grado de cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento sustentados en lo siguiente:

1. Declaración de manejo de residuos sólidos desde la fecha de la construcción y operación;
2. Plan de manejo de residuos sólidos del generador, desde la fecha de la construcción y operación;
3. Manifiesto de manejo de residuos peligrosos desde la fecha de la construcción y operación;
4. Formato del registro de residuos sólidos, donde se considera la cantidad, peso, volumen, identificación, peligrosidad u otras características.
5. Otros documentos, proyectos y estudios relativos a la gestión de residuos.

TÍTULO VIII PROMOCIÓN, INCENTIVOS, INFRACCIONES Y SANCIONES

Capítulo I De la promoción

Artículo 51º.- Promoción de la iniciativa pública y privada

La gestión y el manejo de los residuos sólidos de la actividad agropecuaria y agroindustrial fomenta el espíritu emprendedor y creativo de la población y promueve la iniciativa e inversión pública o privada en las actividades del Sector Agrario, para lo cual busca la eficiencia de la intervención pública o privada a través de la especialización por la actividad económica y en cumplimiento de los objetivos del presente Reglamento.

Para ello, las municipalidades provinciales y distritales a través de distintos convenios, acuerdos u otros instrumentos de entendimiento, podrán facilitar la inversión del sector privado en el manejo de los residuos.

Capítulo II De los incentivos

Artículo 52º.- Incentivos

Con el objetivo de promover el adecuado manejo de los residuos y en aplicación al presente Reglamento, y sin perjuicio de las facultades establecidas por la Ley Orgánica de Municipalidades, las autoridades municipales podrán establecer los incentivos que consideren necesarios, a las personas naturales y jurídicas que cumplan con lo establecido en la presente norma.

Artículo 53º.- Premios y reconocimientos

Como se establece en el artículo 142º del Reglamento, el Ministerio de Agricultura, coordinará con el Ministerio del Ambiente para que en el premio Anual a la gestión responsable de los residuos sólidos se incorpore explícitamente un ítem para los residuos sólidos de las actividades del Sector Agrario.

Capítulo III De las infracciones

Artículo 54º.- Responsabilidad del generador de residuos

A efectos de lo establecido en la presente norma, los residuos tendrán en cada etapa un titular responsable, el generador y la EPS-RS o EC-RS según corresponda.

El generador es responsable de cualquier daño que pudiera producirse por incumplimiento del presente Reglamento, concordante con la Ley, sea por acción u omisión. De existir responsabilidad entre el generador, la EPS-RS y la EC-RS de los residuos, éstos serán solidariamente responsables.

Están exceptuados de las sanciones administrativas los generadores o titulares de los residuos, cuando éstos han sido puestos a disposición de la EPS-RS o EC-RS autorizada, quienes son los que asumen la responsabilidad.

Artículo 55º.- Calificación de las infracciones

La calificación de las infracciones y la imposición de sanciones establecidas en el presente Reglamento, deberá enmarcarse dentro de las facultades establecidas por la Ley General y su Reglamento, así como el Decreto Legislativo N° 1065 que modifica la Ley General, considerando la debida proporción entre los daños ocasionados por el infractor y la sanción a imponer, teniéndose en cuenta además los principios de potestad sancionadora que establece la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, así como los criterios establecidos en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Artículo 56º.- Infracciones

Las infracciones a las disposiciones de la Ley General y el Reglamento, se clasifican en:

1. Infracciones leves.- en los siguientes casos:

- Negligencia en el mantenimiento, funcionamiento y control de las actividades de residuos;
- Incumplimiento en el suministro de información a la autoridad correspondiente.
- Incumplimiento de otras obligaciones de carácter formal.

d) Otras infracciones que no revistan mayor peligrosidad.

2. Infracciones graves.- en los siguientes casos:

a) Ocultar o alterar maliciosamente la información consignada en los expedientes administrativos para la obtención de registros, autorizaciones, o licencias previstas en el presente Reglamento.

b) Realizar actividades sin la respectiva autorización prevista por ley o, realizar éstas con autorizaciones caducadas o suspendidas, o el incumplimiento de las obligaciones establecidas en las autorizaciones;

c) Abandono, disposición o eliminación de los residuos en lugares no permitidos;

d) Incumplimiento de las disposiciones establecidas por la autoridad competente;

e) Falta de pólizas de seguro, de conformidad a lo establecido en el presente Reglamento;

f) Importación o ingreso de residuos no peligrosos al territorio nacional, sin cumplir con los permisos y autorizaciones exigidos por la norma;

g) Falta de rotulado en los recipientes o contenedores donde se almacena residuos peligrosos, así como la ausencia de señalizaciones en las instalaciones de manejo de residuos;

h) Mezcla de residuos incompatibles;

i) Comercialización de residuos sólidos no segregados;

j) Utilizar el sistema postal o de equipaje de carga para el transporte de residuos no peligrosos;

k) Otras infracciones que generen riesgos a la salud pública y al ambiente.

3. Infracciones muy graves.- en los siguientes casos:

a) Operar infraestructuras de residuos sin la observancia de las normas técnicas;

b) Importación o ingreso de residuos peligrosos al territorio nacional, sin cumplir con los permisos y autorizaciones exigidos por la norma;

c) Incumplimiento de las acciones de limpieza y recuperación de suelos contaminados;

d) Comercialización de residuos peligrosos sin la aplicación de sistemas de seguridad en toda la ruta de la comercialización;

e) Utilizar el sistema postal o de equipaje de carga para el transporte de residuos peligrosos;

f) Omisión de planes de contingencia y de seguridad; y,

g) Otras infracciones que permitan el desarrollo de condiciones para la generación de daños a la salud pública y al ambiente.

Capítulo IV Del régimen de sanciones

Artículo 57º.- De la Responsabilidad

A efectos de lo establecido en el presente Reglamento, los Residuos Sólidos, tendrán siempre como titular responsable al generador y a la EPS-RS o EC-RS.

El generador de los residuos, quedará exceptuado de responsabilidad, cuando éstos hayan sido puestos a disposición de la EPS-RS o EC-RS autorizada.

La aplicación del régimen de sanciones por infracciones a la presente norma, se rige por el principio de no aplicación de doble sanción por el mismo acto u omisión, cuando el mismo configure una o más infracciones.

Artículo 58º.- Criterios para la aplicación de sanciones

Para efectos de la aplicación de las sanciones, la autoridad ambiental del sector agrario deberá tener en cuenta si el infractor por la acción u omisión al presente Reglamento, tuvo conocimiento de la gravedad de los hechos y su condición de reincidente, si fuera el caso también la evaluación de posibles daños y perjuicios a terceros o a los bienes públicos o privados.

Artículo 59º.- Sanciones

Los infractores en concordancia con el artículo 136º de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente y los artículos 145º y 146º del Reglamento, son pasibles de una o más de las siguientes sanciones administrativas:

1. Infracciones leves ante la primera falta:

a. Amonestación por escrito en donde se le obliga a corregir la infracción; y,

b. Multas de 0.5 a 20 UIT, con excepción cuando se trate de residuos sólidos peligrosos que será de 21 hasta 50 UIT;

2. Infracciones graves ante falta reiterada:

a. Suspensión parcial o total, por un periodo de hasta 60 días de las actividades o procedimientos operativos de las EPS-RS, EC-RS o generadores de residuos del ámbito de gestión no municipal; y,

b. Multa desde 21 a 50 UIT. En caso se trate de residuos peligrosos, la multa será de 51 hasta 100 UIT.

3. Infracciones muy graves cuando pongan en peligro la salud humana o de ecosistemas frágiles:

a. Clausura parcial o total de las actividades o procedimientos operativos de las empresas o generadores de residuos del ámbito de gestión no municipal;

b. Cancelación de los registros y licencias otorgadas; y
c. Multa desde 51 a 100 UIT, con excepción cuando se trate de residuos peligrosos que será de 101 hasta el tope de 600 UIT.

Artículo 60°. - Obligación de reposición y ejecución subsidiaria

60.1. Sin perjuicio de la responsabilidad civil, penal o administrativa que correspondiera, los infractores estarán obligados a la reposición o restauración del daño causado al estado anterior a la infracción cometida, en la forma y condiciones fijadas por la autoridad que impuso la sanción e independiente de la sanción que le correspondiera; y

60.2. Si los infractores no procedieran a la reposición o restauración, de acuerdo con lo establecido en el numeral anterior, la autoridad competente podrá proceder a la ejecución subsidiaria a cuenta y costo del infractor.

Artículo 61°. - Formalización de la sanción

Toda sanción que se imponga al infractor será mediante resolución motivada, con los fundamentos de hecho y de derecho, bajo causal de nulidad.

Artículo 62°. - Potestad sancionadora de la autoridad ambiental del Sector Agrario

La potestad sancionadora, así como la vigilancia, control y medidas cautelares respecto a las infracciones cometidas en el marco de la aplicación de este Reglamento, la ejerce la autoridad ambiental del Sector Agrario, desde el momento que el residuo es generado y sale del control del generador hasta la llegada a su destino final, en concordancia con lo establecido en el artículo 49° de la Ley General.

Artículo 63°. - Registro de sanciones

La autoridad ambiental del Sector Agrario, deberá establecer el Registro de Sanciones, en aplicación del presente Reglamento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación supletoria

Para todo lo no previsto en el presente Reglamento, será de aplicación supletoria la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM; el Decreto Legislativo N° 1065, que modifica la Ley N° 27314; la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente; y la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General.

Segunda.- Definiciones

Para efectos de la aplicación del presente Reglamento, se entenderá por:

1. Almacenamiento inicial.- Acumulación o conservación de residuos en condiciones técnicamente adecuadas como parte de su Plan de Manejo, en un lugar de la actividad, por un periodo de tiempo determinado.

2. Centro de Acopio.- Lugar autorizado donde se depositan y acumulan temporalmente los residuos provenientes de las diferentes fuentes generadoras de residuos para su posterior tratamiento, disposición final u otro destino autorizado.

3. Contenedores de residuos peligrosos.- Todo envase, bolsa o cilindro apto para usarse en el almacenamiento, transporte y disposición de residuos peligrosos.

4. Compactación.- Acción de presionar los materiales para reducir los vacíos existentes en él y a la vez lograr una mayor estabilidad en el proceso de disposición final.

5. Contenedores.- Cualquier recipiente de capacidad variable utilizado para el almacenamiento o transporte interno o externo de los residuos.

6. Corrosivo.- Se aplica a los residuos sólidos que contienen sustancias que pueden destruir tejidos vivos al entrar en contacto con ellos.

7. Disposición final.- Es la acción de colocación ordenada de los residuos en los lugares de destino final sin perjudicar el ambiente y la salud de la población.

8. Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos (EC-RS).- Persona jurídica registrada en la DIGESA, que se dedica a la comercialización de residuos sólidos en las actividades de recolección, transporte, segregación, almacenamiento y reprocesamiento.

9. Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS).- Persona jurídica registrada en la DIGESA, que se dedica a la prestación de servicios de residuos sólidos en las actividades de barrido, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final.

10. Entidad organizada.- Personas naturales que convienen en agruparse para realizar un fin común, constituyéndose en persona jurídica y formalizándose en su inscripción en los Registros Públicos.

11. Estudios ambientales.- Las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA), los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) y demás instrumentos de gestión ambiental establecidos en la legislación vigente para el desarrollo de proyectos de inversión.

12. Explosivo.- Se aplica a los residuos sólidos que contienen sustancias y preparados que puedan explosionar bajo el efecto del calor.

13. Generador de residuos.- Es el titular -llámese persona natural o jurídica- de la instalación o actividad que da origen o genera los residuos sólidos.

14. Gestión de residuos sólidos.- Toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos del ámbito nacional, regional y local.

15. Inflamable.- Se aplica a los residuos sólidos que contienen sustancias que tengan un punto de inflamación superior o igual a 21°C e inferior o igual a 55°C.

16. Instrumento de Gestión Ambiental.- Son documentos de gestión ambiental orientados al cumplimiento de la Política Nacional del Ambiente sobre la base de los principios establecidos en la Ley General del Ambiente, sus normas complementarias y reglamentarias. Constituyen medios operativos que son diseñados, normados y aplicados con carácter funcional o complementario, para efectivizar el cumplimiento de la Política Nacional Ambiental y las normas ambientales que rigen en el país.

Esta definición comprende tanto los estudios ambientales como a los instrumentos de gestión ambiental de adecuación y manejo ambiental e instrumentos ambientales complementarios al Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA).

17. Manejo.- Conjunto de operaciones (generación, selección, almacenamiento, tratamiento, transporte y disposición final) dirigidas a dar a los residuos el destino más adecuado de acuerdo con sus características; con la finalidad de prevenir daños o riesgos para la salud humana o el ambiente, incluye las operaciones de almacenamiento.

18. Monitoreo.- Examen periódico que realizan los técnicos autorizados, con la finalidad de observar sobre los niveles de contaminación y evaluar la efectividad de un control, a través de un periodo específico, trazándose metas de acuerdo a un programa establecido de supervisión y control.

19. Operador.- Persona natural que realiza cualquiera de las operaciones procesos que componen el manejo de los residuos, pudiendo ser o no el generador de los mismos.

20. Operario.- Persona natural que se encarga de la carga y descarga de los residuos.

21. Plan de Cierre.- Contempla una restauración ecológica, morfológica y biológica de los recursos naturales afectados, tratando de devolverle la forma que tenía la zona antes de iniciarse el proyecto, en todo caso mejorarla; una vez concluida la vida útil del proyecto.

22. Plan de Manejo Ambiental.- Es el plan que atiende los requerimientos de un estudio ambiental, al establecer a detalle las acciones para potenciar los impactos ambientales positivos y prevenir, minimizar, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados en desarrollo

de un proyecto o actividad. Este incluye los planes de seguimiento, evaluación, sistemas de información y monitoreo y de contingencia. Es un plan operativo para ejecutar medidas y prácticas ambientales a fin de cumplir con la legislación ambiental.

23. Planta de Reprocesamiento.- Infraestructura que permite el reprocesamiento de residuos con miras a su reaprovechamiento. Puede ser manejada por el generador o una EC-RS autorizada para ello.

24. Planta de Transferencia.- Instalación en la cual se descargan y almacenan temporalmente los residuos sólidos de los camiones o contenedores de recolección, para luego continuar con su transporte en unidades de mayor capacidad.

25. Planta de Tratamiento.- Infraestructura que permite la práctica de varios procesos de tratamiento de residuos. Puede ser manejada por el generador o una EPS-RS autorizada para ello.

26. Reaprovechar.- Volver a obtener un beneficio del elemento o parte del mismo que constituye el residuo sólido de las actividades del sector. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento para el reciclaje, recuperación o reutilización.

27. Reactivo.- Se aplica a los residuos sólidos que contienen sustancias que al entrar en contacto con otras reacciona, formando un producto de diferentes características.

28. Reciclar.- Procedimiento mediante el cual los materiales segregados de los residuos son reincorporados como materia prima al ciclo productivo.

29. Residuos Sólidos.- Los residuos sólidos son materiales que después de utilizarse y satisfacer una necesidad, se desechan para que puedan ser reciclados.

30. Residuos inflamables.- Residuos que contienen compuestos que se inflaman o prenden fuego con facilidad, por ejemplo, altas concentraciones de hidrógeno o carbón.

31. Residuos peligrosos.- Residuos que generan directa o indirectamente algún peligro de contaminación o daño a la salud humana y los ecosistemas.

32. Residuos tóxicos.- Residuos que al entrar en contacto con entes biológicos originan una respuesta adversa.

33. Recolección de residuos peligrosos.- Término que hace referencia a la recolección y segregación segura de los residuos peligrosos.

34. Relleno de seguridad.- Método de disposición de residuos peligrosos en vertederos emplazados en el suelo o subsuelo, cuyo objetivo es evitar que las propiedades nocivas del residuo afecten al medio natural o la salud humana. Para su construcción se consideran las propiedades del suelo, su lejanía de corrientes de aguas subterráneas y superficiales, y la elección de aislantes o recubrimientos sintéticos.

35. Reutilización.- Toda actividad que permita reaprovechar directamente el bien, artículo o elemento que constituye el residuo sólido, con el objeto de que cumpla el mismo fin para el que fue elaborado originalmente o en alguna relacionada sin que para ello se requieran procesos adicionales de transformación.

36. Riesgo.- Probabilidad de ocurrencia de un daño o peligro con consecuencias nocivas, perjudiciales y desfavorables para la salud y el ambiente.

37. Segregación.- Proceso de separación de los residuos, que permite clasificarlos para su posible reutilización o disposición final.

38. Toxicidad.- Se aplica a los residuos sólidos que contienen sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos graves, enfermedades agudas o crónicas e incluso la muerte.

39. Tratamiento de residuos peligrosos.- Cualquier actividad o serie de actividades que tienen el objetivo de reducir el volumen y la toxicidad de cualquier residuo peligroso, sin la posibilidad de generar material utilizable en la manufactura de productos comerciales. Los sistemas básicos de tratamiento son el tratamiento biológico, tratamiento fisicoquímico y tratamiento térmico, el tratamiento es realizado por EPS-RS autorizada para ello.

40. Tratamiento de residuos.- Es el proceso de transformación físico, químico o biológico de los residuos, con el fin de obtener beneficios sanitarios o económicos, ambientales, sociales y urbanos, a través de la reducción o eliminación de sus efectos nocivos en el hombre y el ambiente. Esta actividad es realizada por EPS-RS autorizadas para ello.

41. Transportista.- Persona jurídica que asume la responsabilidad de realizar el transporte de residuos sólidos

de la construcción, registrada como EPS-RS o EC-RS y autorizada por la autoridad competente.

42. Valorización.- Procedimiento de separación selectiva, que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios a la salud pública y al ambiente.

866098-1

Aprueban Reglamento de Infracciones y Sanciones Ambientales del Sector Agrario

DECRETO SUPREMO
N° 017-2012-AG

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, en el Capítulo II de su Título IV regula las disposiciones que disciplinan la facultad de las entidades para establecer infracciones administrativas y las consecuentes sanciones a los administrados, precisando el carácter supletorio de su aplicación en las entidades cuya potestad sancionadora está regulada por leyes especiales;

Que, el primer párrafo del numeral 1° del artículo 4° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, establece que el Poder Ejecutivo tiene, entre otras, la competencia exclusiva de diseñar y supervisar políticas nacionales y sectoriales, las cuales son de cumplimiento obligatorio por todas las entidades del Estado en todos los niveles de gobierno;

Que el inciso d) del artículo 36° de la Ley N° 27783, Ley de Bases de la Descentralización, señala que dentro de las competencias compartidas de los Gobiernos Regionales está la gestión sostenible de los recursos naturales y el mejoramiento de la calidad ambiental;

Que, respecto al ejercicio de las competencias compartidas, en las funciones que son materia de descentralización, el inciso b) del numeral 23.3 del artículo 23° de la Ley N° 29158, señala que los Ministerios dictan normas y lineamientos técnicos para el otorgamiento y reconocimiento de derechos;

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, establece que el Estado en materia ambiental tiene el rol de diseñar y aplicar las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley, ejecutando esta función a través de sus entidades y órganos correspondientes;

Que, el artículo 135° de la acotada Ley N° 28611 dispone que el incumplimiento de las normas que ella contiene es sancionado por la autoridad competente en base al Régimen Común de Fiscalización y Control Ambiental, regulando que las autoridades pueden establecer normas complementarias, siempre que no se opongan al Régimen Común;

Que, el artículo 17° de la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, establece que las autoridades sectoriales ejercen sus funciones ambientales sobre la base de sus leyes correspondientes, de conformidad con la Política Nacional del Ambiente y las Políticas Sectoriales, en el marco de los principios de la gestión ambiental contenidos en el artículo 5° de dicha Ley;

Que, el primer párrafo del artículo 50° del Decreto Legislativo N° 757, Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, modificado por la Novena Disposición Complementaria de la Ley N° 26734, establece que las autoridades sectoriales competentes para conocer sobre los asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, son los Ministerios o los organismos fiscalizadores, según sea el caso, de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas;

Que, el artículo 9° del Reglamento de la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, aprobado mediante Decreto Supremo N° 008-2005-PCM, dispone que la competencia del Estado en materia ambiental tiene carácter compartido, y es ejercida por

Anexo 2

Norma Técnica Colombiana - NTC 5167 - 2011. Parámetros para abonos y enmiendas orgánicas

Contenido de humedad	
Para materiales de origen animal	Hasta 20%
Para materiales de origen vegetal	Hasta 35%
Para mezclas	Dado por el origen de material predominante
Contenido de cenizas	Máximo 60%
pH	4 a 9
N, P₂O₅ y K₂O	Declarar si el % es mayor a 1
Bases intercambiables	Declarar si el % es mayor a 1
Calcio	
Magnesio	
Sodio	

Límites máximos permisibles (LMP)	
Metales pesados	
Arsénico	41 ppm
Cadmio	39 ppm
Cromo	1200 ppm
Mercurio	17 ppm
Níquel	420 ppm
Plomo	300 ppm

Anexo 3

Norma Mexicana para Humus de lombriz (lombricomposta). Especificaciones y métodos de prueba. NMX-FF-109-SCFI – 2008

Parámetro	Valor
Nitrógeno Total	1-4 % (Base seca)
Materia orgánica	20 % - 50 % (Base seca)
Relación C/N	≤ 20
Humedad	20% - 40 %
pH	5.5 - 8.3
Conductividad eléctrica	≤ 4 dS m-1
Capacidad de Intercambio Catiónico	> 40 cmol Kg -1
Densidad Aparente	0.4 - 0.9 g mL -1

Anexo 4

Cálculo del nivel de inclusión de insumos para el primer sustrato

Relación Carbono/Nitrógeno del estiércol vacuno: $\frac{20.80}{1}$

Relación Carbono/Nitrógeno de los restos de poda: $\frac{49.14}{1}$

$$M1 \left(\frac{C}{N}\right) \times \%A + M2 \left(\frac{C}{N}\right) \times \%B = Mf\left(\frac{C}{N}\right)$$

Siendo:

$M_1 \left(\frac{C}{N}\right)$ = La relación Carbono/Nitrógeno del estiércol vacuno.

$M_2 \left(\frac{C}{N}\right)$ = La relación Carbono/Nitrógeno del resto de poda.

%A, %B = El nivel de inclusión en la mezcla.

$Mf. \left(\frac{C}{N}\right)$ = La relación Carbono/Nitrógeno final de S1.

$$\frac{20.8}{1} \times \%A + \frac{49.14}{1} \times \%B = \frac{30 - 35}{1}$$

Usando el método del tanteo, aproximamos los niveles de inclusión de los insumos.

Entonces, tenemos que:

$$A = 0.70 \text{ y } B = 0.30$$

Convertimos para obtener el peso en kilogramos

$$\frac{300 \text{ kg de S1}}{x \text{ kg de estiércol vacuno}} = \frac{100\%}{70\%}$$

$$x = 210 \text{ kilogramos de estiércol vacuno en B.S.}$$

Por diferencia, se obtiene el peso de los restos de poda:

$y = 90$ kilogramos de restos de poda en B.S.

Anexo 5

Cálculo del nivel de inclusión de insumos para el segundo sustrato

Relación Carbono/Nitrógeno del estiércol ovino: $\frac{30.33}{1}$

Relación Carbono/Nitrógeno de los restos de poda: $\frac{49.14}{1}$

$$M1 \left(\frac{C}{N}\right) \times \%A + M2 \left(\frac{C}{N}\right) \times \%B = Mf\left(\frac{C}{N}\right)$$

Siendo:

$M_1 \left(\frac{C}{N}\right)$ = La relación Carbono/Nitrógeno del estiércol ovino.

$M_2 \left(\frac{C}{N}\right)$ = La relación Carbono/Nitrógeno del resto de poda.

%A, %B = El nivel de inclusión en la mezcla.

$Mf. \left(\frac{C}{N}\right)$ = La relación Carbono/Nitrógeno final de S2.

$$\frac{30.33}{1} \times \%A + \frac{49.14}{1} \times \%B = \frac{30 - 35}{1}$$

Usando el método del tanteo, aproximamos los niveles de inclusión de los insumos.

Entonces, tenemos que:

$$A = 0.75 \text{ y } B = 0.25$$

Convertimos para obtener el peso en kilogramos del estiércol:

$$\frac{300 \text{ kg de S2}}{x \text{ kg de estiércol ovino}} = \frac{100\%}{75\%}$$

$x = 225 \text{ kilogramos de estiércol vacuno en B. S.}$

Por diferencia, se obtiene el peso de los restos de poda:

$$y = 75 \text{ kilogramos de restos de poda en B.S.}$$

Anexo 6

Mediciones de temperatura, humedad y pH durante el proceso de compostaje de S1

Fecha	Temperatura	T. Promedio	Humedad	Hd. Promedio	pH	pH Promedio
17/08/2019	22.4	27.42	90.1	90.18	8.01	8.35
	23.8		98		8.5	
	27.5		92.7		8.05	
	27.3		77		8.82	
	28.5		85.3		8.13	
	35		98		8.57	
19/08/2019	31.1	48.57	73.7	74.35	8.56	8.28
	66.1		77.7		8.65	
	60.3		73.1		7.97	
	37.3		77.5		7.91	
	53.7		72.9		7.96	
	42.9		71.2		8.64	
20/08/2019	63	59.37	77.56	83.38	8.5	8.55
	58.9		86.6		8.41	
	54.6		81.6		8.56	
	54.3		82.7		8.9	
	60.7		92		8.67	
	64.7		79.8		8.27	
21/08/2019	62.3	64.13	93.3	89.42	8.56	8.48
	62		92		8.52	
	62.4		87.3		8.65	
	66.2		94.1		8.62	
	63.4		82.5		8.03	
	68.5		87.3		8.48	
22/08/2019	59.8	59.62	70.5	77.98	8.33	8.36
	61.2		85.3		8.25	
	60.9		73.9		8.41	
	59.9		81		8.42	
	57.6		88.6		8.38	
	58.3		68.6		8.37	
23/08/2019	55.1	56.00	64.8	75.08	8.03	8.25
	52.7		65.9		8.25	
	56.1		78.6		8.28	
	58.2		82.5		8.38	
	57.5		86.3		8.4	

	56.4		72.4		8.15	
24/08/2019	51.7	52.57	95.1	86.83	8.17	8.22
	53.3		88.3		8.12	
	51.1		85.2		8.26	
	53.3		79		8.21	
	51.5		87.3		8.33	
	54.5		86.1		8.25	
26/08/2019	51.1	52.32	81.7	84.28	8.22	8.22
	53.2		83.3		8.25	
	48.9		90.2		8.12	
	51.1		84.8		8.29	
	53.5		85.7		8.17	
	56.1		80		8.29	
27/08/2019	48.7	45.85	76.3	73.08	8.26	8.25
	45.9		81.2		8.12	
	46.7		69.3		8.35	
	46.2		71.2		8.2	
	43.5		68.2		8.27	
	44.1		72.3		8.29	
28/08/2019	40.9	41.43	95.1	78.92	8.4	8.30
	42.4		75.6		8.23	
	41.3		76.5		8.28	
	41.2		65.3		8.3	
	42.4		81.3		8.26	
	40.4		79.7		8.3	
29/08/2019	41.7	41.45	73.2	68.92	7.3	7.87
	41.9		67.3		7.82	
	40.5		67.2		7.92	
	43.3		71.4		8.11	
	41.5		68.9		8	
	39.8		65.5		8.09	
30/08/2019	40.2	40.17	69.6	67.82	8.01	7.89
	38.7		70.5		8.05	
	39.2		68.5		7.86	
	41.2		62.9		7.75	
	37.4		68.2		7.81	
	44.3		67.2		7.84	
31/08/2019	39.8	40.00	68.2	67.05	8.01	7.91
	38.2		67		7.95	
	41		63.5		7.86	
	35.6		65.8		7.84	
	44.2		67.2		7.82	

	41.2		70.6		7.95	
1/09/2019	42.3	39.62	70.6	70.97	8.06	7.94
	44.2		73.8		7.89	
	38		72.3		7.95	
	37.5		69.5		8.02	
	38.9		70.12		7.85	
	36.8		69.5		7.86	
2/09/2019	38.5	39.75	74.1	73.33	8.03	7.96
	40		73.3		7.86	
	40.3		76.3		7.89	
	41.2		73		7.9	
	39.8		75.1		8.1	
	38.7		68.2		7.98	
3/09/2019	36.7	35.62	72.3	73.50	8.06	7.98
	38.2		75.2		8.01	
	32.8		76		7.94	
	34.6		68		7.92	
	36.4		77.2		7.93	
	35		72.3		7.99	
4/09/2019	37.9	41.07	75.8	69.10	7.86	8.03
	32.8		78.3		8.05	
	45.9		77.4		8.15	
	37.9		70.6		8.09	
	28.8		69.2		8.11	
	63.1		43.3		7.94	
5/09/2019	42.6	42.03	73.6	75.25	8.01	7.97
	44.2		80.2		7.95	
	41		72.2		7.93	
	39.8		75.2		7.99	
	43.1		74.1		7.98	
	41.5		76.2		7.96	
6/09/2019	44.3	43.03	75.2	73.40	7.98	7.95
	42.2		74.6		7.89	
	45		77		7.96	
	39.9		76.2		8	
	42.8		69.3		7.95	
	44		68.1		7.94	
7/09/2019	44.9	44.25	78.2	72.18	7.9	7.95
	46.4		79.2		8.04	
	47.6		72.4		7.94	
	39.8		69.8		8	
	42.3		65.2		7.88	

	44.5		68.3		7.93	
8/09/2019	48.6	45.60	82.3	75.52	8.02	7.95
	47.2		75.2		7.95	
	45.6		68.3		7.96	
	44.1		75		7.89	
	43.2		76.1		7.93	
	44.9		76.2		7.94	
9/09/2019	34.6	38.07	77.1	74.42	7.72	7.96
	39.4		77.7		8.13	
	39.5		80.1		8.04	
	36.8		72.1		8.1	
	39.8		69.2		7.9	
	38.3		70.3		7.89	
10/09/2019	40.2	41.17	75.6	75.73	8.02	7.97
	39.8		77.5		7.86	
	42		80.2		7.95	
	43.7		80.4		7.96	
	42.1		72.1		7.98	
	39.2		68.6		8.06	
11/09/2019	42.6	42.92	67.2	72.73	8.02	8.00
	44.5		73.6		7.98	
	43.4		74.2		8.09	
	41.3		70.5		8.01	
	39.5		72.3		7.95	
	46.2		78.6		7.96	
12/09/2019	46.8	45.75	85.6	77.88	8.06	8.04
	48.2		84.2		8.07	
	49.2		70.6		7.99	
	43.2		75.6		8.05	
	44.6		77.1		8.09	
	42.5		74.2		7.95	
13/09/2019	45.8	47.34	75.6	76.28	8.06	8.09
	48.33		80.2		8.07	
	47.6		75.6		8.1	
	49.2		73.4		8.06	
	44.3		75.8		8.07	
	48.8		77.1		8.18	
14/09/2019	50	48.22	75.6	75.22	8.04	8.11
	49.3		77.1		8.07	
	47.3		76.5		8.13	
	45.9		76.8		8.08	
	48.6		75.2		8.12	

	48.2		70.1		8.19	
15/09/2019	50.1	48.83	76.8	74.60	8.12	8.15
	48.2		75.2		8.15	
	47.3		75.6		8.16	
	49.2		71.2		8.14	
	50.2		72.6		8.16	
	48		76.2		8.17	
16/09/2019	42.3	48.90	74.6	74.15	8.2	8.24
	50.3		77.2		8.1	
	45.6		77.8		8.44	
	52.5		68.5		8.21	
	50.8		71.2		8.34	
	51.9		75.6		8.17	
17/09/2019	46.9	39.98	75.4	74.17	8.1	8.30
	37.6		81.4		8.35	
	33.5		73		8.03	
	43.3		70.4		8.4	
	38.5		69.2		8.64	
	40.1		75.6		8.29	
18/09/2019	40.2	40.98	75.3	76.53	8.34	8.19
	41.5		75		8.21	
	42.8		76.9		8.14	
	39.8		80.5		8.12	
	40.6		79.3		8.14	
	41		72.2		8.16	
19/09/2019	42.6	41.20	80.2	75.77	8.04	8.07
	41.3		75.6		8.09	
	38.4		80.3		8.11	
	39.5		77.2		8.01	
	42.3		72.3		8.05	
	43.1		69		8.11	
20/09/2019	42.6	41.42	68.2	74.33	8.01	8.01
	41.9		77.1		8.06	
	45.3		70.3		7.99	
	39.2		72		8.06	
	38.5		73.2		7.89	
	41		85.2		8.04	
21/09/2019	45.8	42.12	71.2	77.82	8.06	7.98
	38.6		77.3		8.05	
	42.6		75.6		8.07	
	43.5		86.3		7.98	
	44		84.2		7.96	

	38.2		72.3		7.76	
22/09/2019	48.6	43.40	75.3	71.48	7.98	7.89
	44.1		70.3		7.99	
	39.5		69.2		7.86	
	40.8		68.3		7.7	
	44.2		70.2		7.94	
	43.2		75.6		7.85	
23/09/2019	40.6	38.85	63.1	72.23	7.63	7.85
	36.4		69.1		7.75	
	40.2		67.8		7.92	
	39.8		72.3		7.84	
	37.3		85.3		7.987	
	38.8		75.8		7.97	
24/09/2019	40.2	38.83	75.7	74.63	7.98	7.96
	39.6		74.6		8.04	
	42.3		68.3		8.01	
	38.2		77.2		7.89	
	37.5		76.6		7.95	
	35.2		75.4		7.86	
25/09/2019	38.6	37.82	74.6	73.43	8.01	7.98
	40		77.3		7.95	
	35.3		75		8.05	
	36.2		68.2		8.01	
	37.6		69.3		7.93	
	39.2		76.2		7.94	
26/09/2019	35.4	37.17	72	71.08	7.97	8.02
	38.7		63.4		8.16	
	36.4		73.8		8.17	
	37.5		69.5		7.85	
	38.1		78.3		7.96	
	36.9		69.5		7.99	
27/09/2019	35.2	34.55	68.5	73.88	7.95	8.00
	32.6		65.3		8.08	
	31.2		78.3		7.75	
	36.2		80.6		8.09	
	35.3		80.3		8.05	
	36.8		70.3		8.07	
28/09/2019	30.89	33.47	69.5	73.68	7.96	7.99
	30.5		68.4		7.95	
	35.85		78.5		8.05	
	36.4		77		8.01	
	32.7		68.6		7.96	

	34.5		80.1		8	
29/09/2019	32.5	31.02	70.18	73.45	7.95	7.92
	29.2		75.6		7.96	
	28.6		72		7.84	
	30.1		76.5		7.82	
	30.8		74.1		7.95	
	34.9		72.3		8.02	
30/09/2019	30.5	30.71	77.6	78.03	8.02	7.90
	27.6		80.9		7.96	
	28.6		84.2		7.83	
	30.48		75.6		7.9	
	32.6		75.6		7.82	
	34.5		74.3		7.85	
1/10/2019	29.1	30.25	75.4	70.87	7.74	7.87
	28.7		69.4		7.84	
	31.5		64.5		7.9	
	30.8		72.3		7.95	
	32.8		75.8		7.86	
	28.6		67.8		7.92	

Anexo 7

Mediciones de temperatura, humedad y pH durante el proceso de compostaje de S2

Fecha	Temperatura	T. Promedio	Humedad	Hd. Promedio	pH	pH promedio
17/08/2019	26	26.35	88	85.83	8.37	8.19
	26.5		82.2		8.31	
	29.3		87		7.61	
	28.4		95.3		8.55	
	25.4		87		8.15	
	22.5		75.5		8.13	
19/08/2019	19.8	31.45	78.3	73.72	6.95	7.30
	32.8		70.8		7.49	
	39.5		71.8		7.65	
	35.2		74		7.96	
	32.3		78.4		7.39	
	29.1		69		6.36	
20/08/2019	43.4	43.72	75.2	79.92	6.79	7.67
	40.7		80.7		7.55	
	42.8		84.2		7.9	
	44.8		72.3		8.17	
	43.9		86.1		7.86	
	46.7		81		7.75	
21/08/2019	46.1	45.9	82.9	83.78	8.29	7.96
	47.8		81.5		7.92	
	49.1		81.1		8.01	
	43.8		82.4		7.91	
	46.9		91		7.81	
	41.7		83.8		7.82	
22/08/2019	37	36.37	75.3	77.17	7.92	8.01
	36.9		76.9		7.97	
	35.6		77.2		8.07	
	35.4		78.5		8.06	
	36		79.2		8.05	
	37.3		75.9		7.99	
23/08/2019	39.1	37.82	87.4	82.23	7.99	8.13
	37		89.1		8.22	
	36.7		70		8.11	
	35.9		85		8.17	
	39.7		76.1		8.09	
	38.5		85.8		8.2	
24/08/2019	40.3	39.83	85.9	87.52	8.3	8.35
	41.7		90.2		8.28	

	39		81.3		8.29	
	40.5		88.7		8.42	
	36.5		83.7		8.41	
	41		95.3		8.39	
26/08/2019	40.7	40.58	89.7	83.88	8.46	8.39
	45.5		89.1		8.52	
	37.3		90.3		8.27	
	40.7		74.2		8.26	
	40.1		76.2		8.41	
	39.2		83.8		8.39	
27/08/2019	39.7	39.48	65.2	76.55	8.13	8.24
	42.8		81.3		8.35	
	40.2		88.2		8.29	
	35.9		75.1		8.21	
	36.5		80.9		8.27	
	41.8		68.6		8.19	
28/08/2019	37.4	37.55	80.2	76.00	8.22	8.19
	39.9		75.4		8.17	
	37.6		75.2		8.09	
	37.1		78		8.15	
	36.6		74.1		8.25	
	36.7		73.1		8.25	
29/08/2019	36.4	35.12	70.8	71.05	8.03	7.98
	31.5		70.9		7.98	
	38.1		68.7		7.95	
	36.9		72.5		8.12	
	32.7		71.1		7.95	
	35.1		72.3		7.86	
30/08/2019	36.7	38.50	80.2	77.29	7.96	7.97
	40.1		79.5		8.02	
	44.2		76.5		7.99	
	38.5		73.02		7.86	
	35.1		80.2		7.95	
	36.4		74.3		8.06	
31/08/2019	39.8	40.90	86.3	74.33	8.01	8.01
	41.3		68.6		8.06	
	42.6		70.6		7.95	
	43.8		72.6		7.98	
	38.8		70.6		8.06	
	39.1		77.3		8.02	
1/09/2019	38.6	41.52	74.9	75.48	8.02	8.02
	39.7		76.2		7.95	
	40.2		78.2		7.99	
	43.2		76.3		8.05	

	42.8		77.1		8.06	
	44.6		70.2		8.07	
2/09/2019	39.1	36.78	72.1	73.12	7.78	8.04
	34.1		72		8.07	
	36		79.6		8.15	
	35.8		75.2		8.09	
	37.2		74.6		8.1	
	38.5		65.2		8.05	
3/09/2019	33.5	34.72	75.6	76.10	8.06	8.05
	34.8		86.3		8.16	
	32.5		74.2		7.98	
	36.8		75		8.04	
	37.5		70.2		7.98	
	33.2		75.3		8.09	
4/09/2019	31.1	31.48	64.5	71.53	8.1	8.09
	32.4		74.3		8.04	
	36.1		73.8		8.16	
	27.3		72.3		8.05	
	30.5		75		8.12	
	31.5		69.3		8.06	
5/09/2019	32.8	34.55	78.9	83.17	8.05	8.02
	33.8		86.3		7.95	
	38.7		85.2		7.98	
	28.9		81.2		8.06	
	37.9		84.2		8.07	
	35.2		83.2		8.01	
6/09/2019	38.9	35.22	86.6	77.38	7.95	7.98
	37.2		70.2		8.06	
	30.2		75.3		8.01	
	38.2		74.2		7.95	
	34.6		77.9		7.95	
	32.2		80.1		7.96	
7/09/2019	39.1	34.93	69.1	71.05	7.87	7.95
	33.9		72.5		7.95	
	27.5		73.2		8.04	
	39.7		72.4		7.85	
	35.6		68.2		7.93	
	33.8		70.9		8.07	
8/09/2019	30.5	33.85	72.2	74.73	7.93	7.93
	35.2		73.5		7.85	
	34.8		72.1		7.96	
	36		80.1		7.83	
	32.6		74.2		8.05	
	34		76.3		7.98	

9/09/2019	32.3	31.80	74.2	71.50	7.78	7.91
	32.2		69.2		8.24	
	33.2		75.4		7.93	
	30.7		72.6		7.69	
	31.6		68.5		7.91	
	30.8		69.1		7.92	
10/09/2019	29.5	30.78	80.3	75.52	7.92	7.95
	31.2		73.2		8.01	
	35.2		75		8.03	
	32.6		74.21		7.86	
	28.7		74.1		7.95	
	27.5		76.3		7.9	
11/09/2019	28.6	29.67	80.3	80.22	8.01	7.96
	27.3		78.2		7.96	
	25.9		85.2		7.86	
	30.1		76.21		7.96	
	32.6		79.32		7.97	
	33.5		82.1		7.99	
12/09/2019	30.2	32.45	80.3	81.42	8.02	8.02
	35.1		84.02		7.99	
	28.9		79.6		8.06	
	36.2		85.21		8.07	
	28.1		84.1		8.1	
	36.2		75.3		7.89	
13/09/2019	32.5	33.48	78.6	79.12	8.12	8.07
	35.7		85.3		8.1	
	32.1		84.1		7.99	
	35.5		75.2		8.09	
	28.4		77.3		8.06	
	36.7		74.2		8.07	
14/09/2019	35.6	33.62	75.1	81.60	8.12	8.12
	34.8		74.3		8.05	
	36.8		84.2		8.2	
	29.9		89.3		8.06	
	32.1		84.1		8.12	
	32.5		82.6		8.14	
15/09/2019	35.9	34.35	85.3	84.12	8.15	8.14
	38.4		84.2		8.14	
	39.4		86.3		8.13	
	28.6		87.1		8.09	
	31.2		86.2		8.12	
	32.6		75.6		8.2	
16/09/2019	36.8	35.30	75.6	78.69	8.23	8.17
	39.7		86		8.24	

	29.6		72.3		8.15	
	31.2		84.1		8.16	
	35.6		77.33		8.12	
	38.9		76.8		8.14	
17/09/2019	39.5	37.67	82.7	76.67	8.33	8.21
	37.4		73.5		8.36	
	36.3		80.3		8.07	
	37.1		75.2		8.15	
	39.2		72.9		8.09	
	36.5		75.4		8.26	
18/09/2019	38.9	43.67	77.6	79.40	8.24	8.18
	45.2		78.5		8.3	
	44.2		82.3		8.14	
	46.3		84.1		8.12	
	45.1		76.8		8.15	
	42.3		77.12		8.12	
19/09/2019	48.9	45.17	77.6	77.00	8.12	8.14
	47.2		86.2		8.14	
	42.3		70.1		8.16	
	38.2		68.3		8.13	
	46.2		84.2		8.15	
	48.2		75.6		8.16	
20/09/2019	48.9	44.15	75.21	80.10	8.12	8.11
	45.6		81.23		8.13	
	39.8		80.14		8.09	
	43.5		75.6		8.2	
	42.3		84.1		8.12	
	44.8		84.3		8.01	
21/09/2019	40.6	42.60	74.3	77.12	8.03	8.09
	47.2		77.5		8.19	
	38.8		80.1		8.15	
	41.6		76.3		8.05	
	45.1		77.2		8.09	
	42.3		77.3		8.01	
22/09/2019	38.9	39.23	76.75	77.51	8.06	8.06
	38.5		77.8		8.07	
	32.3		76.2		8.06	
	40.2		79.2		7.99	
	41.3		78.8		8.08	
	44.2		76.3		8.09	
23/09/2019	40.4	36.88	79.8	71.70	7.9	8.05
	32.1		68.5		8.05	
	34.4		63.7		8.02	
	36.7		75.6		8.05	

	39.5		69.4		8.2	
	38.2		73.2		8.07	
24/09/2019	38.6	37.77	68.5	73.82	8.13	8.10
	34		72.3		8.09	
	39.2		69.6		8.2	
	38.2		78.2		8.1	
	37.5		77.1		8.06	
	39.1		77.2		8.04	
25/09/2019	42.2	39.38	69.5	71.13	8.02	8.13
	38.6		78.6		8.09	
	39.4		65.6		8.15	
	46.3		71.2		8.2	
	38.2		73.6		8.15	
	31.6		68.3		8.19	
26/09/2019	38	39.33	66	66.33	8.26	8.19
	40.9		66.5		8.3	
	38		63.3		8.18	
	39.5		62.3		8.16	
	42.2		67.3		8.15	
	37.4		72.6		8.11	
27/09/2019	40.2	38.22	65.2	69.47	8.18	8.17
	37.5		75.3		8.19	
	32.6		68.9		8.23	
	34.5		70.32		8.14	
	38.2		69.02		8.16	
	46.3		68.1		8.11	
28/09/2019	37.6	37.53	68.5	74.15	8.16	8.14
	42.2		70.2		8.05	
	41.3		75.6		8.16	
	35.6		74.1		8.18	
	38.9		77.9		8.16	
	29.6		78.6		8.14	
29/09/2019	28.6	32.67	74.3	74.70	8.15	8.17
	36.5		75.9		8.19	
	35.7		78.4		8.6	
	32.3		75.9		8	
	30.5		68.1		8.04	
	32.4		75.6		8.02	
30/09/2019	29.8	30.97	77.9	76.95	8.15	8.12
	38.6		79.6		8.06	
	30.1		80.1		8.14	
	28.5		68.2		8.09	
	30.2		78.6		8.14	
	28.6		77.3		8.16	

1/10/2019	31.3	30.23	67.6	70.27	8.13	8.12
	28.7		67.9		8.21	
	30.3		71.2		8.06	
	29.2		72.8		8.1	
	30.1		68.5		8.15	
	31.8		73.6		8.09	

Anexo 8

Primera cuantificación de subpoblaciones realizado en la segunda semana de haber inoculado 50 adultos clitelados

U.E.	Sustrato	Periodo	Cocones	Juveniles	Adultos
S1T1R1	S1	14	14	6	50
S1T1R2	S1	14	12	0	50
S1T1R3	S1	14	15	0	50
S1T2R1	S1	21	19	0	50
S1T2R2	S1	21	27	0	50
S1T2R3	S1	21	25	2	50
S1T3R1	S1	30	11	1	50
S1T3R2	S1	30	11	0	50
S1T3R3	S1	30	10	0	50
S1T4R1	S1	45	15	0	50
S1T4R2	S1	45	18	0	50
S1T4R3	S1	45	16	0	50
S2T1R1	S2	14	5	1	47
S2T1R2	S2	14	4	0	50
S2T1R3	S2	14	6	0	49
S2T2R1	S2	21	1	0	50
S2T2R2	S2	21	3	0	50
S2T2R3	S2	21	8	0	50
S2T3R1	S2	30	11	0	50
S2T3R2	S2	30	7	3	50
S2T3R3	S2	30	8	0	50
S2T4R1	S2	45	7	0	50
S2T4R2	S2	45	9	0	50
S2T4R3	S2	45	13	0	50

Anexo 9

Segunda cuantificación de subpoblaciones realizado en la cuarta semana de haber inoculado 50 adultos clitelados

U.E.	Sustrato	Periodo	Cocones	Juveniles	Adultos
S1T1R1	S1	14	131	2	52
S1T1R2	S1	14	88	3	54
S1T1R3	S1	14	90	0	52
S1T2R1	S1	21	119	2	50
S1T2R2	S1	21	132	0	50
S1T2R3	S1	21	126	2	50
S1T3R1	S1	30	62	2	50
S1T3R2	S1	30	48	1	50
S1T3R3	S1	30	50	0	50
S1T4R1	S1	45	75	0	50
S1T4R2	S1	45	68	0	50
S1T4R3	S1	45	78	0	50
S2T1R1	S2	14	9	1	45
S2T1R2	S2	14	24	0	48
S2T1R3	S2	14	27	0	45
S2T2R1	S2	21	83	0	50
S2T2R2	S2	21	89	0	50
S2T2R3	S2	21	32	2	51
S2T3R1	S2	30	38	0	50
S2T3R2	S2	30	41	3	50
S2T3R3	S2	30	46	2	50
S2T4R1	S2	45	42	0	50
S2T4R2	S2	45	49	0	50
S2T4R3	S2	45	54	0	50

Anexo 10

Tercera cuantificación de subpoblaciones realizado en la sexta semana de haber inoculado 50 adultos clitelados

U.E.	Sustrato	Periodo	Cocones	Juveniles	Adultos
S1T1R1	S1	14	276	22	54
S1T1R2	S1	14	185	15	60
S1T1R3	S1	14	268	25	52
S1T2R1	S1	21	293	11	49
S1T2R2	S1	21	210	4	50
S1T2R3	S1	21	206	5	48
S1T3R1	S1	30	142	2	52
S1T3R2	S1	30	162	1	50
S1T3R3	S1	30	153	0	49
S1T4R1	S1	45	155	6	50
S1T4R2	S1	45	169	7	50
S1T4R3	S1	45	162	9	50
S2T1R1	S2	14	95	5	40
S2T1R2	S2	14	88	6	48
S2T1R3	S2	14	50	4	50
S2T2R1	S2	21	95	0	51
S2T2R2	S2	21	136	12	50
S2T2R3	S2	21	86	0	50
S2T3R1	S2	30	75	2	50
S2T3R2	S2	30	83	3	50
S2T3R3	S2	30	85	4	50
S2T4R1	S2	45	88	0	50
S2T4R2	S2	45	87	5	49
S2T4R3	S2	45	93	2	50

Anexo 11

Cuarta cuantificación de subpoblaciones realizado en la octava semana de haber inoculado 50 adultos clitelados

U.E.	Sustrato	Periodo	Cocones	Juveniles	Adultos
S1T1R1	S1	14	278	77	56
S1T1R2	S1	14	213	69	67
S1T1R3	S1	14	265	85	58
S1T2R1	S1	21	316	27	51
S1T2R2	S1	21	265	26	51
S1T2R3	S1	21	254	23	48
S1T3R1	S1	30	181	18	52
S1T3R2	S1	30	196	19	50
S1T3R3	S1	30	164	22	49
S1T4R1	S1	45	195	25	50
S1T4R2	S1	45	216	19	50
S1T4R3	S1	45	215	23	50
S2T1R1	S2	14	131	18	38
S2T1R2	S2	14	122	22	45
S2T1R3	S2	14	102	23	51
S2T2R1	S2	21	153	12	52
S2T2R2	S2	21	213	75	53
S2T2R3	S2	21	123	11	51
S2T3R1	S2	30	122	12	50
S2T3R2	S2	30	134	15	49
S2T3R3	S2	30	141	16	49
S2T4R1	S2	45	148	10	50
S2T4R2	S2	45	152	18	48
S2T4R3	S2	45	164	16	49

Anexo 12

Análisis estadístico de la primera cuantificación de subpoblaciones

Cocones

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(facdbca)
W = 0.95469, p-value = 0.3412

Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
Df F value Pr(>F)
group 7 0.6718 0.6932
16

Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Bloque	2	20.3	10.2	1.787	0.203674	
Sustrato	1	513.4	513.4	90.217	1.76e-07	***
Periodo	3	94.5	31.5	5.533	0.010203	*
Sustrato:Periodo	3	252.1	84.0	14.769	0.000128	***
Residuals	14	79.7	5.7			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Prueba Tukey

Cocones groups
S1 16.083333 a
S2 6.833333 b

Cocones groups
21 13.833333 a
45 13.000000 ab
30 9.666667 b
14 9.333333 b

Cocones groups
S1:21 23.666667 a
S1:45 16.333333 b
S1:14 13.666667 bc
S1:30 10.666667 bcd
S2:45 9.666667 bcd
S2:30 8.666667 cd
S2:14 5.000000 d
S2:21 4.000000 d

Juveniles

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(facdbca)
W = 0.87212, p-value = 0.005789

Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

group	Df	F value	Pr(>F)
7	7	0.6695	0.695
16	16		

Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	2	2.583	1.292	0.576	0.575
Sustrato	1	1.042	1.042	0.464	0.507
Periodo	3	4.458	1.486	0.662	0.589
Sustrato:Periodo	3	4.458	1.486	0.662	0.589
Residuals	14	31.417	2.244		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Prueba Tukey

Juveniles groups

S1	0.7500000	a
S2	0.3333333	a

Juveniles groups

14	1.1666667	a
30	0.6666667	a
21	0.3333333	a
45	0.0000000	a

Juveniles groups

S1:14	2.0000000	a
S2:30	1.0000000	a
S1:21	0.6666667	a
S1:30	0.3333333	a
S2:14	0.3333333	a
S1:45	0.0000000	a
S2:21	0.0000000	a
S2:45	0.0000000	a

Adultos

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(facdbca)
W = 0.72599, p-value = 2.266e-05

Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
group	7	3	0.03259 *
	16		

Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)		
Bloque	2	0.583	0.2917	1.000	0.393		
Sustrato	1	0.667	0.6667	2.286	0.153		
Periodo	3	2.000	0.6667	2.286	0.123		
Sustrato:Periodo	3	2.000	0.6667	2.286	0.123		
Residuals	14	4.083	0.2917				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Prueba Tukey

Adultos groups

S1	50.00000	a
S2	49.66667	a

Adultos groups

21	50.00000	a
30	50.00000	a
45	50.00000	a
14	49.33333	a

Adultos groups

S1:14	50.00000	a
S1:21	50.00000	a
S1:30	50.00000	a
S1:45	50.00000	a
S2:21	50.00000	a
S2:30	50.00000	a
S2:45	50.00000	a
S2:14	48.66667	a

Anexo 13: Análisis estadístico de la segunda cuantificación de subpoblaciones

Cocones

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(facdbca)
w = 0.97642, p-value = 0.8219

Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

group	Df	F value	Pr(>F)
7	7	0.5908	0.7543
16	16		

Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Bloque	2	201	101	0.405	0.674705	
Sustrato	1	11837	11837	47.593	7.34e-06	***
Periodo	3	8017	2672	10.745	0.000629	***
Sustrato:Periodo	3	4651	1550	6.234	0.006545	**
Residuals	14	3482	249			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Prueba Tukey

Cocones groups

S1	88.91667	a
S2	44.50000	b

Cocones groups

21	96.83333	a
14	61.50000	b
45	61.00000	b
30	47.50000	b

Cocones groups

S1:21	125.66667	a
S1:14	103.00000	ab
S1:45	73.66667	bc
S2:21	68.00000	bc
S1:30	53.33333	cd
S2:45	48.33333	cd
S2:30	41.66667	cd
S2:14	20.00000	d

Juveniles

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(facdbca)
W = 0.9614, p-value = 0.4673

Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
Df F value Pr(>F)
group 7 0.7054 0.6681
16

Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	2	0.083	0.0417	0.034	0.967
Sustrato	1	0.667	0.6667	0.541	0.474
Periodo	3	6.000	2.0000	1.623	0.229
Sustrato:Periodo	3	3.333	1.1111	0.902	0.465
Residuals	14	17.250	1.2321		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Prueba Tukey

Juveniles	groups
S1 1.0000000	a
S2 0.6666667	a

Juveniles	groups
30 1.333333	a
14 1.000000	a
21 1.000000	a
45 0.000000	a

Juveniles	groups
S1:14 1.6666667	a
S2:30 1.6666667	a
S1:21 1.3333333	a
S1:30 1.0000000	a
S2:21 0.6666667	a
S2:14 0.3333333	a
S1:45 0.0000000	a
S2:45 0.0000000	a

Adultos

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(facdbca)
w = 0.91389, p-value = 0.04286

Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

group	Df	F value	Pr(>F)
7	7	0.7755	0.6165
16	16		

Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Bloque	2	1.75	0.875	1.615	0.233756	
Sustrato	1	15.04	15.042	27.769	0.000119	***
Periodo	3	2.46	0.819	1.513	0.254620	
Sustrato:Periodo	3	51.79	17.264	31.872	1.64e-06	***
Residuals	14	7.58	0.542			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Prueba Tukey

Adultos groups

s1	50.66667	a
s2	49.08333	b

Adultos groups

21	50.16667	a
30	50.00000	a
45	50.00000	a
14	49.33333	a

Adultos groups

s1:14	52.66667	a
s2:21	50.33333	b
s1:21	50.00000	b
s1:30	50.00000	b
s1:45	50.00000	b
s2:30	50.00000	b
s2:45	50.00000	b
s2:14	46.00000	c

Anexo 14

Análisis estadístico de la tercera cuantificación de subpoblaciones

Cocones

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(facdbca)
W = 0.96704, p-value = 0.5946

Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
group	7	0.5869	0.7572
	16		

Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Bloque	2	981	491	0.578	0.5741	
Sustrato	1	72600	72600	85.482	2.45e-07	***
Periodo	3	12466	4155	4.893	0.0157	*
Sustrato:Periodo	3	9567	3189	3.755	0.0361	*
Residuals	14	11890	849			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Prueba Tukey

Cocones groups
S1 198.41667 a
S2 88.41667 b

Cocones groups
21 171.0000 a
14 160.3333 ab
45 125.6667 ab
30 116.6667 b

Cocones groups
S1:14 243.00000 a
S1:21 236.33333 a
S1:45 162.00000 ab
S1:30 152.33333 bc
S2:21 105.66667 bc
S2:45 89.33333 bc
S2:30 81.00000 bc
S2:14 77.66667 c

Juveniles

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(facdbca)
W = 0.96385, p-value = 0.5206

Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
Df F value Pr(>F)
group 7 0.5479 0.7862

Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Bloque	2	1.8	0.88	0.062	0.94053	
Sustrato	1	170.7	170.67	12.012	0.00378	**
Periodo	3	385.5	128.50	9.044	0.00139	**
Sustrato:Periodo	3	251.7	83.89	5.904	0.00804	**
Residuals	14	198.9	14.21			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Prueba Tukey

Juveniles groups
S1 8.916667 a
S2 3.583333 b

Juveniles groups
14 12.833333 a
21 5.333333 b
45 4.833333 b
30 2.000000 b

Juveniles groups
S1:14 20.666667 a
S1:45 7.333333 b
S1:21 6.666667 b
S2:14 5.000000 b
S2:21 4.000000 b
S2:30 3.000000 b
S2:45 2.333333 b
S1:30 1.000000 b

Adultos

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(facdbca)
W = 0.92968, p-value = 0.09589

Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
group	7	1.3405	0.2948
	16		

Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)		
Bloque	2	8.08	4.04	0.625	0.5497		
Sustrato	1	28.17	28.17	4.353	0.0557	.	
Periodo	3	3.50	1.17	0.180	0.9080		
Sustrato:Periodo	3	105.50	35.17	5.435	0.0109	*	
Residuals	14	90.58	6.47				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Prueba Tukey

Adultos groups		
S1	51.16667	a
S2	49.00000	a
Adultos groups		
14	50.66667	a
30	50.16667	a
45	49.83333	a
21	49.66667	a

Adultos groups		
S1:14	55.33333	a
S1:30	50.33333	ab
S2:21	50.33333	ab
S1:45	50.00000	ab
S2:30	50.00000	ab
S2:45	49.66667	ab
S1:21	49.00000	ab
S2:14	46.00000	b

Anexo 15

Análisis estadístico de la cuarta cuantificación de subpoblaciones

Cocones

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(facdbca)
W = 0.98302, p-value = 0.9443

Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
group	7	0.7157	0.6604
	16		

Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	2	678	339	0.493	0.62118
Sustrato	1	46200	46200	67.138	1.04e-06 ***
Periodo	3	12608	4203	6.107	0.00708 **
Sustrato:Periodo	3	8382	2794	4.060	0.02861 *
Residuals	14	9634	688		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Prueba Tukey

Cocones groups

S1	229.8333	a
S2	142.0833	b

Cocones groups

21	220.6667	a
14	185.1667	ab
45	181.6667	ab
30	156.3333	b

Cocones groups

S1:21	278.3333	a
S1:14	252.0000	ab
S1:45	208.6667	abc
S1:30	180.3333	bcd
S2:21	163.0000	cd
S2:45	154.6667	cd
S2:30	132.3333	d
S2:14	118.3333	d

Juveniles

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(facdbca)
W = 0.8209, p-value = 0.0006602

Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
group	7	0.8433	0.5683
	16		

Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Bloque	2	268	134.0	0.710	0.50849	
Sustrato	1	1426	1426.0	7.557	0.01568	*
Periodo	3	3916	1305.4	6.917	0.00435	**
Sustrato:Periodo	3	3489	1163.2	6.164	0.00683	**
Residuals	14	2642	188.7			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Prueba Tukey

Juveniles groups

S1	36.08333	a
S2	20.66667	b

Juveniles groups

14	49.0	a
21	29.0	ab
45	18.5	b
30	17.0	b

Juveniles groups

S1:14	77.00000	a
S2:21	32.66667	b
S1:21	25.33333	b
S1:45	22.33333	b
S2:14	21.00000	b
S1:30	19.66667	b
S2:45	14.66667	b
S2:30	14.33333	b

Adultos

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(facdbca)
w = 0.93773, p-value = 0.1451

Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
group	7	1.4983	0.2371
	16		

Análisis de varianza

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Bloque	2	12.33	6.17	0.552	0.58770	
Sustrato	1	92.04	92.04	8.243	0.01233	*
Periodo	3	33.13	11.04	0.989	0.42642	
Sustrato:Periodo	3	285.13	95.04	8.511	0.00182	**
Residuals	14	156.33	11.17			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Prueba Tukey

Adultos groups
S1 52.66667 a
S2 48.75000 b

Adultos groups
14 52.50000 a
21 51.00000 a
30 49.83333 a
45 49.50000 a

Adultos groups
S1:14 60.33333 a
S2:21 52.00000 ab
S1:30 50.33333 b
S1:21 50.00000 b
S1:45 50.00000 b
S2:30 49.33333 b
S2:45 49.00000 b
S2:14 44.66667 b