

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

**CICLO OPTATIVO DE ESPECIALIZACIÓN Y PROFESIONALIZACIÓN
EN GESTIÓN DE CALIDAD Y AUDITORÍA AMBIENTAL**



**"COMPOSTAJE CON RESIDUOS DE COSECHA DE PALLAR
(*Phaseolus lunatus*) USANDO TRES TIPOS DE ESTIERCOL Y
MICROORGANISMOS CASEROS EFECTIVOS"**

Trabajo de Titulación para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRONOMO

JULIO CELESTINO TINCO CURI

LUIS MIGUEL VÁSQUEZ VICENTE

Lima – Perú

2016

Dedicado a nuestros Padres, por darnos su apoyo incondicional y motivación.

AGRADECIMIENTO

- Un agradecimiento especial, a todas las personas que hicieron posible la realización del presente trabajo.

INDICE

RESUMEN	
I. INTRODUCCION	
II. REVISION DE LITERATURA	
2.1 DEFINICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	
2.3 CLASIFICACIÓN POR CARACTERÍSTICAS Y TIPO DE MANEJO	
2.4. MICROORGANISMOS EFECTIVOS	
2.4.1 Experiencias de compostaje usando microorganismos efectivos.....	
2.5. ABONOS ORGÁNICOS	
2.5.1 Tipos de abonos orgánicos según fuente de nutrientes	
2.6. ESTIÉRCOLES	
2.6.1 Factores que inciden en la generación de estiércoles	
2.6.2 Tipos de estiércoles	
2.7. COMPOSTAJE.....	
2.7.1 Definición de compostaje.....	
2.7.2 Definición de compost	
2.7.3 Proceso del compostaje	
2.7.4 Factores que influyen en el proceso de compostaje	
2.8. NORMAS INTERNACIONALES	
2.8.1 Norma ambiental internacional.....	
2.8.2 Norma Austriaca.....	
2.8.3 Norma Chilena.....	
2.9. EXPERIENCIAS DEL COMPOSTAJE EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS .	
2.9.1 Compostaje en Estados Unidos	
2.9.2 Compostaje en la Unión Europea	
2.9.3 Compostaje en América del Sur	
2.10. LEGUMINOSAS	
III. MATERIALES Y METODOS	
3.1 TIEMPO Y LUGAR DE EJECUCION.....	
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO	
3.2.1 Materiales	
3.2.2 Equipos.....	
3.3 MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO	
3.3.1 Materiales	
3.3.2 Equipos de laboratorio	
3.4 MÉTODOS.....	

3.4.1	Preparación de insumos.....	.....
3.4.2	Preparación de microorganismos efectivos caseros (EMC).....	.....
3.4.3	Preparación de pilas de compost.....	.....
3.5	COMPOSICIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	.....
3.6	HUMEDECIMIENTO.....	.....
3.7	AIREAMIENTO.....	.....
3.8	EVALUACIONES.....	.....
3.8.1.	Evaluaciones durante la elaboración de las pilas.....	.....
3.8.2	Evaluaciones durante el proceso de compostaje.....	.....
3.8.3	Evaluaciones del producto final.....	.....
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	.....
4.1	PARÁMETROS EVALUADOS DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE ..	.....
4.1.1	Temperatura.....	.....
4.1.2	Reacción.....	.....
4.1.3	Conductividad eléctrica.....	.....
4.1.4	Relación carbono / nitrógeno.....	.....
4.1.5	Nitrógeno.....	.....
4.1.6	Metales pesados.....	.....
4.1.7	Rendimientos.....	.....
4.1.8	Test del índice de germinación de Zucconi.....	.....
4.1.9	Test de madurez (germinación en compost puro).....	.....
4.2	PRUEBA BIOLÓGICA EN MAÍZ.....	.....
4.2.1	Altura.....	.....
4.2.2	Número de hojas.....	.....
4.2.3	Diámetro de tallo.....	.....
4.2.4	Peso seco de hojas.....	.....
4.2.5	Peso seco raíz.....	.....
4.2.6	Peso de materia seca.....	.....
4.3	COSTO DE PRODUCCIÓN DE COMPOST.....	.....
4.4	CARACTERIZACIÓN DEL COMPOST.....	.....
V.	CONCLUSIONES.....	.....
VI.	RECOMENDACIONES.....	.....
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	.....
VIII.	ANEXOS.....	.....

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1: Tipos de abonos orgánicos según fuente de nutrientes.	7
Cuadro N° 2: Composiciones físico química de diferentes estiércoles generados en Cataluña-España	9
Cuadro N°3: Valores límites según la norma austriaca (CE-NORM S2200) para compost de desechos biodegradables clase A y B	19
Cuadro N°4: Concentraciones máximas de metales pesados en compost mg/kg de compost (base seca)	21
Cuadro N° 5: Superficie cosechada de pallar en el Perú por departamento (ha).	27
Cuadro N° 6: Composición total y porcentual de la pila de compostaje	33
Cuadro N°7: Relación C/N de la pilas de compost al inicio del proceso de compostaje.	58
Cuadro N° 8: Relación C/N de los tratamientos en el producto final.	58
Cuadro 9: Relación C:N FINAL / C:N INICIAL	58
Cuadro N° 10: Concentración de metales pesados de los compost obtenidos	59
Cuadro N° 11: Concentración de metales pesados según normas internacionales	59
Cuadro N°12: Rendimientos obtenidos al final del proceso de compostaje.	59
Cuadro N°13: Altura de las plantas de maíz (cm) en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y 3 diferentes concentraciones en la semana 3.	60
Cuadro N°14: Altura de plantas de maíz (cm) en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 4.	60
Cuadro N°15: Altura de plantas de maíz (cm) en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 5.	61
Cuadro N° 16: Altura de plantas de maíz (cm) en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 6.	61
Cuadro N° 17: Altura de plantas de maíz (cm) en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 7	62
Cuadro N° 18: Altura de plantas de maíz (cm) en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 8.	62

Cuadro N° 19 Número de hojas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 4.	63
Cuadro N° 20 Número de hojas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 6.	63
Cuadro N° 21 Número de hojas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 8.	64
Cuadro N° 22: Diámetro de tallo en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y 3 diferentes concentraciones en la semana 4.	64
Cuadro N° 23: Diámetro de tallo en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y 3 concentraciones diferentes en la semana 6.	65
Cuadro N° 24: Diámetro de tallo en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y 3 concentraciones diferentes en la semana 8.	65
Cuadro N° 25: Peso seco de hojas con 4 fuentes diferentes de compost y 3 concentraciones diferentes.	66
Cuadro N° 26: Peso seco de raíces con 4 fuentes diferentes de compost y 3 concentraciones diferentes.	66
Cuadro N° 27: Peso de la materia seca con 4 fuentes diferentes de compost y 3 concentraciones diferentes	67
Cuadro N° 28: Análisis de costo en la obtención de compost.	67
Cuadro N° 29: Propiedades Fisicoquímicas del proceso de compostaje.	68

INDICE DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico N° 1: Flujo de los estándares de calidad de compost	18
Gráfico N°2: Preparación de E.M. casero	31
Gráfico N°3: Distribución volumétrica de la pila de compostaje	32
Gráfico N° 4: Control de la Temperatura de los compost de vacuno, gallina y caballo; durante 12 semanas.	50
Gráfico N° 5: Variación del pH en el proceso de compostaje	51
Gráfico N° 6: Variación de la conductividad eléctrica en el proceso de compostaje.	51
Gráfico N° 7: Volumen de compost en m ³	52
Gráfico N° 8: Altura de las plantas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones al 0%.	52
Gráfico N° 9: Altura de las plantas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones al 1%.	53
Gráfico N° 10: Altura de las plantas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones al 2%.	53
Gráfico N° 11: Numero de hojas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 0%.	54
Gráfico N° 12: Numero de hojas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 1%.	54
Gráfico N° 13: Numero de hojas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 2%.	55
Gráfico N° 14: Diámetro de tallo en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 0%.	55
Gráfico N° 15: Diámetro de tallo en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 1%.	56
Gráfico N° 16: Diámetro de tallo en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 2%.	56
Gráfico N° 17: Materia seca de hojas en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 0%, 1% y 2%.	57
Gráfico N° 18: Materia seca de raíces en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 0%, 1% y 2%.	57

RESUMEN

El proceso de compostaje es una de las tecnologías más empleadas para reducir y neutralizar los residuos orgánicos y disminuir los volúmenes de disposición final, reduciendo los impactos ambientales que podrían provocar. En tal sentido, nuestra propuesta quiere contribuir en la gestión de los residuos de cosecha del pallar (*Phaseolus lunatus*) a través de su compostaje con tres tipos de estiércol usando microorganismos efectivos caseros (EMC); de modo tal, que se determine las ventajas y desventajas del proceso con el uso del rastrojo y las diferentes materias primas.

La conformación de las pilas se realizó mediante el Método Indore en el taller de compostaje del Departamento de Suelos de la UNALM. Se instalaron 3 pilas de compost a cielo abierto, las cuales contenían material vegetal (residuos de cosecha de pallar) y un tipo diferente de estiércol (caballo, gallina o vacuno). Adicionalmente se les aplicó una dosis de EM colectados de forma casera usando como sustrato arroz pre-cocido y como activador melaza.

Las pilas tuvieron una dimensión de 1 m³ y un peso entre 700 kg y 800 kg. Las cuales fueron regadas y volteadas semanalmente. Se tomaron muestras de cada pila para evaluar la conductividad eléctrica y el pH. Estos parámetros se evaluaron hasta la cosecha final del compost que fue a las 11 semanas.

En la cosecha final se evaluó el rendimiento del compost obtenido, se comparó el peso final con el peso inicial, y posteriormente con el peso tamizado. El compost que obtuvo una mayor pérdida fue el compost a base de estiércol de caballo, con el 70.59% de peso perdido, seguido del compost a base de estiércol de gallina con un 68.97% de peso perdido y finalmente el que perdió menos peso fue el compost a base de estiércol de vacuno con un 68.21% de peso perdido.

Posteriormente se tomó una muestra de 1 kg por cada pila de compost y una muestra del compost producido en el taller de compostaje, el cual era a base de residuos vegetales y estiércol de vacuno. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) para evaluar sus propiedades físicas y químicas. Para luego ser comparadas con las norma Chilena y Austriaca ya que el Perú no cuenta con

una Normativa Legal aprobada para el compost, por lo que no se puede garantizar si los productos adquiridos serán beneficiosos o por el contrario su utilización podría constituir un riesgo.

Finalmente se realizaron pruebas biológicas (Test del índice de germinación de Zucchini y Test de Madurez). En el Test del índice de germinación de Zucchini los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron en los tratamientos con compost de Gallina (83.63 %) y Caballo (89.51%), los cuales han sido procesados con microorganismos efectivos. En el Test de Madurez en compost, los más altos porcentajes de germinación se obtuvieron en el compost de caballo (90%) y el compost de gallina (85%). También se realizó una prueba de crecimiento en macetas para lo cual se utilizó un diseño DCA Factorial. Esta prueba de crecimiento con maíz fueron realizados en macetas de 2 kg de capacidad en las cuales se prepararon los sustratos de tratamientos en dos proporciones: formulación al 1% (proporción de 20 g. de compost y 2 kg de arena de río) y formulación al 2% (proporción de 40 g. de compost y 2 kg de arena de río). Y un testigo con 0% de materia orgánica. Esto para los compost de caballo, gallina, vacuno y CONSAS. Esta prueba se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF), donde se evaluaron características como diámetro de caña, altura de planta, peso fresco y seco de raíz, peso fresco y seco de hoja. De donde se obtuvieron mejores promedios en los tratamientos a base de compost de gallina y caballo, los promedios más bajos fueron registrados en los tratamientos testigo.

I. INTRODUCCION

El crecimiento de la población ha sido acelerado en los últimos años, lo que ha generado un aumento en la producción de residuos sólidos derivados de las diversas actividades económicas del hombre. Una de ellas, la agricultura, que genera gran cantidad de residuos orgánicos, los cuales si se acumulan o almacenan inadecuadamente se pueden transformar en hábitat de vectores transmisores de enfermedades, causando malos olores y contribuyendo con la contaminación (FIGMMG, 2006).

Los pequeños agricultores no saben qué hacer con esta gran cantidad de residuos generados por los cultivos, en muchos casos los queman, no dándoles un uso productivo y además que contaminan el medio ambiente. Un cultivo que genera gran cantidad de estos residuos es el pallar, según el MINAG en el año 2012 el área cosechada de pallar en el Perú fue de 8 027 hectáreas produciendo en total 88 297 toneladas de residuos verdes.

En este sentido el compostaje surge como una alternativa amigable para la disposición final de los residuos. El compostaje es una práctica antigua y común entre los agricultores de los países asiáticos; consiste en fragmentar, transformar y biodegradar, bajo condiciones controladas, los residuos orgánicos hacia un material orgánico más descompuesto, denominado compost; el cual se usa como abono orgánico y/o mejorador del suelo (Amlinger *et al.*, 2007). Sin embargo, esta práctica se fue dejando de lado debido a su trabajosa labor y el largo tiempo que se necesita para su elaboración; así como, a la aparición de los fertilizantes químicos a partir del desarrollo de la industria petrolera. Por tal motivo, cada día se está investigando más acerca de técnicas de compostaje más eficientes, tecnológicas y económicas. Una de ellas contempla el uso de microorganismos efectivos, quienes ayudan a la activación y la aceleración de la descomposición de la materia orgánica; sin embargo, su uso ha generado controversias en cuanto a su efectividad.

La calidad del compost depende de las materias primas que se usan en su elaboración. El proceso de compostaje se ve favorecido si se utiliza residuos herbáceos y su calidad química incrementa si los restos orgánicos contienen una mayor concentración de nutrientes. El uso de residuos leguminosos verdes es una buena alternativa para la preparación de compost ya

que se descomponen más rápidamente porque contienen elevados niveles de nitrógeno (Stern, D. y Prava, M., 1999).

Por tal motivo, el presente trabajo propone al compostaje con microorganismos efectivos como una alternativa más eficiente que complementa la gestión de residuos agrícolas como lo son los rastrojos de leguminosas.

En el Perú se viene incrementando el área agrícola, gracias a las inversiones de empresas agrícolas y a las exportaciones de productos. Por otro lado, se viene incrementando las agrupaciones de pequeños agricultores para poder cumplir con la demanda alimenticia nacional.

Todas estas actividades agrícolas para la producción de alimentos generan residuos. Muchos de ellos no son manejados correctamente, ya sea por desconocimiento del generador o por falta de información. Estos residuos no se aprovechan generando basura o de lo contrario lo quemamos y por ende contaminan los suelos, agua y aire.

En el caso de las leguminosas, la práctica de incorporación del rastrojo (residuo orgánico) como abono verde es muy usada en la agricultura, pero el compostaje podría incrementar su valor agrario dadas sus características.

En el caso de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), que cuenta con extensas áreas agrícolas con fines de investigación, hemos podido observar que se genera grandes cantidades de residuos orgánicos, los cuales no son aprovechados correctamente y/o manejados adecuadamente.

En tal sentido, nuestra propuesta quiere contribuir en la gestión de los residuos de cosecha del pallar (*Phaseolus lunatus*) a través de su compostaje con tres tipos de estiércol usando microorganismos efectivos caseros (EMC); de modo tal, que se determine las ventajas y desventajas del proceso con el uso del rastrojo y las diferentes materias primas.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 DEFINICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final (Agudelo, 2006).

2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Según Ley N° 27314 (2000) clasifica a los residuos sólidos según su origen:

- Residuo domiciliario
- Residuo comercial
- Residuo de limpieza de espacios públicos
- Residuo de establecimiento de atención de salud
- Residuo industrial
- Residuo de las actividades de construcción
- Residuo agropecuario
- Residuo de instalaciones o actividades especiales

2.3 CLASIFICACIÓN POR CARACTERÍSTICAS Y TIPO DE MANEJO

2.3.1 Residuo sólido especial

Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte o enfermedad. Entre los principales tenemos los hospitalarios, cenizas producto de combustiones diversas, industriales, etc.

2.3.2 Residuo sólido inerte

Residuos prácticamente estables en el tiempo, los cuales no producirán efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente, salvo el espacio ocupado. Algunos presentan valor de cambio (plásticos, vidrios, papel, etc.) y otros no (descartables, espuma sintética, etc).

2.3.3 Residuo sólido orgánico

Son residuos compuestos de materia orgánica que tienen un tiempo de descomposición bastante menor que los inertes. Ejemplo de estos son los restos de cocina, maleza, poda de jardines, etc.

2.4 MICROORGANISMOS EFECTIVOS

Los Microorganismos Efectivos o EM (sigla en inglés de Effective Microorganisms) son una combinación de microorganismos beneficiosos de origen natural, que se usan principalmente para los alimentos o que se encuentran en los mismos. Contiene organismos beneficiosos de tres géneros principales: bacterias fototróficas, bacterias productoras de ácido láctico y levadura (EM Research Organization, 2006).

Okumoto (2003) manifiesta que el producto EM fue desarrollado desde hace más de 20 años por el doctor Teruo Higa, profesor de la facultad de Ryukyus en Japón. Asimismo, EM research Organization (2006) indica que los organismos eficientes fueron desarrollados en forma líquida a lo largo de muchos años por parte del profesor Higa. Al principio era considerado una alternativa para químicos agrícolas, pero su uso ahora se ha extendido a aplicaciones en los campos ambiental, industrial y de salud; sin embargo, se debe enfatizar que EM no es ni un químico, ni sintético, ni una medicina.

Los productos EM-1, EM original, EM básico, EM primario, EM solución para ganado, etc., son diferentes nombres para el mismo producto. El producto EM-1 viene únicamente en forma líquida, contiene microorganismos útiles y seguros, no es un fertilizante, ni un químico y no es un sintético, ni es diseñado genéticamente; se usa con materia orgánica para enriquecer la tierra y para mejorar la flora y labranza (EM Research Organization, 2006).

Según EM Research Organization (2006), los microorganismos de EM-1 se encuentran en estado latente y por lo tanto es usualmente empleado para hacer productos secundarios (EM

solución extendida, EM Bokashi, EM Compost), dura aproximadamente un año almacenado en un lugar fresco y oscuro, manteniendo el envase bien cerrado y no puede ser aplicado directamente a la tierra o a las plantas. Okumoto (2003) manifiesta que los microorganismos del EM para su mejor conservación a largo plazo, deben estar en condición latente; por lo tanto, es mejor activar microorganismos antes de utilizarlos, esta técnica de activación del EM permite tener una mayor cantidad de microorganismos benéficos y minimizar el costo del insumo.

Según la EM research Organization (2006), los EM solución extendida, EM Activado, EM secundario, etc. son diferentes nombres para el mismo producto y consiste en 3 % de EM y 5 % de melaza diluida en 92 % de agua en un recipiente herméticamente cerrado, dejado fermentar durante una o dos semanas, donde un olor agridulce y un pH de 3.5 o menos indican que el proceso está completo y debe usarse dentro del mes siguiente a la fermentación.

La misma Organización muestra como producto secundario del EM, el EM Bokashi (anaeróbico), que consiste en 1 % de EM – 1 % de melaza y el resto de agua, se le añade materia orgánica como afrecho de maíz y se mezcla completamente hasta que está húmedo en aproximadamente un 30 %, luego se deja para que se fermente durante una o dos semanas y un olor agridulce y agradable indica que el proceso terminó. Se pueden hacer diferentes tipos de EM Bokashi con diferentes materias orgánicas y pueden ser usados para diferentes propósitos, los ingredientes usados con más frecuencia son afrecho de arroz y trigo, cáscara de arroz y trigo, manteca, alimento para peces, etc. Se recomienda almacenarlo en un lugar fresco y oscuro, manteniendo el recipiente herméticamente cerrado.

2.4.1 Experiencias de compostaje usando microorganismos efectivos

Uribe *et al.* (2001) al evaluar el proceso de compostaje de la gallinaza de aves de jaula y el efecto de los Microorganismos Eficaces (EM) sobre la composición física y química del compost encontraron que el proceso de compostación se produjo de la segunda a la cuarta semana y el secado de la quinta a la sexta semana para todos los tratamientos; sin embargo, la mezcla de la gallinaza con EM presentó una diferencia estadísticamente significativa en el comportamiento del pH con respecto a la formulación de gallinaza, aserrín y EM, su pH descendió más rápido (por debajo de 8.5), lo cual indica una aceleración en el proceso de estabilización del compost. Además, en las evaluaciones fisico-químicas de su producto final se encontraron mayores valores de nitrógeno y potasio.

Cariello *et al.* (2007) para acelerar el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos, inoculó pilas de material con una mezcla de microorganismos endógenos. Las bacterias se identificaron como *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* y un hongo, *Aspergillus fumigatus*. Los resultados mostraron que las pilas inoculadas alcanzaron las características de estabilidad y madurez cuatro semanas antes de la pila control sin inoculación. Estos resultados indicaron que el inóculo fue útil para acelerar el proceso de compostaje en residuos urbanos.

2.5 ABONOS ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto, que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. Los abonos orgánicos pueden ser residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos verdes (leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos (basuras de viviendas, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionado, etc (Bruzon, 1996).

2.5.1 Tipos de abonos orgánicos según fuente de nutrientes

Los abonos orgánicos se pueden clasificar según su fuente principal de nutrientes, los mismos que son liberados gracias a la actividad microbiana.

Los abonos orgánicos a su vez se subdividen en abonos orgánicos procesados (materia prima estabilizada) y no procesados (aplicación directa sin previa descomposición). En el cuadro N° 1 se presentan los diferentes tipos de abonos orgánicos según la fuente de nutrientes y el grado de procesamiento (Soto, 2003).

Cuadro N° 1: Tipos de abonos orgánicos según fuente de nutrientes.

Fuentes de Nutrientes	Grado de procesamiento	Sólidos	Líquidos
Materia orgánica	Sin procesar	Desechos vegetales Desechos animales: Gallinaza, estiércol fresco de vacuno, cerdo y cuy.	Efluentes: pulpa de café.
	Procesados	Compost, Lombricompost, Bokashi, Ácidos Húmicos.	Biofermentos, Té de compost, Ácidos Húmicos, Té de estiércol, Extracto de algas.
Microorganismos		Biofertilizantes Inoculante en turba de Rhizobium para leguminosas, micorrizas, Bacillus subtilis.	Biofertilizantes líquidos, ME o microorganismos benéficos, etc.

Fuente: Soto, 2003

2.6 ESTIÉRCOLES

Los estiércoles son el resultado del alimento ingerido por el animal y no absorbido, resultando como desechos del proceso de digestión de los alimentos. Otra definición de estiércol, es el material excretado de animales en hacinamiento como: ganado vacuno, ovino, aves y otros. Tradicionalmente se pueden clasificar como fertilizantes o acondicionadores de suelos agrícolas (Carrión, 2005).

Solo una pequeña parte de los alimentos que consumen los animales, es asimilado y aprovechado por su organismo; el resto (80%) contiene elementos nutritivos que son eliminados después de la digestión junto con el estiércol y la orina (Guerrero, 1993).

Un manejo inadecuado de este importantes residuos puede conducir a problemas ambientales, por ejemplo la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos declarará el estiércol como desecho tóxico debido a que se ha manejado en forma incorrecta con riesgos de contaminación por nitratos al acuífero (Florez-Margez *et al.*, 2002).

2.6.1 Factores que inciden en la generación de estiércoles

Se debe tener presente que todo lo eliminado por el animal a través de las excretas representa pérdidas nutricionales ya sea por la falta de digestibilidad y por lo excesos de nutrientes suministrados al animal en primer lugar. Por este motivo las formulaciones de reacciones animales deben ser cada vez más precisamente ajustadas a los requerimientos reales del nivel productivo y deben tener una consideración ecológica de cantidad y calidad de excreción.

Vale decir que debemos poner atención no solo en lo que al animal consume sino también en lo que desecha, de modo que podamos minimizar pérdidas y efectos contaminantes del medio ambiente (Carrión, 2005).

2.6.2 Tipos de estiércoles

a. Estiércol de vacuno

El estiércol de vacuno es bastante bueno para la producción de humus y compost, dependiendo de cómo se colecta. Si está mullido es mucho mejor, ello influye en la textura final del compost (Becerra, 1994).

En su estado fresco es una mezcla de paja con los excrementos sólidos y líquidos de los animales. Normalmente no se emplea estiércol fresco sino el fermentado como abono orgánico del campo (Selke, 1968).

Las heces sólidas contienen fuertes cantidades de lignina, en otras palabras, una gran porción del material fecal está convertida en humus (Millar *et al.* 1962).

b. Estiércol de gallinaza

La gallinaza es un apreciado abono orgánico rico en nitrógeno y también contiene todos los nutrientes básicos indispensables para las plantas pero en mayor cantidad que los estiércoles de otros animales. Lo más común es que la gallinaza se encuentre conformada por la mezcla de aserrín con estiércol de gallinaza, esto disminuye su calidad y preferible de realizar un proceso de compostaje o fermentación antes de su incorporación directa al suelo (Guerrero, 1993).

c. Estiércol de equino

Este bioabono está constituido por nitrógeno, fósforo, potasio y otros componentes orgánicos como S, Mn, Ca, B, Cu, que hacen del estiércol de equino un material de

valor considerable como fertilizante. Por regla general un 10 a 15% al nitrógeno se halla en forma amoniacal y un 50% del total de sólidos corresponde a materia orgánica, la cual hace de estos lodos de digestión buenos acondicionadores de suelos arenosos y arcillosos. La utilización de bioabono puede hacerse de forma integral o después de un fraccionamiento que separa las partes sólidas y líquidas; sin embargo, la aplicación directa mediante riego es la práctica usual (IICA, 1998).

Cuadro N° 2: Composiciones físico química de diferentes estiércoles generados en Cataluña-España

Composición	Gallinaza	Oveja	Ternero	Vaca	Conejo
Materia seca (%)	22 ó 76 (2)	25	23	23	26
pH	6.8	7.82	7.9	8.17	7.47
Conductividad	5.78	2.81	4.72	4.03	2.87
Materia orgánica (%) 1	64.71	64.08	73.25	66.28	69.38
Nitrógeno (%)	1.74	2.54	2.4	1.84	2.79
P ₂ O ₅ (%)	4.18	1.19	1.5	1.73	4.86
K ₂ O (%)	3.79	2.83	3.14	3.1	1.88
Relación C/N	20.15	10.57	14.55	13.9	10.92
CaO (%)	8.9	7.76	2.99	3.74	6.62
MgO (%)	2.9	1.51	0.91	1.08	2.1
Na ₂ O (%)	0.59	0.62	0.78	0.58	0.35
Fe (%)	0.49	0.34	0.23	0.41	0.24
Mn (mg/Kg)	506	306	160	172	258
Zinc	472	120	177	133	417
Cobre	177	27	26	33	42
Niquel	27	15	8	20	16
Plomo	19	10	9	14	18
Cromo	63	16	8	24	32
Cadmio	1	1	1	1	1

(1) Todos los resultados están expresados sobre materia seca.

(2) Ponedoras en bacteria y pollos de engorde, respectivamente.

Fuente: Cataluña-España

Citado por Serra (1988); Vásquez y Oromi (1989)

2.7 COMPOSTAJE

2.7.1 Definición de compostaje

El compostaje es la descomposición y estabilización de diversos residuos orgánicos, por la acción de diversas y sucesivas poblaciones de microorganismos benéficos que se desarrollan bajo condiciones controladas de aire, temperatura y humedad. Este bioproceso aeróbico permite obtener un producto final suficientemente estable para el almacenamiento e incorporación al suelo sin efectos ambientales adversos (Alvarado, 2004).

Los productos finales de esta degradación dependerán de los tipos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que hayan intervenido. Es por eso, que los controles que se puedan ejercer están enfocados a favorecer el predominio de determinados metabolismos y en consecuencia a determinados grupos fisiológicos (La Rosa, 2000).

2.7.2 Definición de compost

El compost es un producto orgánico que resulta de la descomposición de la mezcla de residuos orgánicos de origen animal y/o vegetal, bajo condiciones controladas, buena aireación, humedad y que necesita pasar por una fase de calor (Moreno, 2008).

El compost es el resultado de la transformación aeróbica controlada de desechos orgánicos sólidos con el agregado de agua y estimulada por medio de inoculación de microorganismos aeróbicos (Castro y Hermosa, 2006).

2.7.3 Proceso del compostaje

Cuando los materiales son depositados, la masa se encuentra a temperatura ambiente. Dicha temperatura va incrementándose conforme se multiplica la población microbiana. Durante este proceso se pueden distinguir las siguientes etapas:

a. Etapa mesofílica o inicial

Los ácidos orgánicos de cadena corta se descomponen, provocando un descenso en el valor del pH desde un valor neutro hasta 5.5 – 6. Se estima una duración de 12 a 24 horas. Además, se puede apreciar la eclosión forzada de huevos, evolución de larvas, huida de los insectos y la proliferación de un gran número de bacterias mesofílicas frente a la escasez de bacterias termofílicas. También se observa el desarrollo de hongos

mesofílicos, responsables del aumento de temperatura. Esta etapa culmina al alcanzar los 40°C (Guerrero, 2001, citado por Castro y Hermosa, 2006).

b. Etapa termofílica

En esta etapa se distinguen 3 fases:

La fase inicial, que tiene una duración de 50 o 60 horas, la temperatura aumenta progresivamente llegando hasta los 60°C. Debido a la presencia del ión amonio, producto de la degradación, se aprecia un incremento en el pH. Este hecho da como resultado la destrucción de huevos y larvas de insectos, así como de bacterias patógenas. Asimismo, se observa el desarrollo de hongos termofílicos y la aparición de posibles sustancias con carácter antibiótico (Clairon *et al.*, 1982; Garcia *et al.*, 1991; citado por Rivero, 1999).

En la segunda fase, la temperatura se eleva hasta alcanzar los 75 °C. Se caracteriza por ser más lenta, dura alrededor de 12 días. Se aprecia una disminución de la población de microorganismos y la destrucción de las bacterias patógenas, salmonelas y bacilos intestinales, así como la desaparición de hongos y bacterias termofílicas. El pH disminuye; el aumento de temperatura puede provocar pérdida de nitrógeno en forma amoniacal. Durante esta fase, se inicia la degradación de compuestos más complejos y resistentes a la biodegradación debido a la elevada actividad biooxidativa de los microorganismos termófilos. También, en esta etapa se reduce la biodiversidad microbiana, predominando las bacterias y los actinomicetos termófilos. Los actinomicetos, en interacción con bacterias fotosintéticas, producen sustancias antibióticas a partir de los aminoácidos secretados por las bacterias, y de la materia orgánica, contribuyendo así con la mejora de la calidad del compost obtenido y del suelo a tratar.

La última fase, dura aproximadamente 15 días. El calor generado es menor, la mezcla de residuos se enfría y la temperatura desciende al consumirse los materiales degradables. Los hongos termofílicos que se encuentran en las zonas más frías de la mezcla se desarrollan y comienza la degradación de la celulosa. Tanto la hidrólisis de los productos formados como la polimerización y asimilación de estas sustancias, son procesos lentos. La temperatura desciende hasta alcanzar la del ambiente y el pH no se modifica (Guerrero, 2001; citado por Castro y Hermosa, 2006).

c. Etapa de maduración o curado

Esta etapa es mucho más lenta y tiene lugar a temperatura ambiente. La pérdida de masa y la emisión de calor son escasas. Se aprecia la desaparición de bacterias termofílicas y un incremento de las mesofílicas, los actinomicetos y hongos mesofílicos. Asimismo, se observa la presencia de sustancias antibióticas y la desaparición de hongos patógenos (Guerrero, citado; por Castro y Hermosa, 2006).

2.7.4 Factores que influyen en el proceso de compostaje

Los factores que afectan el proceso de compostaje, están íntimamente relacionados con parámetros como la naturaleza de los desechos orgánicos y/o condiciones de desarrollo de la población microbiana (Climent *et al.*, 1996). Esta última afecta el proceso porque durante la transformación de la materia orgánica los microorganismos requieren condiciones ambientales óptimas en cada una de sus fases (Roben, 2002).

a. Factores Físico- Químico

- Temperatura

Es un factor importante en el proceso de compostaje, refleja la actividad biológica de los microorganismos, siendo una de las condiciones ambientales determinante de la rapidez con la cual los materiales son metabolizados (Alexander, 1977).

Es fundamental en la maduración del compost, ya que la elevación de la temperatura durante el proceso refleja una actividad microbiana óptima y un equilibrio entre la aireación, humedad y composición de la mezcla (Labrador, 1996).

La temperatura determina la calidad del proceso de compostaje, valores entre 55- 60°C durante 3 días (Dazell *et al.*, 1991 citado por Añaños *et al.*, 2004). Valores extremos, tanto inferiores como superiores, llevan a la inhibición de la actividad de los microorganismos disminuyendo la eficiencia del proceso (Rivero, 1999). La temperatura afecta altamente el crecimiento y actividad de los microorganismos, consecuentemente determina la velocidad a la cual los materiales orgánicos son estabilizados (Salas *et al.*, 1998).

Con temperaturas demasiado elevadas mueren determinadas especies benéficas para el compostaje, mientras que otras no actúan por estar en forma de esporas. Cuando más caliente es la pila, más rápido es el proceso de compostaje (Alarcón, 2004). Cuando la

temperatura este cercana a los 60°C la pérdida de calor debe ser acelerada mediante la aireación forzada o el volteo, debido a que la mayor parte del calor cedido ocurre por evaporación del agua (Ocampo *et al.*, 2002).

- Humedad

El contenido de agua del material a compostar es muy importante ya que los microorganismos sólo pueden utilizar las moléculas orgánicas si están disueltas en agua.

Si la humedad es baja, el proceso de compostaje recude su velocidad llegando incluso a detenerse. La actividad biológica empieza a disminuir con niveles de humedad del 40% (Haug, 1993); por debajo del 20% no existe prácticamente actividad. Por el contrario, una alta humedad acompañada de una inadecuada porosidad origina la disminución de oxígeno, siendo este insuficiente para la demanda metabólica y reduciéndose la actividad microbiana aeróbica. Este hecho puede provocar la aparición de malos olores, la generación de lixiviados y la pérdida de nutrientes. El rango óptimo de humedad se encuentra entre un 40 a 60%, aunque este rango puede variar en función de la naturaleza del material.

La mezcla de diferentes tipos de residuos puede ayudar a conseguir la textura y la humedad adecuadas. La mayoría de residuos orgánicos, por su naturaleza presentan un elevado contenido de humedad y son mezclados con otros materiales para evitar la compactación a lo largo del proceso. Estos materiales son conocidos como estructurantes, esponjantes o de soporte. Suelen ser residuos vegetales como restos de poda, restos de jardinería o residuos de la industria de la madera, como viruta, aserrín, etc. Además de actuar como estructurantes de la mezcla y proporcionar porosidad necesaria, también pueden adsorber parte de la humedad en exceso que pueda presentar el residuo.

- Reacción

El pH es un parámetro que condiciona la presencia de microorganismos, por lo que se convierte en una medida de vital importancia para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos (Tchobanoglous *et al.*, 1994). Para conseguir que el inicio del compostaje sea la más variable posible hay que trabajar a un pH cercano a 7. Un pH extremo no es un impedimento para el proceso, pero sí para una cinética, dificultando la puesta en marcha el tipo de reacciones y la velocidad, ya que con el tiempo aparece una

cierta capacidad tampón del residuo causado por la formación de amoníaco y CO₂ (Soliva 2001).

- Salinidad

Es un aspecto muy importante que pocas veces es tomado en cuenta. La acumulación de sales puede ser perjudicial para el suelo una vez aplicado este producto como abono. Igualmente utilizar un compostaje con altos contenidos de sales puede causar problemas en el proceso de humificación realizadas por las lombrices. La salinidad del compost va a depender principalmente de la calidad de los materiales utilizados como substratos y de la utilización o no de aditivos.

El aumento de la salinidad es un elemento que debe considerar sobre todo cuando se trabaja en zonas de baja pluviometría, ya que puede existir el riesgo de alcanzar altos valores salinos, con la consiguiente incidencia que esto tiene sobre la disponibilidad de agua para el cultivo (Nogales *et al.*, 1984)

La conductividad eléctrica es una medida de la concentración de sales solubles en la fase líquida del compost, ha sido utilizada ampliamente como criterio de calidad en estos abonos orgánicos (Vogtman *et al.*, 1993; Wang *et al.*, 1984).

- Relación C/N

La relación C/N es un indicador de la velocidad que lleva el proceso y del estado de evolución del humus formado “es un índice de calidad de la materia orgánica”.

Para que el proceso de compostaje se desarrolle correctamente es más importante conseguir un equilibrio entre los diferentes nutrientes, especialmente entre el nitrógeno (N) y carbono (C), estos dos elementos han de encontrarse en una proporción adecuada para evitar que el proceso sea más lento en relaciones C/N altas, o para evitar pérdida de nitrógeno en el caso C/N bajas (Soliva, 2001).

El proceso de compostaje depende de la acción de microorganismos que requieren de una fuente de carbono que les proporcione energía y material para nuevas células junto a un suministro de nitrógeno para proteínas celulares (Mouat, 1975). Se considera que si hay suficiente nitrógeno disponible en la materia orgánica original, la mayoría de los otros nutrientes estarán también disponibles en cantidades adecuadas (Labrador, 2001).

Se estima como relación C/N óptima valores entre 25 y 35, pues se considera que los microorganismos utilizan de 15 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno, y esta relación se hace cada vez menor con el tiempo de compostaje debido a la transformación de la materia orgánica y al desprendimiento de carbono en forma de CO₂ (Corbitt, 2003).

Si la relación C/N es muy baja se producen pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco, mientras que cuando valores son muy elevados la disponibilidad de nitrógeno es baja, repercutiendo en un descenso de la actividad orgánica la cual alargaría considerablemente el proceso producción de compost (Bongcam, 2003; Cegarra, 2004).

b. Factores Biológicos

Durante el proceso de compostaje, los organismos que intervienen en la degradación del material orgánico, generan grandes cambios en la temperatura, que a su vez da lugar a cambios cualitativos y cuantitativos de la flora activa. Jhonson (1980) reporto que un número grande de microorganismos aeróbicos, elevan la temperatura durante los primeros días del compostaje, los hongos aparecen luego de 7 a 10 días, los cuales extraen sus nutrientes de la descomposición y son incapaces de resistir temperaturas muy altas producidas por las bacterias. Además, se reconoce que todos los microorganismos, a través de su comportamiento, determinan el grado de descomposición del sustrato (Zúñiga, 1987).

Los organismos involucrados en el proceso de compostaje se pueden dividir en:

- Consumidores Primarios

Son aquellos que consumen directamente materia orgánica muerta, tales como; las bacterias, organismos unicelulares, cuyo tamaño no supera la micra de diámetro ni las dos micras de longitud. Son los organismos más numerosos del suelo, y se presentan con una distribución irregular, localizándose en colonias asociadas a fuentes de carbono. Son organismos con gran versatilidad bioquímica para la degradación y mineralización de sustancias orgánicas, aunque son poco eficaces frente a las sustancias húmicas.

Son los encargados de degradar en un primer momento los materiales introducidos en la compostera y producen el aumento inicial de temperatura dentro de la misma.

Entre los géneros más frecuentes de bacterias se encuentran *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Caulobacter*,

Cellulomonas, Clostridium, Corynebacterium, Flavobacterium, Micrococcus, Mycobacterium, Pseudomonas, Staphylococcus, Streptococcus y Xanthomonas, (CESTA, s.f.).

Actinomicetos: Parecidos a los hongos. Son bacterias con hifas productoras de micelios. Componen entre el 10 y el 33% en número de las bacterias del suelo. Por su morfología recuerdan a los hongos.

Son abundantes en los suelos, siendo los géneros más comunes *Notocardia* y *Streptomyces*. Son heterótrofos y aerobios, poco tolerantes a la acidez. Su papel en la degradación y mineralización no es tan importante como el de las bacterias y los hongos, su importancia deriva de su eficacia en la degradación de sustancias húmicas y de su aptitud para sintetizar sustancias bióticas y antibióticos.

Dentro del proceso de compostaje son los que producen el olor a tierra húmeda así como enzimas que descomponen sustancias muy resistentes como la celulosa o la lignina (CESTA, s.f.).

Hongos: Menores en número que las bacterias o actinomicetos pero con mayor masa. Son responsables de descomponer polímeros vegetales complejos, demasiado secos, ácidos o pobres en nitrógeno para ser descompuestos por bacterias, permitiendo a estas continuar el proceso de descomposición una vez que la mayor parte de dichos polímeros han sido degradados. La mayoría viven en las capas externas del compost cuando la temperatura es alta, creciendo en forma de filamentos, formando colonias blancas o grises de textura aterciopelada en la superficie de la pila (Stoffella, 2005).

Protozoos: Son animales unicelulares que se encuentran en las gotas de agua presentes en el residuo a compostar, su importancia en la descomposición es muy escasa, obtienen su alimento de la materia orgánica de la misma manera que las bacterias aunque pueden actuar también como consumidores secundarios ingiriendo hongos y bacterias (Stoffella, 2005).

Macroorganismos fermentadores: Organismos visibles que consumen la materia orgánica directamente, tales como lombrices, moscas, ácaros de fermentación, cochinillas, caracoles, limacos etc. Son más activos en las etapas finales del compostaje (Stoffella, 2005).

- Consumidores Secundarios.

Macroorganismos que se alimentan de los anteriormente citados consumidores primarios. Dentro de este grupo podemos citar tijeretas, ácaros de molde, rotíferos, protozoos, escarabajos, nematodos y gusanos planos de tierra (Stoffella, 2005).

- Consumidores Terciarios.

Van a alimentarse de materia orgánica viva, tanto de consumidores primarios como secundarios. En este grupo encontramos arañas, pseudo escorpiones, ácaros predadores, ciempiés, hormigas y escarabajos (Stoffella, 2005).

2.8 NORMAS INTERNACIONALES

2.8.1 Norma ambiental internacional

En el Perú no existen parámetros de calidad de compost aprobados dentro de la Legislación Ambiental (Añaños *et al.*, 2004), por lo cual se tomó como base la comparación los parámetros de Austria, país pionero en el proceso compostaje y muy exigente con la calidad del compost elaborado.

La ley sobre calidad del compost resultante de productos biodegradables procedentes de: jardines, parques, hogares, restaurantes, mercados de frutas y hortalizas, agricultura y silvicultura, producción maderera y otros, se señala en la Norma Austriaca OE-NORM S2200, la cual entro en vigencia desde setiembre del 2001, tras largas discusiones con los diferentes grupos interesados, se discutió esta ley principalmente bajo el punto de vista de los contenidos de sustancias toxicas. Por lo tanto, las diferentes calidades de compost son definidas según los niveles de contenidos de metales y siguen aun sin considerarse los verdaderos atributos de calidad. Esta ley regula la calidad del compost resultante del desperdicio, el tipo y origen de los materiales iniciales, la marcación y puesta en circulación, ya que el compost pierde carácter de desperdicio y puede ponerse en circulación como producto (Binner, 2002).

El Reino Unido ha creado un Programa de Acción de Recursos y Residuos (WRAP) que entre otras actividades se ha encargado de analizar la situación de los estándares de calidad para el compost en Europa, Austria, Nueva Zelanda, Canadá y Estados Unidos, esto es debido a no tener estándares obligatorios y a la necesidad de establecer estándares

comercialmente benéficos. De esta manera la WRAP ha empezado un proceso en el cual se está desarrollando una Especialización Públicamente Disponible para el compost, siendo este el primer paso al desarrollo de un estándar BSI (Instituto Británico de Estándares) para compost. Los estándares pueden ser clasificados según el tipo obligatorio y voluntario, o según sea para el proceso y para el producto (WRAP, 2002).

En el gráfico N° 1 se muestra los estándares de calidad de compost clasificados según el tipo obligatorio, obligatorio “complementario” y voluntario.

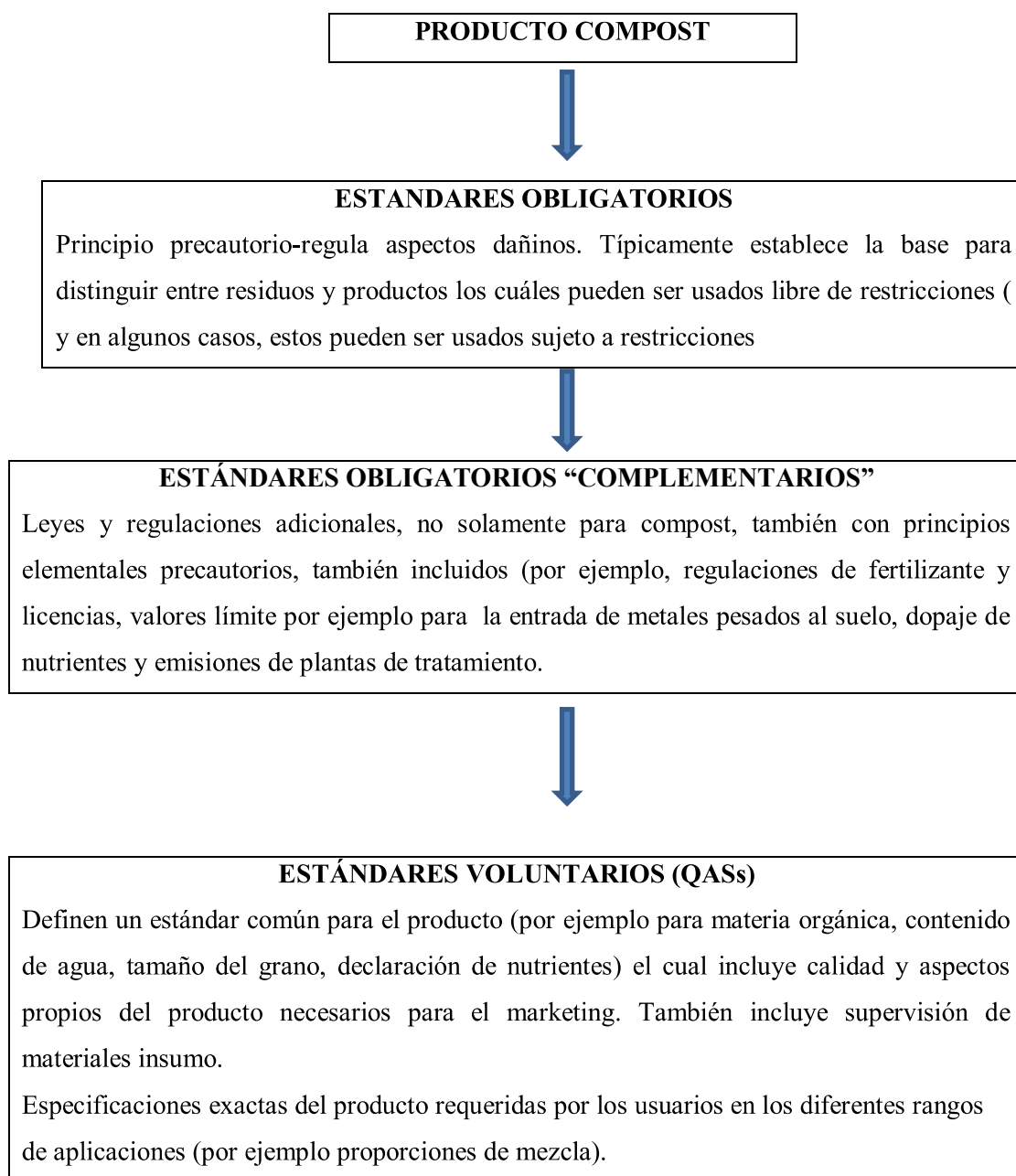


Gráfico N° 1: Flujo de los estándares de calidad de compost

2.8.2 Norma Austriaca

Esta norma presenta 3 clases de compost:

- Clase A+: Calidad máxima, valores límites tomados de la regulación del consejo de la Comunidad Económica Europea (EEC) N° 2092/91 de agricultura orgánica.
- Clase A: Alta calidad, apropiado para usar en la agricultura.
- Clase B: Mínima calidad; apropiada para usar en la agricultura.

Debido a los valores permitidos extremadamente bajos (exigentes) para parámetros individuales (por ejemplo níquel), es muy difícil lograr estándares de clase A+.

El compost producido de bioresiduo colectado separadamente logra la calidad A. La clase B puede ser lograda por el uso apropiado de lodos cloacales/residuales

Los parámetros de la Norma Austriaca OE-NORM S2200 el año 2001 se consigna en el cuadro N°3.

Cuadro N°3: Valores límites según la norma austriaca (OE-NORM S2200) para compost de desechos biodegradables clase A y B

Parámetros	Unidad	OE-NORM S 2200	
		A	B
Materia orgánica (MO)			
Carbón orgánico total	COT	% MS	≥ 12
Sustancias nutritivas			
Nitrógeno total	N	% MS	*)
Nitrógeno nítrico	NO ₃ -N	% MS	≤0.2 *)
Nitrógeno amoniacal	NH ₄ -N	% MS	≤0.1 *)
Fosfato total	P ₂ O ₅	% MS	*)
Fosfato disponible	P ₂ O ₅ cal	% MS	*)
Calcio total	CaO	% MS	*)
Potasio total	K ₂ O	% MS	*)
Potasio disponible	K ₂ Ocal	% MS	*)
Magnesio total	MgO	% MS	*)
Boro sol. En agua caliente	B	mg/kg. MS	≤10
Relación carbono/nitrógeno	C/N	-	*)
Relación NO ₃ -N / NH ₄ -N	NO ₃ -N / NH ₄ -N	-	≥ 2 *)

Calidad física				
Contenido de agua	WG	% MF	25-50	
Valor pH	pH	-	*)	
Conductividad	CE	mS/cm	≤2.0	
Metales pesados				
Cromo	Cr	mg/kg. MS	70	70
Níquel	Ni	mg/kg. MS	42	60
Cobre	Cu	mg/kg. MS	70	100
Cinc	Zn	mg/kg. MS	210	400
Cadmio	Cd	mg/kg. MS	0.7	1
Mercurio	Hg	mg/kg. MS	0.7	1
Plomo	Pb	mg/kg. MS		

*) : el valor debe ser indicado en el producto final

Fuente: Binner, 2002

2.8.3 Norma Chilena

De acuerdo a la norma chilena, se clasifican tres clases de compost:

a. Compost clase A:

Producto de alto nivel de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost clase A. Este producto no presenta restricciones de uso, debido a que ha sido sometido a un proceso de humificación. Puede ser aplicado a macetas directamente y sin necesidad que sea previamente mezclado con otros materiales.

b. Compost clase B:

Producto de nivel intermedio de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para compost clase B. Este producto presenta algunas restricciones de uso. Para ser aplicado a macetas, requiere ser mezclado con otros elementos adecuados.

c. Compost inmaduro o subestándar:

Materia orgánica que ha pasado por las etapas mesófila y termófila del proceso de compostaje, donde ha sufrido una descomposición inicial, pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración necesarias para obtener un compost Clase A o

Clase B. Es un producto que se debe mezclar para ser aplicado para no producir hambre de nitrógeno.

Contenido de metales pesados: todas las clases de compost deben cumplir con los requisitos de concentración máxima permitida de metales pesados, indicados en la tabla siguiente:

Cuadro N°4: Concentraciones máximas de metales pesados en compost mg/kg de compost (base seca)

Metal pesado	Concentración (ppm)	
	Compost tipo A	Compost tipo B
Cadmio	2	8
Cobre	100	100
Cromo	120	600
Mercurio	1	4
Níquel	20	80
Plomo	100	300
Zinc	200	2 000

Fuente: Norma Chilena N° 2880

Según la norma chilena se establecen los siguientes criterios:

a. Humedad:

Todas las clases de compost deben presentar un contenido de humedad entre 30% y 45% de masa del producto, en base húmeda.

b. Conductividad eléctrica:

- Compost Clase A, la conductividad eléctrica debe ser menor o igual a 5 mmho/cm.

- Compost Clase B, la conductividad eléctrica debe ser entre 5 mmho/cm y 12 mmho/cm.

- Este requisito no se aplica para los compost inmaduros o subestándar.

c. Relación carbono/nitrógeno (C/N):

- Compost Clase A, la relación C/N debe ser entre 10 y 25.
- Compost Clase B, la relación C/N de ser entre 10 y 40.
- Para el compost inmaduro o subestándar, la relación C/N debe ser como máximo 50.

d. pH:

El pH normal del compost debe estar comprendido entre 5 y 7.5. No obstante, si el pH esta entre 7.5 y 8.5 la relación de adsorción de sodio (RAS) debe ser menor a 7. Un compost se considera maduro si después de una incubación de 24 h en condiciones anaeróbicas, a una temperatura de 55°C, el pH del producto es mayor a 6. Si el pH es mayor a 7.5 se debe informar en el rótulo en contenido de CaCO₃.

e. Materia orgánica:

Para el compost Clase A, el contenido de materia orgánica debe ser mayor o igual a 45%. Para el compost Clase B, el contenido de materia orgánica debe ser mayor o igual a 25%. Este requisito no se aplica para los compost inmaduros o subestándar.

f. Toxicidad en plantas

Para todas las clases de compost, debe prosperar a lo menos el 90% de las semillas sembradas en el compost respecto al cultivo de referencia (sembrado sin compost).

g. Presencia de semillas viables de malezas

Para todas las clases de compost, deben germinar un máximo de dos semillas de malezas por litro de compost, en cámara de crecimiento por siete días.

2.9 EXPERIENCIAS DEL COMPOSTAJE EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS

2.9.1 Compostaje en Estados Unidos

Estados Unidos es un buen referente ya que además de contar con información de una gran gama de posibles tecnologías también existe la documentación histórica de sus eventos exitosos.

Entre los puntos más relevantes por destacar es el proceso de implementación de las plantas procesadoras de desechos pero de igual forma la metodología de certificación del compost y los sistemas de evaluación de la calidad.

Con datos del 2010, y de la Universidad de Michigan reportan que cada norteamericano aporta 4.5 libras de residuos al día (2.04 kg/día) de los cuales, un poco más del 20% son reciclados.

Restos de poda y residuos de comida juntos constituyen el 27% del flujo de residuos EE.UU., tal como se documenta por la EPA. Se estima que un 57.5 % de los restos de poda se recuperaron para el compostaje en 2010, un dramático aumento de la tasa del 12% de recuperación que en 1990.

Junto con este aumento en la recuperación de desechos de jardín, la industria de compostaje ha crecido en al menos de 1 000 instalaciones en 1988 a más de 2 280 para 2010, ésta industria privada es cada vez más empresarial. Estas empresas agregan valor a los productos de compost a través del procesamiento y la comercialización. Desde compost a granel hasta al por menor, los desechos de jardín se vende entre 15 y 32 dólares por metro cúbico en los Estados Unidos. En contraste, sólo un 2.8% de los residuos de alimentos se transformaron en compost en 2010. La recolección sigue siendo la primera restricción en la recuperación de residuos.

En muchas comunidades, los residuos comestibles de alimentos son donados a los necesitados, mientras que los residuos orgánicos no comestibles de alimentos se mezclan en compost o son transformados de nuevo en alimento para animales. En algunas áreas se trabaja con grandes volúmenes de los productores de alimentos comerciales e institucionales para recuperar sus subproductos de alimentos.

La industria del compostaje en Estados Unidos ha aumentado enormemente durante los últimos 40 años, por ello se ha visto en la necesidad de establecer regulaciones y herramientas que permitan la medición de los índices de calidad y su factibilidad económica.

Un paso importante fue el de desarrollar una comprensión de la industria y generar objetivos específicos como: aumentar las ventas de abono y productos con enmiendas de compost, con apoyo de los gobiernos locales, estatales y federales de los Estados Unidos interesados en elevar las tasas de reciclaje. Fue necesaria la cooperación y participación de inversionistas que apalancaran la sostenibilidad financiera de los proyectos, así como una legislación que beneficiara a la industria del compostaje (Tetra Tech ES, 2003).

2.9.2 Compostaje en la Unión Europea

Los grandes aportadores de residuos son Alemania, Bulgaria, España, Francia, Italia, Polonia, Rumania y el Reino Unido. Por lo general encontramos que la mayoría de estos países cuenta con sistemas de incineración de sus residuos y además de eliminar parte del problema genera parte de la energía. Las tecnologías de composteo son variadas y las capacidades de las plantas son relativamente grandes. De este conjunto de países también hay mucho que analizar y aprender en cuanto al manejo de residuos para la producción del compost.

De la Unión Europea 32 países generaron un total de 2.6 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos en el 2008. En cuanto a los residuos orgánicos se tomaron en cuenta los restos procedentes a los siguientes orígenes de acuerdo a UNEP/UNSD. Los residuos producidos por las familias, las actividades comerciales, las pequeñas empresas, las oficinas e instituciones (colegios, hospitales, edificios administrativos). También incluyen los residuos de algunos servicios municipales, es decir, los residuos procedentes del mantenimiento de los jardines y espacios públicos verdes, los residuos del mantenimiento de la vía pública (limpieza de calles, contenido de las papeleras, residuos de los mercados), siempre que sean tratados como residuos. En la definición se excluyen expresamente los residuos procedentes de la depuración municipal de aguas residuales y su tratamiento.

Hay un grupo de países formado por Austria, Alemania, Reino Unido, Suiza e Italia, que disponen de varias decenas de plantas de compostaje para sus residuos urbanos. Entre estos cinco países se agrupan casi las tres cuartas partes de las plantas del conjunto europeo.

Se han tenido en cuenta para la estimación de la producción de compost anual en el conjunto de países europeos los datos de la encuesta publicada en el año 2006 con las producciones de 2003 a 2004. La producción anual europea ronda las 12 millones de toneladas, Alemania destaca por su elevada producción con casi la mitad del total. Si se suma a esa producción las de Reino Unido, Austria, Italia, Holanda y España se obtiene un 88% del total generado (Tetra Tech ES, 2003).

a. Austria:

En Austria desde 1995 es obligatoria por Ley la separación de la materia orgánica en origen. Además en 2004 otra norma prohibió en el país el vertido de materiales con más del 5 % de carbono orgánico en vertedero. Por ello la mayor parte de los municipios han introducido la separación de la materia orgánica en origen que se encuadra en el sistema denominado “Biotonne”.

La Sociedad Austriaca de Calidad del Compost, asocia a 13 grandes empresas de productores de compost, así como a expertos, empresas relacionadas, y organismos con el objetivo de establecer un sello de calidad para la comercialización del compost fundamentado en un sistema de control y garantía de calidad oficialmente reconocida.

Los estándares federales (ÖNORMEN) han definido cuatro categorías de calidad de los productos finales. La de más alto nivel se permite utilizar en la agricultura ecológica. La demanda por compost de esta calidad está subiendo por parte de los agricultores y comunidades de vecinos. El municipio de Viena está usando 30 000 toneladas al año de compost entre sus agricultores de producción ecológica. Ese compost se produjo de 80 000 toneladas al año de residuos sólidos urbanos con separación de la materia orgánica en origen (Tetra Tech ES, 2003).

2.9.3 Compostaje en América del Sur

a. Chile

En la publicación del Instituto de Investigaciones Agropecuarias del gobierno de Chile, Preparación y Utilización de compost en hortalizas. Está dirigida al sector agrario, y los productores de alguna localidad como incentivos y apoyos gubernamentales. Se les provee de las herramientas y los conocimientos a los mismos para que produzcan su

propio compost y ya sea que lo apliquen en sus propias siembras o generen algún tipo de beneficio adicional para ellos mismos usando los propios recursos.

Los gobiernos siempre estarán interesados en demostrar que se les está dando apoyo a estos grupos de personas que dependen del campo para poder subsistir, ya que en cierto modo reflejan las condiciones reales de los países. De igual modo son un indicador de satisfacción, riqueza, trabajo y en un aspecto social los formadores de familias productivas que eventualmente serán mano de obra, maestros de prácticas agropecuarias, y los que, vistos de algún modo, seguirán movilizandando la economía de un país.

La Comisión Económica para América latina y el Caribe (CEPAL), ha desarrollado algunas propuestas que apuntan a un desarrollo ambientalmente sostenible, en el marco de una transformación productiva con equidad social. La creciente inserción internacional de las economías, las necesidades de competir en mercados globalizados, el atraso tecnológico, la falta de núcleos endógenos de ciencia y tecnología, la carencia de recursos humanos capacitados y, sobre todo, la necesidad de un desarrollo económico y social acelerado, que sirva a los propósitos de vencer el subdesarrollo, han llevado a la CEPAL a diseñar propuestas innovadoras. Y es precisamente este marco de propuestas para la transformación productiva, el que inspira el desarrollo de las políticas ambientales que se necesitan para enfrentar con éxito los cada vez más numerosos y crecientes problemas de la región en esta área (Tetra Tech ES, 2003).

2.10 LEGUMINOSAS

En la economía moderna, las leguminosas se cultivan en aproximadamente el 12-15 % de la tierra arable y constituyen más del 25% de la producción vegetal primaria a nivel mundial (Lluch *et al.*, 2007). Siendo luego de las gramíneas, el segundo grupo de plantas de mayor importancia alimenticia, respecto a la producción, consumo humano y/o animal. Las legumbres, además de jugar un papel importante como alimento y/o forraje, por ser fuente rica de proteínas, fibra y carbohidratos, son mejoradoras del suelo, por lo que son utilizadas como coberturas o abonos verdes y dada su capacidad de producir nitrógeno atmosférico, ejercen impacto positivo en el sistema suelo, proporcionando alrededor de 200 millones de toneladas de nitrógeno al año. También es de importancia su utilidad en la industria farmacéutica y cosmética, por la diversidad de compuestos activos que de ellas derivan.

En nuestro país el cultivo de *Phaseolus lunatus* (pallar) se encuentra ampliamente diversificado en la costa y es importante por sus altos rendimientos. El departamento de Ica representa aproximadamente el 59% de la superficie total dedicada a este cultivo, mientras que la costa central y norte (Lambayeque) registran el 19% de la producción; Ayacucho, Apurímac y Huancavelica aportan el 3%. En el año 2003, la superficie cosechada de pallar fue de 5 175 hectáreas y su demanda en el mercado internacional es creciente por su agradable sabor. España y Portugal son los principales países compradores, seguidos de Estados Unidos, Canadá, Bélgica, Holanda Luxemburgo y Grecia (Lluch *et al.*, 2007).

Cuadro N° 5: Superficie cosechada de pallar en el Perú por departamento (ha).

Departamento	2002	2003
Lambayeque	1 371	1 386
Ica	3 336	3 455
Otros	572	316
TOTAL	5 279	5 157

Fuente: Estadística Agraria Mensual. Diciembre 2003. MINAG

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 TIEMPO Y LUGAR DE EJECUCION

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en dos etapas. En la primera se inició el proceso de compostaje en tres pilas al aire libre, entre abril a junio del 2014, en el campo de compostaje del CONSAS (Conservación de Suelos y Agricultura Sostenible) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en el distrito de La Molina, Departamento de Lima, Latitud 12° 05' 06", Longitud 76° 75' 00" y altitud de 243.7 msnm.

La segunda etapa se tuvo inicio a principios de julio 2014 y se extendió hasta septiembre. En ella se realizaron pruebas biológicas de Germinación y Zucconi para establecer la calidad del compost y pruebas a nivel de macetería para ver la respuesta del producto final.

Las condiciones ecológicas de la UNALM se caracterizan por ser una zona árida con una temperatura promedio de 18°C y una precipitación promedio de 5 mm anuales, considerada como un Desierto Árido sub Tropical de acuerdo al sistema Modificado de Köppen (Sarmiento, 1999).

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO

3.2.1 Materiales

- Agua de Riego.
- 6 sacos de estiércol de vacuno (50 kg).
- 6 sacos de estiércol de caballo (50 kg).
- 6 sacos de estiércol de gallina (50 kg).
- Residuos de cosecha de plantas pallar (*Phaseolus lunatus*) al 35% de humedad (1 920 kg).
- Arroz pre cocido
- Melaza de caña de azúcar (900 ml)
- Semillas de Maíz PM - 212 híbrido
- Semillas de Rabanito (*Raphanus sativus*)
- 2 Carretillas

- 2 Lampas
- 2 Trinches
- 1 Escoba
- Bolsas plásticas
- 3 recipientes de plástico
- Manguera
- Guantes
- Malla de nylon
- Ligas
- Mascarilla
- Papel periódico
- Tamiz metálico de 3/8 de pulgada
- Macetas de 2 kg
- Arena de río (96 kg)

3.2.2 Equipos

- Balanza de plataforma.
- Termómetro de mercurio.
- Wincha (50 m).

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO

3.3.1 Materiales

- Papel de filtro N°1
- Probeta graduada (500ml)
- Vasos de precipitado
- Baguetas
- Pipeta graduada (1 ml, 5ml, 10ml).
- Papel absorbente
- Crisol

3.3.2 Equipos de laboratorio

- Potenciómetro
- Balanza analítica (+/- 0.01 gr)

- Conductímetro
- Estufa

3.4 MÉTODOS

3.4.1 Preparación de insumos

Los residuos vegetales se obtuvieron de la cosecha del pallar del campo de cultivo del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF). El material como hojas, ramas y vainas se mezclaron con la finalidad de lograr una mezcla lo más homogénea posible. Los estiércoles de vacuno, gallina y caballo utilizados para el proceso de compostaje provinieron de los establos de la UNALM y fueron sometidos a disgregación para evitar tener la materia en champas (bloques).

3.4.2 Preparación de microorganismos efectivos caseros (EMC)

Se prepararon tres litros de microorganismos efectivos caseros (EMC) para aplicarlos durante la elaboración de las pilas de compost. Tal y como se muestra en el Gráfico N°2. El proceso de producción consistió de los siguientes pasos:

- a. En cada recipiente de plástico se colocó 200 gr. de arroz pre cocido, se tapó con una malla de nylon y se amarro con ligas para que quede firme. Luego se buscó dentro del campus de la UNALM, un terreno de bosque con poco tránsito de personas. Los tres recipientes se enterraron a una profundidad de 20 cm, y se tapó con hojas secas y tierra de modo que quede cubierto parcialmente.
- b. Después de quince días se desenterraron los recipientes y se sacaron las mallas de nylon. El contenido de los 3 recipientes (arroz con microorganismos) se vertieron en 3 botellas de plástico de 1 litro. Luego se agregaron 700 ml de agua y 100 ml de melaza a cada botella para su activación y se taparon para ser mezclados. Finalmente las 3 botellas se guardaron en un lugar oscuro a una temperatura constante.
- c. Durante quince días se destaparon y taparon las botellas, para que el gas generado pueda escapar. Después se retiraron las botellas y en un balde se disolvieron en 1 litro de agua cada una y se guardaron en un lugar bajo sombra a temperatura de ambiente.

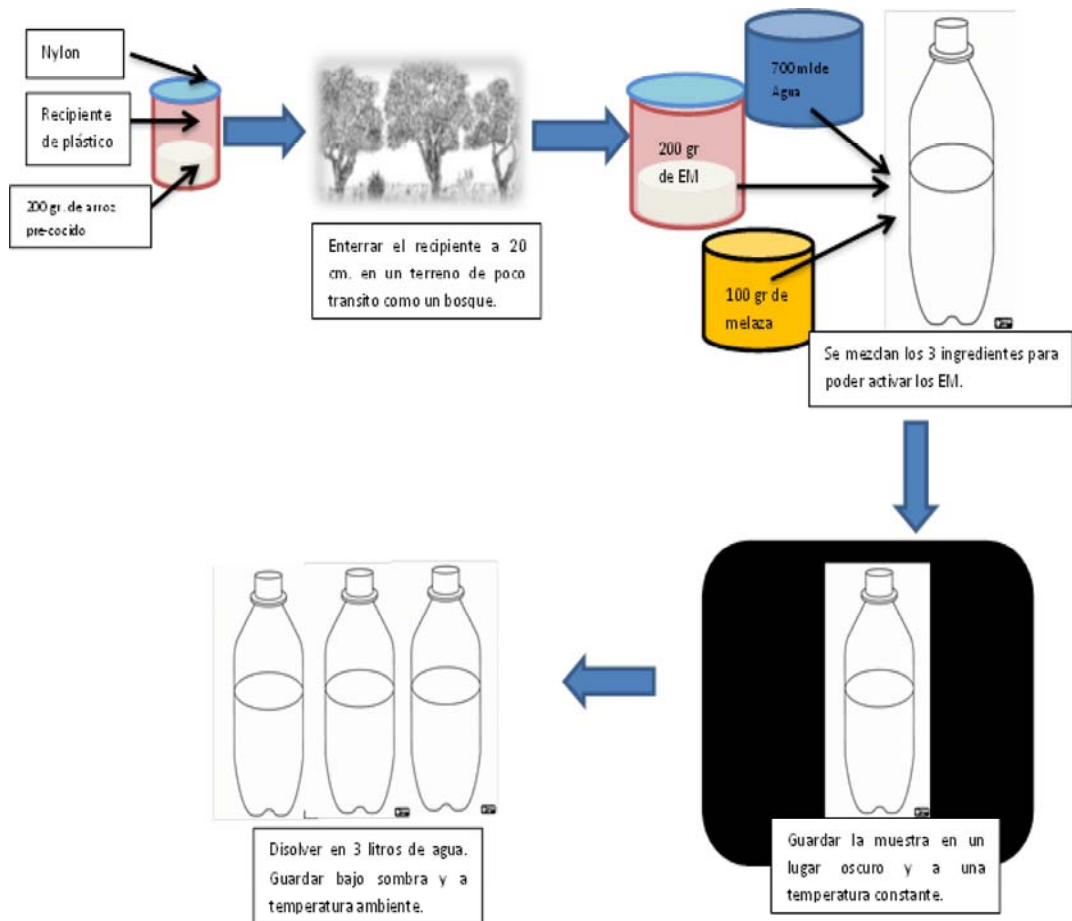


Gráfico N°2: Preparación de E.M. casero

3.4.3 Preparación de pilas de compost

Se elaboraron tres pilas de compost, cada una con un tipo diferente de estiércol (caballo, vacuno y gallina). Se aplicó el EMC durante el armado de cada pila. Se utilizó el sistema abierto de pilas aéreas de compostaje de 1.0 x 1.0 x 1.0 m aproximadamente.

Para la preparación del compost se siguió el método de Indore. El cual se describe a continuación:

- a. Se limpió el área sobre el cual se instalaron las pilas.
- b. Se colocaron los residuos vegetales formando una capa de 15 cm aproximadamente de alto y de 1.0 m. por lado.

- c. Se introdujo una vara de madera en forma vertical, para proveer a la pila de buena aireación. Se regó la capa de residuos vegetales hasta que el material alcance la humedad adecuada.
- d. Se esparció el estiércol de manera uniforme sobre la capa de residuos vegetales hasta alcanzar aproximadamente 10 cm. de espesor. Se vertió el EMC en cada capa de estiércol.
- e. Se repitió el mismo proceso hasta formar una pila de compost con 3 capas alternadas de estiércol y 4 de residuos.

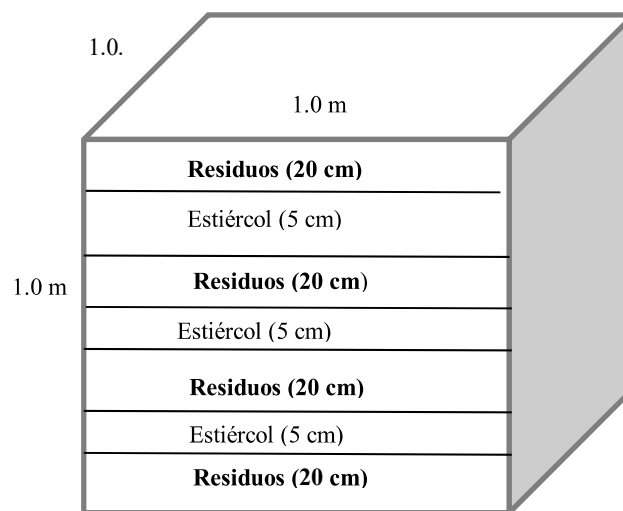


Gráfico N°3: Distribución volumétrica de la pila de compostaje

3.5 COMPOSICIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, se determinaron los siguientes tratamientos que se muestran el Cuadro N°6.

Cuadro N° 6: Composición total y porcentual de la pila de compostaje

Tratamiento	Composición	Porcentaje %	Cantidad en peso seco (kg)
1	Residuos vegetales	64	640
	Estiércol de vacuno	36	360
2	Residuos vegetales	64	640
	Estiércol de caballo	36	360
3	Residuos vegetales	64	640
	Estiércol de gallina	36	360

Tratamiento 1: Compost con estiércol de vacuno, elaborado bajo la técnica tradicional, adicionando 3 litros de E.M.C.

Tratamiento 2: Compost con estiércol de caballo, elaborado bajo la técnica tradicional, adicionando 3 litros de E.M.C.

Tratamiento 3: Compost con estiércol de gallina, elaborado bajo la técnica tradicional, adicionando 3 litros de E.M.C.

3.6 HUMEDECIMIENTO

Durante el proceso de compostaje el humedecimiento se realizó manualmente con manguera, con una frecuencia semanal durante los 2 primeros meses. En el tercer mes, durante la etapa de maduración, se efectuó el riego quincenalmente. El humedecimiento se realizó después de cada volteo. Para determinar la humedad, se empleó el método del puño y el análisis visual, para mantener la humedad óptima entre 50% y 60%.

Se utilizó el agua de reservorio proveniente de Huachipa (pozo), para la preparación de lasx camas de compost durante los dos primeros meses. En el último mes se usó agua de La Molina.

3.7 AIREAMIENTO

La aireación de la pila de compostaje se realizó semanalmente en los 2 primeros meses del proceso de compostaje. En el tercer mes, el volteo se efectuó quincenalmente debido a la estabilización del proceso de oxidación de la materia orgánica.

Una adecuada aireación es vital para el proceso de descomposición y evita la compactación que podría producirse por un riego periódico (Moreno *et al.*, 2008).

3.8 EVALUACIONES

3.8.1. Evaluaciones durante la elaboración de las pilas

- El volumen se determinó durante la preparación de la pila. Se marcó el terreno con la wincha, un metro y medio por lado, procurando no sobrepasar ese límite al momento de la preparación de las pilas. Luego se midió la altura después de la elaboración de la pila de compost.

- El pH de los estiércoles se determinó antes de la preparación de las pilas. La medición del pH se realizó por el método del potenciométrico. Se preparó un extracto acuoso de la muestra en agua destilada; a una relación 1:5 (p/v) según Norma Chilena 2880.

- La salinidad de los estiércoles usados como materias primas se evaluó a través de la medición de su conductividad eléctrica. Se utilizó el conductímetro en el extracto acuoso de la muestra con agua destilada; a una relación 1:5 (p/v) según Norma Chilena 2880.

3.8.2 Evaluaciones durante el proceso de compostaje

4.8.2.1 Evaluaciones físicas en la pila de compost

- Para medir la temperatura se utilizó un termómetro de mercurio. Se midió la temperatura en dos puntos (superior e inferior). Se introdujo directamente el termómetro por la parte superior de la pila. Y la temperatura inferior se midió introduciendo el termómetro a la mitad de la pila antes del volteo. Las mediciones se hicieron cada semana, desde el día de instalación de la pila de compost hasta la culminación del proceso.

- El Volumen se determinó durante el proceso de compostaje, para lo cual se midió con la wincha la base de la pila y la altura antes del volteo. Las mediciones se hicieron quincenalmente.

4.8.2.2 Evaluaciones químicas en laboratorio

Para el muestreo se tomaron dos submuestras (una de la parte superior y una de la parte inferior de la parte central de la pila), las que se mezclaron para obtener una muestra compuesta por cada pila. Asimismo, se llevó las muestras compuestas al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF).

- El pH se midió semanalmente y en todas las etapas del proceso de compostaje. La medición del pH de la muestra se realizó por el método potenciométrico. Se preparó un extracto acuoso de la muestra en agua destilada; a una relación 1:5 (p/v) según Norma Chilena 2880.

- La conductividad eléctrica se midió semanalmente durante todo el proceso de compostaje. Se evaluó la salinidad, para lo cual se utilizó el conductímetro en el extracto acuoso de la muestra con agua destilada; a una relación 1:5 (p/v) según Norma Chilena 2880 para las muestras tomadas durante el proceso de compostaje.

3.8.3 Evaluaciones del producto final

a) Evaluaciones físicas

- Para el Peso total, comercial y de merma se utilizó una balanza de pie en donde fueron colocados los sacos llenos de compost.

- Volumen total, comercial y de merma se determinó utilizando un cilindro de volumen conocido. Se pesó una muestra de compost en un balde de capacidad conocida. Se calculó el volumen inicial y el peso inicial. Luego se calculó el volumen total a través de la siguiente fórmula.

$$\text{Volume total} = \text{PT} \times \text{Vi} / \text{Pi}$$

PT: Peso total del compost

Vi: volumen inicial de la muestra de compost

Pi: peso inicial de la muestra de compost

- El volumen comercial se determinó tamizando el compost, luego se ejecutó el mismo procedimiento mencionado en el párrafo anterior. La merma es la diferencia del volumen comercial y total.

- La humedad Se determinó por el proceso gravimétrico; por la diferencia del peso fresco y del peso seco de la muestra, después de haberla dejado en la estufa a 70° °C.

b) Evaluaciones químicas en laboratorio

Para el muestreo se tomaron submuestras de producto comercial y se mezclaron para obtener una muestra compuesta. Asimismo, se llevaron las muestras compuestas al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) para determinar:

- El pH Se determinó con el método del potenciómetro. Se pesó 10 g. de la muestra, a la que se añadió 50 ml de agua desionizada, relación 1:5 según Norma Chilena 2880. Luego se agitó vigorosamente la mezcla con la ayuda de una bagueta, posteriormente se filtró la muestra, una vez filtrada se procedió a leer el pH directamente con el potenciómetro (Estrada *et al.*, 1986).

- La conductividad eléctrica del producto final se midió semanalmente durante todo el proceso de compostaje. A través de la medición de su conductividad eléctrica se evaluó la salinidad, se utilizó el conductímetro en el extracto acuoso de la muestra con agua destilada; a una relación 1:5 (p/v) según Norma Chilena 2880.

- El nitrógeno total se determinó utilizando el método de Microkjeldahl. En este método, la muestra seca pasó por un proceso de digestión, se agregó H₂SO₄ y un catalizador a la muestra y luego se calentó, de esta forma el nitrógeno orgánico se convirtió en sulfato de amonio. Posteriormente pasó por el proceso de destilación, donde se agregará hidróxido de sodio, transformándose el NH₄-N en NH₃, que luego se juntó con el receptor de ácido bórico. Finalmente se titulará con H₂SO₄ estandarizado, hasta que cambie de color verde a violeta. Los mili equivalentes del ácido usado en la titulación equivale a los mili equivalentes de nitrógeno en la muestra (Bazán, R. 1996).

- La materia orgánica se determinó a través del método de calcinación, denominado también método de combustión a baja temperatura (Jackson, M.L. 1970) o combustión seca. La determinación de la cantidad de materia orgánica se realizó por la pérdida de peso que sufre la muestra a través de la oxidación seca.

- El carbono total se determinó dividiendo el valor de la materia orgánica por el factor de Van Bemmelen que es 1.724, basado en la suposición convencional de que la materia orgánica del suelo contiene 58% de carbono (Jackson, M.L. 1970; León y Aguilar, 1987).

- La Relación carbono nitrógeno se obtuvo al dividir directamente el valor calculado de nitrógeno y carbono.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 PARÁMETROS EVALUADOS DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE

4.1.1 Temperatura

La temperatura se evaluó cada 7 días, con la finalidad de determinar el momento en el cual se daba inicio a cada etapa del proceso compostaje.

En las primeras 2 semanas, las pilas de compostaje presentaron una temperatura entre 54 °C a 67°C. Durante los primeros días de instalada la pila de compostaje, ya se superó la etapa mesófila, la cual se llevó a cabo entre las 12 y 24 primeras horas posteriores a la instalación (Climent *et al.*, 1996). A los 3 días, las pilas de compostaje estaban en la etapa termófila, habiendo superado previamente los 40°C, requisito que constituye un indicador de la permanencia esta etapa.

En el gráfico N°4 se muestra que el compost de caballo alcanzó la temperatura máxima con 67°C, seguida del compost de vacuno con 59.5 °C y el compost de gallina con 53°C. El estiércol de caballo es más mullido y además presenta mayor contenido de materia orgánica. Esto ayudó a que la actividad microbológica sea más activa ya que al integrarse con el material vegetal se reduce el espacio poroso limitando la aireación. Produciendo mayor área de contacto para un mayor ataque microbiano

El tamaño inicial de las partículas que componen la masa a compostar es una importante variable para la optimación del proceso, ya que cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción. Por lo tanto, el desmenuzamiento del material facilita el ataque de los microorganismos y aumenta la velocidad del proceso. Se ha descrito en una experiencia con residuos agroindustriales que la velocidad del proceso se duplicaba al moler el material. Pero aunque un pequeño tamaño de partícula provoca una gran superficie de contacto para el ataque microbiano, también se reduce el espacio entre partículas y aumenta las fuerzas de fricción (Haug, 1993); esto limita la difusión de oxígeno hacia el interior y de dióxido de carbono hacia el exterior, lo cual restringe la proliferación microbiana y puede dar lugar a un colapso microbiano al ser imposible la aireación por convección natural. Por otra parte, un producto muy fino no es aconsejable por riesgos de compactación.

Las dimensiones consideradas óptimas son distintas según los criterios de distintos autores, variando entre 1 y 5 cm (Haug, 1993), entre 2 y 5 cm (Kiehl, 1985) o entre 2,5 y 2,7 cm (Tchobanogolus *et al.*, 1994).

Entre la tercera y séptima semana, se observa una gradual disminución de la temperatura en cada una de las pilas de compostaje, manteniéndose por encima de los 40°C, asegurando la efectiva eliminación de patógenos y semillas de mala hierba (Alarcón, 2004).

Se puede observar también, que después de cada semana la temperatura subió y luego disminuyó gradualmente. Esto debido a la constante aireación y humedecimiento de cada una de las pilas ya que el volteo y regado se hizo semanalmente.

Finalmente, en la séptima semana, se considera el inicio de la etapa de estabilización. Esto debido al paulatino enfriamiento de la pila de compostaje hasta una temperatura alrededor de 20°C, similar a la temperatura ambiental lo cual nos indica que el proceso de compostaje ha concluido.

4.1.2 Reacción

A lo largo del proceso de compostaje se presenta un rango de pH entre 7.6 y 8.9, manteniéndose un pH final constante y cercano a 7.5 para cada una de las pilas de compostaje. Este rango indica que durante el proceso se ha mantenido persistentemente las condiciones aeróbicas (Opazo, 1991). Según Suler y Finstein, (1977) si el pH se mantiene por encima de 7,5 durante el proceso, esto es síntoma de una buena descomposición, ya que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos.

El pH inicial, se determinó a partir de una muestra obtenida de cada pila durante la instalación. El pH del estiércol de vacuno fue de 7.87, el de gallina fue de 8.26 y el de caballo fue de 7.75.

En el gráfico N° 5 se observa que, a partir de la primera semana se aprecia un incremento del pH en las tres pilas de compost debido a la producción de ácidos orgánicos. Durante el proceso de degradación de las fracciones de materia orgánica más lábiles, tales como azúcares simples y aminoácidos.

En el proceso del compostaje el pH disminuye hacia la neutralidad, según esos ácidos se conviertan en metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). El pH final es ligeramente alcalino (pH 7.5 a 8.5). (Stoffella 2005).

A partir de la quinta semana, se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas, así pues, este incremento favorece la formación del amoníaco y su pérdida por volatilización (Moreno *et al.*, 2008).

Posteriormente, en la etapa de maduración, el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que poseen propiedades tampón. En esta fase estacionaria, se estabiliza la materia orgánica y se dan reacciones lentas de policondensación (Álvarez, 2008).

4.1.3 Conductividad eléctrica

En el gráfico N° 6, se puede observar que en la primera semana, ocurre un descenso en la conductividad eléctrica, dándose este fenómeno como consecuencia del crecimiento microbiano que consume parte de las sales presentes. Posteriormente se produce un incremento gradual de sales debido a la mineralización paulatina de la materia orgánica, originándose un aumento de la concentración de nutrientes.

A partir de la quinta semana se observa una tendencia a la disminución en la concentración de sales para los 3 tipos de compost, esto se produce a consecuencia del riego, el cual va lavando y lixiviando las sales del compost (Cumba, 2004). Posteriormente conforme se ingresa a la etapa de maduración y se disminuye la frecuencia de riego, se exhibe un proceso de mineralización más pronunciado que contribuye a un incremento de la conductividad eléctrica.

Las conductividades eléctricas en el día de la cosecha de compost fueron de 6.2 dS/m para el compost de vacuno, 6.1 dS/m para el compost de gallina y 5.9 dS/m para el compost de caballo encontrándose estos dentro del rango de calidad media de compost según la norma chilena.

4.1.4 Relación carbono / nitrógeno

En el cuadro N°7 se muestra la relación carbono nitrógeno de la pila al inicio del proceso de compostaje. La pila de compost de gallina tuvo una relación de 27.76, la pila de caballo de 32.76 y la pila de vacuno de 29.94.

A los 90 días la pila de compost de vacuno descendió de 29.94 a 11.60; la pila de gallina de 27.76 a 12.54 y la pila de caballo descendió de 32.76 a 15.89. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Stoffella (2005) y Moreno (2008); quienes señalan que la mejor relación de C/N inicial está alrededor de 30:1 y disminuye a menos de 20:1 conforme avanza el proceso. La materia orgánica estable en el suelo tiene una relación C/N entre 10 y 15; si el compost ha sido preparado durante un tiempo adecuado se aproximará a esta relación.

En el cuadro N°8 se puede observar que el compost de CONSAS tuvo relación C/N de 10.95, el compost de vacuno 11.60, el compost y el compost de caballo 15.89. Los 4 tratamientos tienen una relación C/N por debajo de 15 en el producto final. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Moreno (2008), quien señala que tradicionalmente para establecer el grado de madurez del compost y definir la calidad agronómica del mismo es necesario un valor preferentemente menor de 15 en el producto final. El que tuvo mayor relación fue el compost de caballo y el menor fue el compost de CONSAS, esto debido a que según el análisis químico de los estiércoles, el de caballo tiene mayor porcentaje de materia seca, y por lo tanto tiene mayor índice de carbono.

En el Cuadro N°9, se observa los valores de la relación C/N final y C/N inicial de los tres tratamientos son menores a 0.75. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por, Iglesias y Pérez (1989), citados por Moreno (2008). Quienes proponen que para el compost de 120 días, sin importar el tipo de sustrato original (fáciles o no de biodegradar), el valor de la relación C/N final y C/N inicial debe tener un valor menor a 0.75, demostrando que el compost ya está maduro.

4.1.5 Nitrógeno

En los resultados del análisis de materia orgánica realizado por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (ver anexo 12). Se observa que los valores de nitrógeno son los siguientes; compost CONSAS con 1.57 %; compost de gallina con 1.42 %; compost de vacuno 1.41 % y el que presenta el menor valor fue el compost de caballo con 1.20 %. Los valores próximos al 1% de Nitrógeno de los compost obtenidos nos permiten ubicarlo dentro de la categoría de enmiendas orgánicas o mejoradores de suelos (Noguera *et al.*, 1999, y Climent *et al.*, 1996). En este caso los 3 tipos de compost cumplen con valores ligeramente elevados.

El compost de caballo presenta menor contenido de nitrógeno, esto debido a que la temperatura alcanzada durante el compostaje, en la etapa termofílica, fue la más elevada y esto provocó la pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco. Además de la degradación de compuestos más complejos.

El compost de gallina presenta mayor contenido de nitrógeno, esto debido a que el estiércol de gallina presenta mayor contenido de nitrógeno en su etapa inicial. Además que sus estructuras son más complejas, por eso la degradación y la pérdida de nitrógeno son menores.

La norma chilena NCH 2880(CONAMA, 2004) recomienda un valor de concentración de nitrógeno con un valor mayor o igual a 0.5 %.

4.1.6 Metales pesados

En el cuadro N° 10, se muestra la concentración de algunos metales pesados analizados en los compost obtenidos y sus límites máximos permisibles para la categoría A y B, según la Norma Chilena 2880 de CONAMA (2003) y para la categoría A y B, según la Norma Austriaca OE- NORM S2200 (Binner, 2002).

El cuadro N° 11 muestra la concentración de metales pesados según las normas internacionales. Comparándolo con los resultados del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF), se puede observar que para los cuatro tratamientos, los niveles de Plomo y Cromo están por debajo de los límites permisibles, de ambas normas.

4.1.7 Rendimientos

El gráfico N° 7 muestra los volúmenes en m³ tomados de las pilas de compost cada 15 días. Los volúmenes iniciales de las pilas fueron; compost de vacuno 1.51 m³, de gallina 1.45 m³ y de caballo 1.87 m³.

Durante la tercera semana se observó que la pila de compost de caballo fue quien perdió un mayor volumen, alrededor de 0.47 m³, esto debido a que las partículas del compost de caballo eran de un menor tamaño y a las altas temperaturas, lo cual facilitó la descomposición por parte de los microorganismos. En segundo lugar fue la pila de gallina con 0.25 m³ en pérdidas y la pila de vacuno con 0.21 m³ en pérdidas de volumen.

Durante la quinta semana quien perdió mayor volumen fue la pila de compost de vacuno con 0.30 m³ de pérdida, seguido de la pila de gallina con 0.22 m³ y la pila de caballo con una pérdida de 0.15 m³.

Durante la séptima semana quien perdió mayor volumen fue la pila de compost de caballo con 0.30 m³, seguido de la pila de gallina con 0.28 m³ y finalmente la pila de vacuno perdió 0.25 m³ en volumen.

Durante la novena semana quien perdió mayor volumen fue la pila de compost de caballo con 0.23 m³, seguido de la pila de vacuno con 0.16 m³ de pérdida y finalmente la pila de gallina con 0.15 m³.

Durante la onceava semana quien perdió mayor volumen fue la pila de compost de caballo con una pérdida de 0.17 m³, seguido de la pila de vacuno con 0.16 m³ de pérdida y finalmente la pila de gallina con una pérdida de 0.1 m³ en volumen.

Los volúmenes finales fueron de 0.48 m³ para el compost de vacuno, 0.45 m³ para el compost de gallina y 0.55 m³ para el compost de caballo.

Quien perdió mayor volumen durante el proceso de compostaje fue la pila de compost de caballo con 1.32 m³, seguido de la pila de vacuno con 1.08 m³ y finalmente la pila de gallina con 1 m³ en pérdidas de volumen.

En el cuadro N° 12, se observa que el compost caballo perdió el 70.59 % de su volumen inicial. Esto se debe a que la pila de compost de caballo fue la que mayor temperatura alcanzó en las primeras 3 semanas y la CE que bajo considerablemente. El compost de gallina perdió 68.97% de su volumen inicial y el compost de vacuno perdió 68.21% de su volumen inicial.

Como mencionan Meza (2009) y Robert *et al.* (1992), citado por Iparraguirre (2007); los materiales iniciales se reducen entre un 40 y 80 % en peso, por pérdida de humedad y mineralización de sus componentes. Podemos decir que los tres tipos de compost estaban dentro de los parámetros esperados y la diferencia entre ellos en el % de peso perdido se debe al tipo de estiércol usado.

El compost de gallina tiene una densidad aparente de 0.60 g/cm³, el compost de caballo de 0.55 g/cm³ y el compost de vacuno de 0.48 g/cm³. Según los valores límites de la norma austriaca todos los tratamientos cumplen esta característica, presentando una densidad menor de 0.85 g/cm³.

4.1.8 Test del índice de germinación de Zucconi

Con la finalidad de evaluar la fitotoxicidad del compost, se hizo uso del test del índice de germinación de Zucconi, ya que puede provocar efectos negativos en las plantas, debido a la presencia de metabolitos intermediarios fitotóxicos. Los efectos fitotóxicos de un material orgánico inmaduro se deben a diversos factores, entre los cuales destacan los contenidos de amonio, de ácidos volátiles orgánicos, de metales pesados y de sales (Varnero *et al.*, 2007).

En esta prueba (anexo 11), los mayores porcentajes de índices de germinación se obtuvieron en los tratamientos con compost de gallina (83.63 %) y caballo (89.51%). Por lo contrario, los tratamientos con menor índice de germinación son el compost de vacuno y el compost CONSAS. Este comportamiento se atribuye a que el porcentaje de materia orgánica presente en el compost de gallina y caballo es superior a los de vacuno.

El compost de caballo presenta mayor índice de germinación, debido a que presenta menor conductividad eléctrica. Una alta conductividad eléctrica reduce el poder germinativo, ya que la presión osmótica es menor y la planta no puede absorber agua. En este caso el compost de caballo la presión es mayor y la planta puede absorber agua con mayor facilidad. En cambio en el compost de vacuno presenta menor índice de germinación ya que tiene mayor conductividad eléctrica, por lo tanto la presión osmótica es menor y las plantas no pueden absorber agua.

4.1.9 Test de madurez (germinación en compost puro)

De acuerdo al protocolo del “Test de madurez de compost”, recomendado por el Centro de Compostaje En-Línea de la Universidad de Florida, se aceptan como maduros aquellos tratamientos cuyos porcentajes de germinación sean mayores a 80%.

Con respecto a la madurez del compost, la inestabilidad o inmadurez del compost puede producir efectos fitotóxicos. Sin embargo, la fitotoxicidad del compost puede ocurrir con compost estables o maduros debido a sustancias que no son removidas durante el proceso de compostaje (metales pesados, herbicidas persistentes, etc.). (The Waste and Resources Action Programme, 2005).

La madurez de un compost posee diversas definiciones, sin embargo puede definirse como el grado en el cual la biomasa en proceso de humificación se encuentra libre de sustancias fitotóxicas que pueden causar retrasos en la germinación o inhibir el crecimiento de la planta (The Waste and Resources Action Programme, 2005).

Según el cuadro (anexo 10), se observan que el porcentaje de germinación más elevado es del compost de caballo, que presenta un 90%, seguido del compost de gallina con un 85 %, por lo tanto se consideran compost maduros, ya que según el protocolo del “Test de madurez de compost”, recomendado por el Centro de Compostaje En-Línea de la Universidad de Florida estos están dentro del rango de 80%. En cambio los compost de CONSAS y el compost de vacuno tienen valores por debajo del 80%, por lo tanto no serían considerados como compost maduros. Esto se debe a la salinidad presente en estos tipos de compost ya que presentan mayores valores de conductividad eléctrica 6.64 y 6.20 dS/m respectivamente, esto impidió una adecuada germinación del rabanito, por eso se presentó un mayor porcentaje de germinación en los otros tratamientos con compost de caballo y gallina que presentaron valores de conductividad eléctrica de 5.90 y 6.10 dS/m respectivamente. Las sales disminuyen el potencial osmótico, haciendo más difícil a las raíces tomar agua del sustrato. Las plantas son más susceptibles al daño provocado por la presencia de sales en etapas tempranas del crecimiento. La salinidad puede demorar o incluso impedir la germinación de semillas (Brady *et al.*, 2008). El rabanito es un cultivo moderadamente sensible a la salinidad, la salinidad máxima en la cual no se presenta disminución del rendimiento es de 1.20 dS/m (Ugás *et al.*, 2000).

4.2 PRUEBA BIOLÓGICA EN MAÍZ

4.2.1 Altura

En el gráfico N°8 se observa el crecimiento de las plantas de maíz usando una concentración al 0%. Todos tienen una tendencia de crecimiento hasta la quinta semana. Después de la sexta semana el crecimiento se hace constante, alcanzando una altura máxima de 20 cm. Esto es debido a la deficiencia de nutrientes, ya que la concentración es al 0%.

En el gráfico N°9 se observa el crecimiento de las plantas usando una concentración al 1% de compost. La tendencia del crecimiento es pronunciado hasta la quinta semana. Luego suele ser constante hasta la octava semana. El tratamiento con mayor crecimiento es con el compost de caballo con 23.73 cm. y con el compost de gallina con 23.93 cm. Esto se debe a que el porcentaje de materia orgánica obtenida del análisis realizado en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF). El compost de caballo es de 32.87% y de gallina 30.70% de materia orgánica.

En el gráfico N° 10 se observa el crecimiento de las plantas usando una concentración al 2% de compost. La tendencia del crecimiento es pronunciado hasta la sexta semana. Luego suele mantenerse constante hasta la séptima semana para que vuelva a ser pronunciada hasta la octava semana. El tratamiento con mayor crecimiento es con el compost de caballo con 25.54 cm. le sigue el del compost de gallina con 24.81 cm. Esto se debe a la cantidad de materia orgánica obtenida en el análisis del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF).

En el cuadro N° 13, de acuerdo al análisis estadístico, en la semana tres, no existen diferencias significativas de altura entre las fuentes ni entre las concentraciones. Esto se debe a que las plantas de maíz se encuentran en una etapa de germinación y aun se alimentan de los nutrientes que se encuentran en el cotiledón de la semilla.

En el cuadro N° 14, el tratamiento con compost de gallina presentó mayor promedio de altura con 15.23 cm, el cual tuvo diferencias significativas con las demás fuentes. El tratamiento con compost de vacuno tuvo la menor altura con un promedio de 14.11 cm. Esto debido a que el compost de gallina tiene el mayor porcentaje de nitrógeno (1.42%), en comparación a los compost de vacuno (1.41%), Caballo (1.20%). Además el compost de gallina presenta el menor valor de conductividad eléctrica (6.10 dS/m) en comparación del compost CONSAS (8.64 dS/m), vacuno (6.2 dS/m) y el compost de caballo (5.9 dS/m), lo cual influye en la absorción de nitrógeno por parte de la planta. Siendo el nitrógeno esencial para el crecimiento de la planta, ya que es componente de los pigmentos de la clorofila y esta es esencial para el proceso de fotosíntesis. También se observa que a una concentración de 2% se obtienen los mayores promedios de altura en los diferentes tipos de compost.

En el cuadro N° 15; el tratamiento con compost de gallina presentó mayor promedio de altura con 20.83 cm. el cual tuvo diferencias significativas con los demás tratamientos. El tratamiento con compost CONSAS, presentó la menor altura con 19.20 cm de promedio, esto debido a una mayor concentración de nitrógeno y una conductividad eléctrica menor que ayuda a su absorción. También se observa que existen diferencias significativas entre la concentración al 2% y 1% respecto a la concentración al 0%.

En el cuadro N° 16 y el cuadro N° 17, se observa que, de acuerdo al análisis estadístico, en las semanas seis y siete, el tratamiento con compost de gallina presentan los mayores promedios de altura (22.10 cm y 22.20 cm.) respectivamente, en comparación a los otros

tratamientos, por lo que se mantiene la tendencia durante todo el bioensayo. También a concentraciones mayores se obtienen mayores alturas.

En el cuadro N° 18, se observa que el tratamiento con compost de gallina presento el mayor promedio de altura con 22.91 cm, el cual presento diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos. Los menores promedios se registraron en los tratamientos con compost de Vacuno y compost CONSAS. Por lo cual se mantiene una tendencia similar durante todo el bioensayo. Además se observa que existen diferencias significativas entre las 3 concentraciones de los tratamientos, siendo los tratamientos con concentración al 2% los que tienen una mayor altura.

4.2.2 Número de hojas

En el gráfico N°11 se observa el número de hojas por cada fuente de compost con concentraciones al 0%. La tendencia en los cuatro tratamientos es la misma, en la cuarta semana se observa un máximo de 4 hojas para cada tratamiento, en la sexta semana un máximo de 4.68 hojas y en la octava semana un máximo de 6 hojas. Esto se debe a que todos los tratamientos han sido probados con una concentración al 0%.

En el gráfico N° 12 se observa el número de hojas por cada fuente de compost con una concentración al 1%. En la cuarta semana hay 4 hojas para cada tratamiento. Pero a partir de la sexta semana hay un máximo de 5 hojas para el compost de gallina y el compost CONSAS. En la octava semana hay un máximo de 6.4 hojas para el compost CONSAS y un mínimo de 6.0 hojas para el compost de gallina y de caballo. El aumento del número de hojas para todos los tratamientos se debe a que el aumento de la concentración influye en la cantidad de hojas o materia vegetal producida.

En el gráfico N° 13 se observa el número de hojas por cada fuente de compost con concentración al 2%. En la cuarta semana hay 4 hojas para cada tratamiento. Pero a partir de la sexta semana hay 5 hojas en promedio para cada tratamiento. En la octava semana hay un máximo de 6.6 hojas para el compost de vacuno y el mínimo de 6.15 para el compost de gallina. Esto se debe a que el aumento de la concentración influye en la cantidad de hojas y materia vegetal producida.

En el cuadro N° 19 se observa que existen diferencias significativas en el promedio número de hojas de los tratamientos con compost de gallina y CONSAS con respecto a los que utilizan compost de caballo y vacuno. Esto debido a una mayor concentración de nitrógeno

en ambos tipos de compost. También se observa que existen diferencias significativas en el promedio número de hojas de los tratamientos a concentraciones de 2 % de compost respecto a los tratamientos a 1% de compost y el tratamiento testigo.

En el cuadro N° 20 se observa que existen diferencias significativas en el promedio número de hojas de los tratamientos que tienen compost de gallina con el resto de tratamientos , esto debido a un mayor porcentaje de nitrógeno y una menor conductividad eléctrica lo cual ayuda a la absorción de este elemento. También se observan diferencias significativas en el promedio número de hojas de los tratamientos con concentraciones al 1 y 2 % con los tratamientos testigo.

En el cuadro N° 21 existen diferencias significativas en el promedio número de hojas de los tratamientos que tienen compost de vacuno y CONSAS con los que tienen compost de caballo y gallina. También existen diferencias significativas en el promedio de número de hojas de los tratamientos con concentraciones de 2 y 1 % con los tratamientos testigos.

4.2.3 Diámetro de tallo

En el gráfico N°14 se observa el diámetro de tallo por cada fuente de compost con concentración al 0%. La tendencia en los cuatro tratamientos es la misma. En la cuarta semana se observa un máximo de 0.40 cm. de diámetro para cada tratamiento. En la sexta semana un máximo de 0.50 cm. de diámetro para cada tratamiento y en la octava semana un máximo de 0.60 cm. de diámetro. Esto se debe a que todos los tratamientos han sido probados con concentración al 0%.

En el gráfico N° 15 se observa el diámetro de tallo por cada fuente de compost con una concentración al 1%. En la cuarta semana hay un promedio máximo de 0.48 cm. de diámetro para el compost CONSAS y un mínimo de 0.44 cm. de diámetro para el compost de caballo. En la sexta semana hay un máximo de 0.62 cm. de diámetro para el compost CONSAS y un mínimo de 0.59 para el compost de caballo. En la octava semana hay un máximo de 0.84 cm. de diámetro para el compost de caballo y un mínimo de 0.76 cm. de diámetro para el compost CONSAS. El aumento del diámetro de tallo para todos los tratamientos se debe a que el aumento de la concentración influye en la cantidad de materia vegetal producida.

En el gráfico N° 16 se observa el diámetro del tallo por cada fuente de compost con una concentración al 2%. En la cuarta semana hay un promedio máximo de 0.52 cm. de diámetro para el compost de vacuno y un mínimo de 0.47 cm. para el compost de gallina. En la sexta

semana hay un promedio máximo de 0.65 cm. de diámetro para el compost de gallina y un mínimo de 0.50 cm de diámetro para el compost CONSAS. En la octava semana hay un máximo de 0.88 cm. de diámetro para el compost de gallina y un mínimo de 0.79 cm. de diámetro para el compost de vacuno. Esto se debe a que el aumento de la concentración influye en la cantidad de materia vegetal producida.

En el cuadro N° 22 se muestra que no existen diferencias significativas en el diámetro de tallo entre las diferentes fuentes de compost. Sin embargo existen diferencias significativas entre las concentraciones, presentándose un menor valor en los tratamientos a 0% con un promedio de 0.38 cm. Le siguen los tratamiento con 1% de concentración con un promedio de 0.46 y los tratamientos con 2 % con un promedio de 0.49 cm.

En el cuadro N° 23 existen diferencias significativas en los promedios de diámetro de tallo de los tratamientos con compost de gallina respecto a los demás tratamientos. El compost de gallina tiene como promedio de diámetro 0.59 cm siendo este el mayor valor. Existen diferencias significativas entre las concentraciones de 2% y 1% respecto a la que tiene 0%.

En el cuadro N° 24 de la semana 8 se aprecia que existen diferencias significativas en el promedio de grosor de caña de los tratamientos con concentraciones de 2 y 1 % de las diferentes fuentes con los tratamientos testigos.

4.2.4 Peso seco de hojas

En el gráfico N° 17 se observa la comparación del peso seco de hojas, según la concentración y fuente. Se puede observar que los mayores valores lo tiene los tratamientos con compost CONSAS al 1% (0.87 gr.) y compost Vacuno CONSAS al 2% (0.89 gr.).

En el cuadro N° 25 se observa que existen diferencias significativas en los tratamientos que tienen como fuente de compost CONSAS respecto a las demás fuentes. Esto debido a que este compost tiene un mayor contenido de nitrógeno y se mejora el nivel de absorción con el riego, ya que se lavan las sales, disminuyendo la conductividad eléctrica. También se observa que existe diferencia significativa entre las 3 concentraciones, siendo el de mayor valor al 2%, seguido del 1 % y por ultimo al 0%.

4.2.5 Peso seco raíz

En el gráfico N°18 se observa que el mayor peso seco de raíz lo obtuvo el compost de Gallina al 1% con 1.60 gr, seguido del compost de Caballo al 2 % con 1.50 gr.

En el cuadro N° 26 se observa que no existen diferencias significativas en el promedio peso seco de la raíz entre las diferentes fuentes de compost. También existen diferencias significativas en el promedio de peso seco de raíz de los tratamientos con 1 y 2 % de concentración de compost con los tratamientos al 0%.

4.2.6 Peso de materia seca

En el cuadro N° 27, se muestra la suma de los pesos de materia seca (hojas y raíz). Se observa que existen diferencias significativas entre el tratamiento con compost CONSAS respecto a los demás tratamientos. También se observa que existen diferencias significativas en los tratamientos con concentraciones al 1% y 2% respecto al 0%.

4.3 COSTO DE PRODUCCIÓN DE COMPOST

El cuadro N° 28 nos permite ver el costo de producción de compost por cada tratamiento. Para ello se consideró un gasto de 40 Nuevos Soles por jornada de ocho horas (mano de obra). Al residuo vegetal no se le considera un costo por ser material que se obtiene en forma gratuita como parte del manejo de residuos. Los estiércoles fueron obtenidos de la granja de Zootecnia, es comprado a cinco nuevos soles el saco.

El costo del E.M. casero es de aproximadamente 3 nuevos soles por los 3 litros. Considerando los costos de los insumos y preparación.

Por lo tanto, podemos observar que el tratamiento 1 (compost de Gallina) y el tratamiento 3 (Compost de vacuno) tienen el mayor costo por kg; por el contrario, el tratamiento 2 (Compost de Caballo) presenta el menor costo, debido al que la producción final en kilos es mucho mayor respecto a los otros 2.

4.4 CARACTERIZACIÓN DEL COMPOST

Los valores obtenidos cumplen con lo indicado por la norma chilena NCh 2880 (CONAMA 2004) la cual menciona que el pH del compost debe estar comprendido entre 5 y 8.5.

Los valores de conductividad eléctrica obtenidos cumplen con lo indicado por la norma chilena NCh 2880 (CONAMA 2004) la cual menciona que del compost debe estar comprendido entre 5 y 12 dS/m, por lo cual el compost estaría dentro de la clase B.

Los valores de materia orgánica obtenidos por encima del 25% recomendado por la norma chilena NCh2880, nos indican que el compost es de clase B, con capacidad para mejorar la

estructura de los suelos arenosos. En este caso los 4 tipos de compost cumplen con lo mencionado por la norma.

La norma chilena NCh2880 (CONAMA, 2004) recomienda un valor de concentración de nitrógeno con un valor mayor o igual a 0.5 %. En este caso los cuatro tipos de compost cumplen con lo mencionado. Cabe destacar que la norma chilena no indica valores para fósforo y potasio.

La norma chilena NCh2880 (CONAMA, 2004) indica que un compost tiene condiciones aceptables para su uso cuando su contenido de humedad está entre 30 y 45 %. A excepción del compost CONSAS que presenta un porcentaje de humedad de 12.75%.

La norma Chilena NCh2880 (CONAMA, 2004) no indica valores para Fe, CaO, MgO, Na, Fe, Mn y B, sin embargo existen diferentes estudios de producción de compost que analizan los contenidos de Ca, Mg y Na, para este análisis citaremos a Stern y Prava (1999) quienes evaluaron la calidad de un compost producido a partir de estiércol de vacuno y restos vegetales registrando 1.5, 0.2 y 0.17 para Ca Mg y Na respectivamente. Los valores obtenidos en estos 3 elementos son superiores a los obtenidos por Stern y Prava (1999).

La norma chilena NCh2880 (CONAMA, 2004) nos indica valores para metales pesados, en el caso del Cd cumple para ser un compost de tipo B, en el caso del resto de metales pesados como el Cu, Cr, Pb cumplen con los valores para que estén considerados como del tipo A.

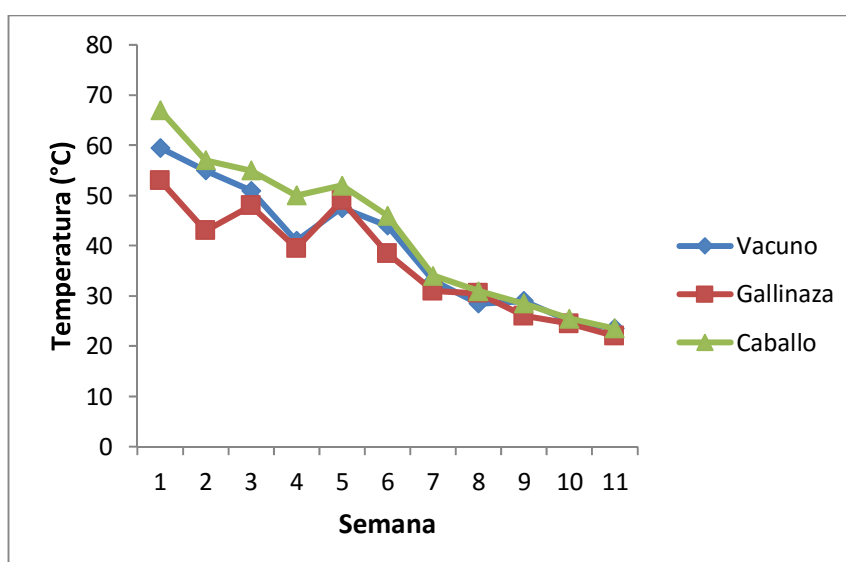


Gráfico N° 4: Control de la Temperatura de los compost de vacuno, gallina y caballo; durante 12 semanas.

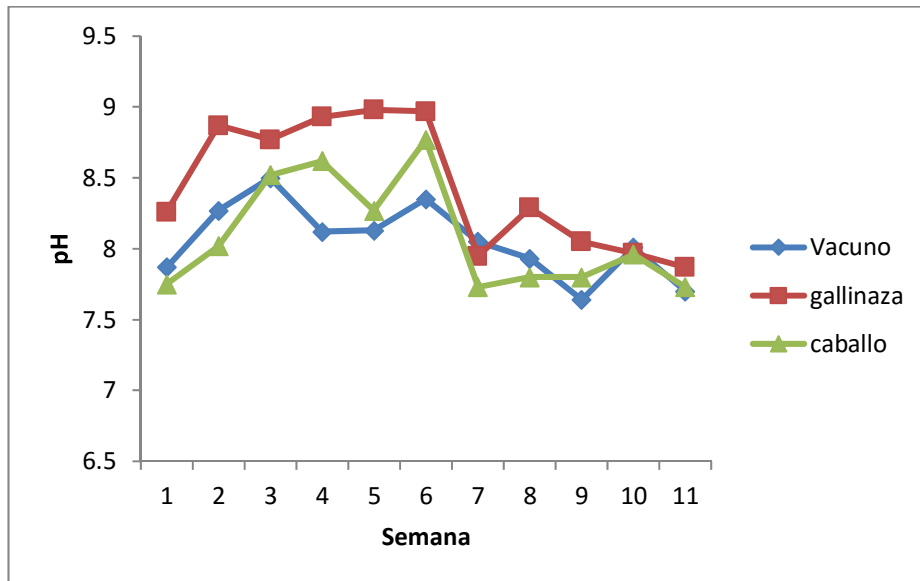


Gráfico N° 5: Variación del pH en el proceso de compostaje

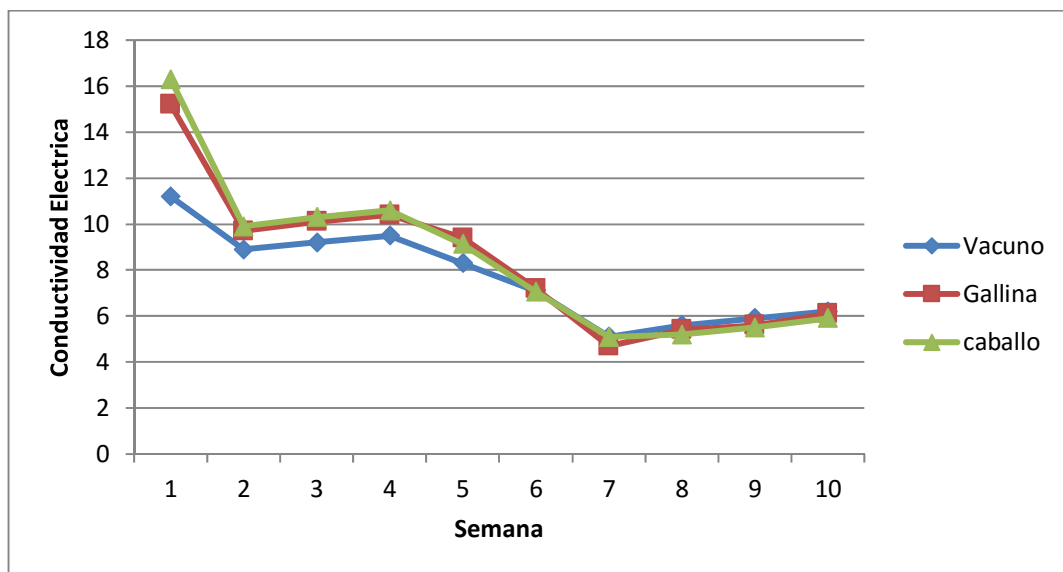


Gráfico N° 6: Variación de la conductividad eléctrica en el proceso de compostaje.

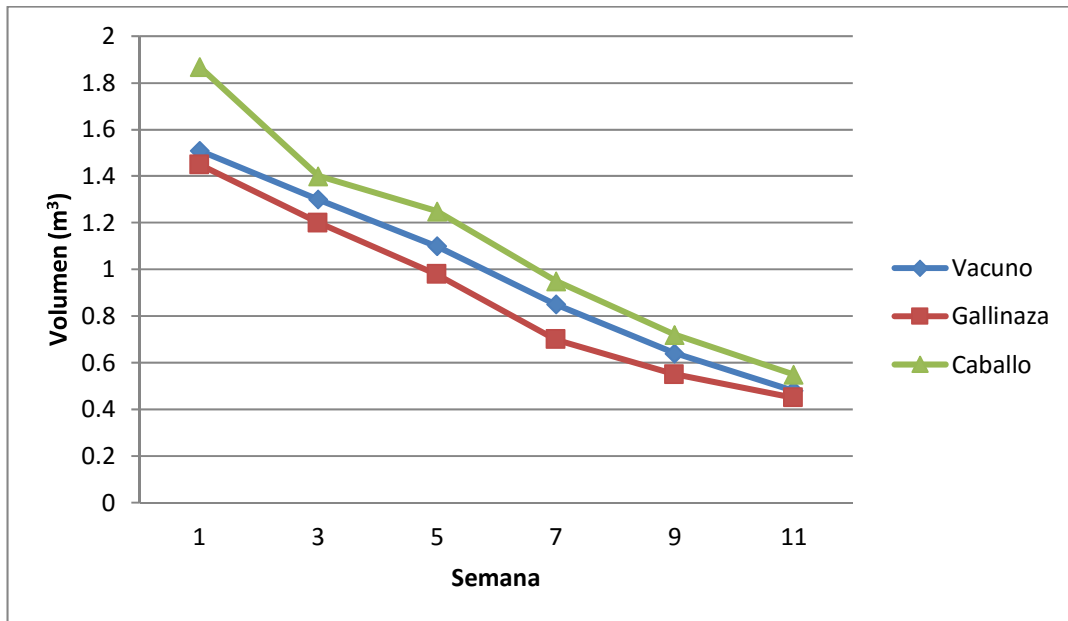


Gráfico N° 7: Volumen de compost en m³

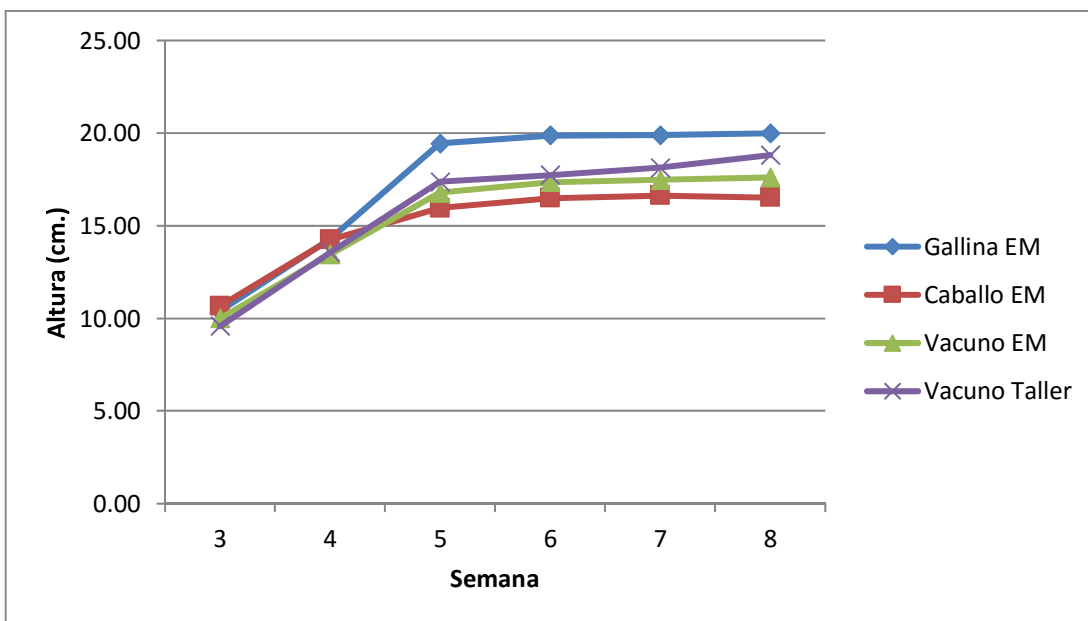


Gráfico N° 8: Altura de las plantas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones al 0%.

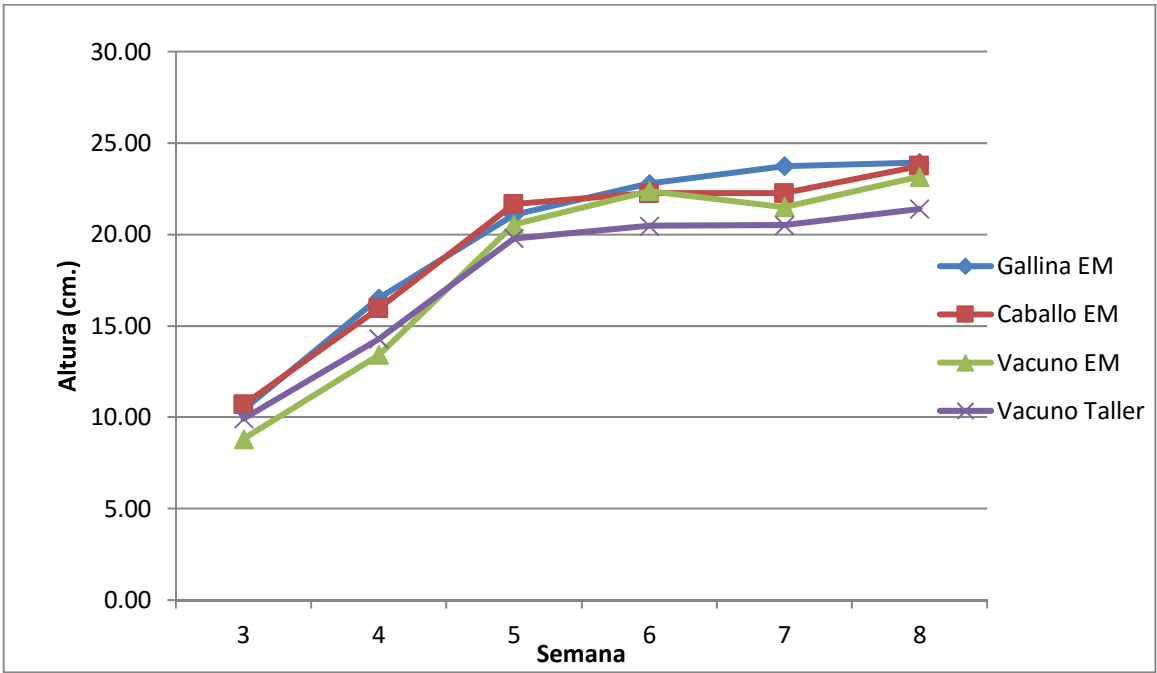


Gráfico N° 9: Altura de las plantas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones al 1%.

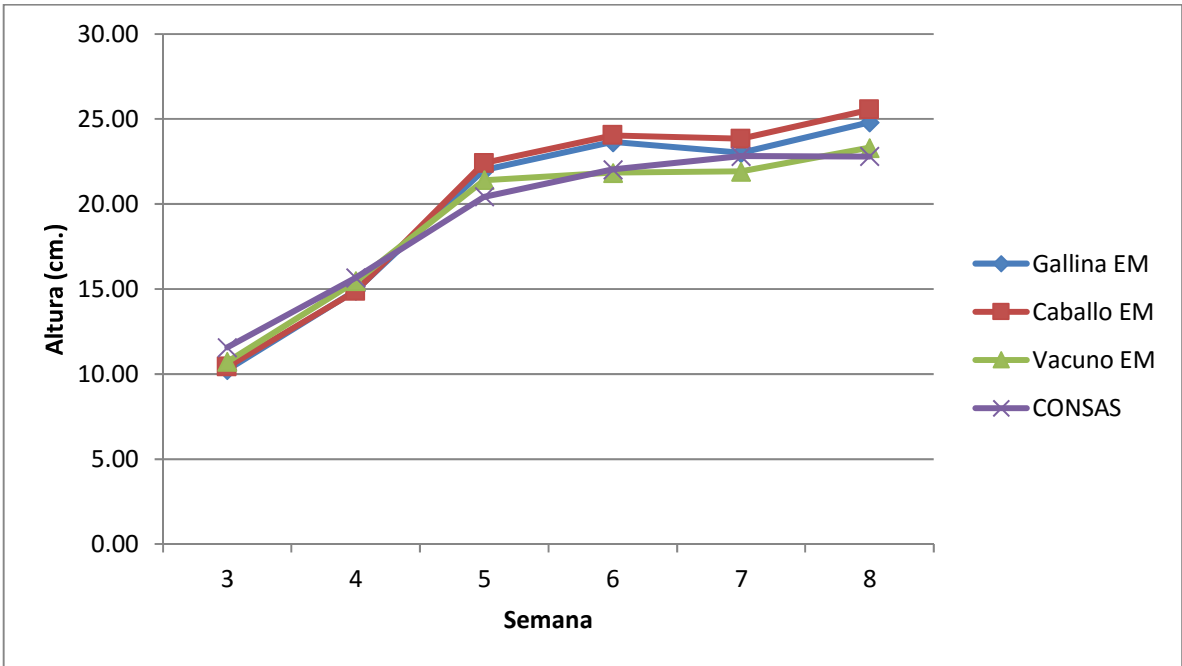


Gráfico N° 10: Altura de las plantas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones al 2%.

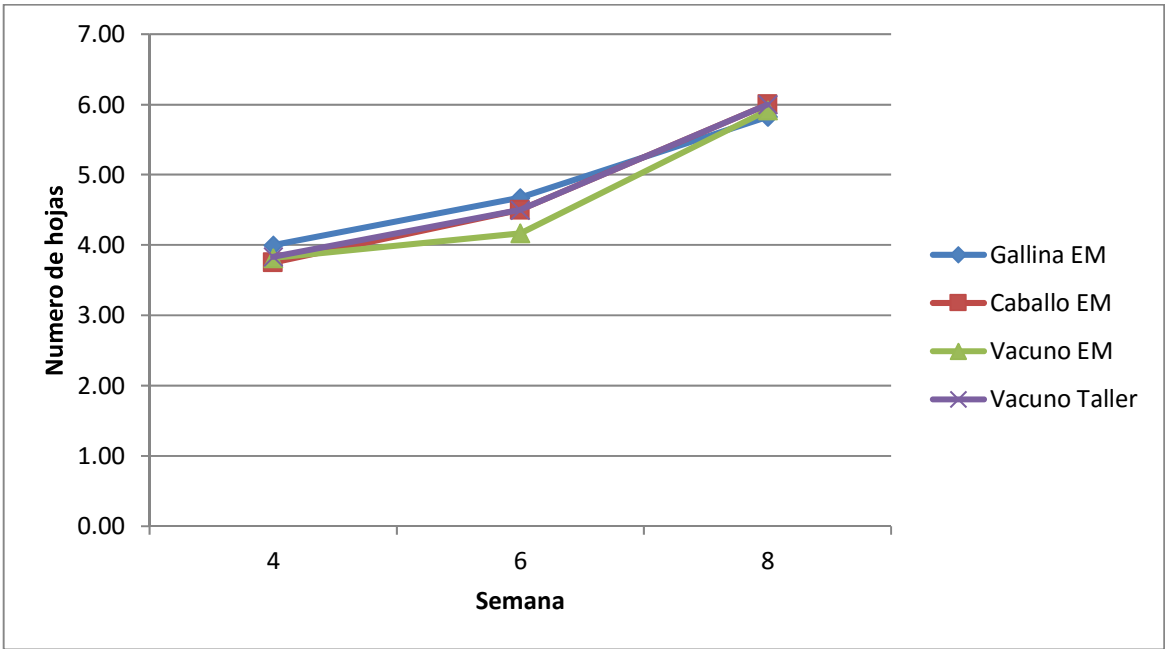


Gráfico N° 11: Numero de hojas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 0%.

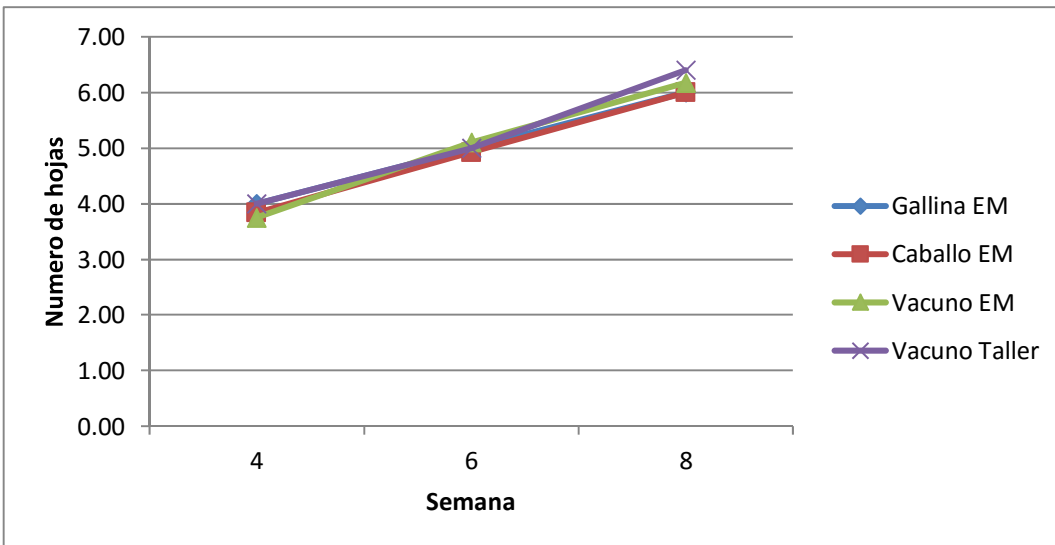


Gráfico N° 12: Numero de hojas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 1%.

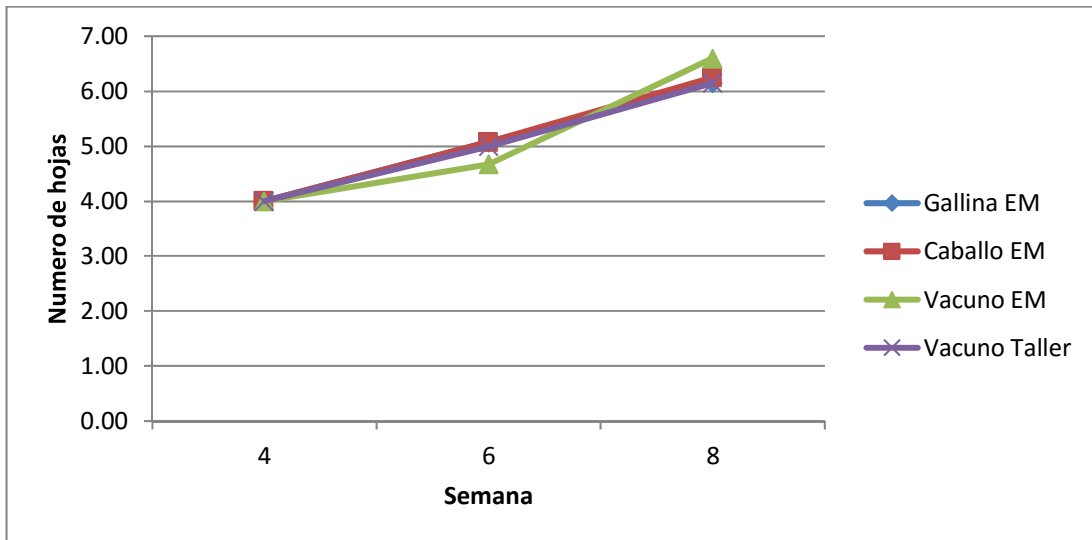


Gráfico N° 13: Numero de hojas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 2%.

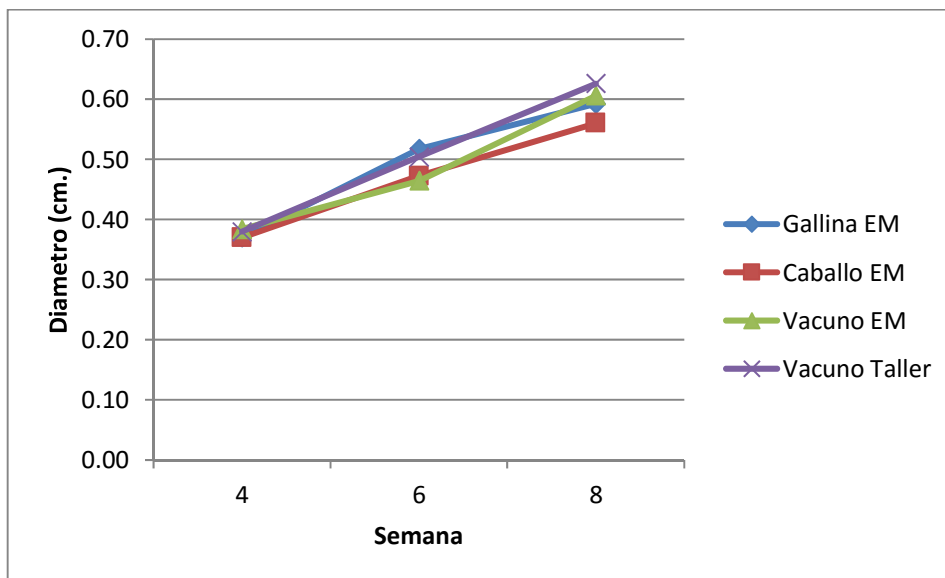


Gráfico N° 14: Diámetro de tallo en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 0%.

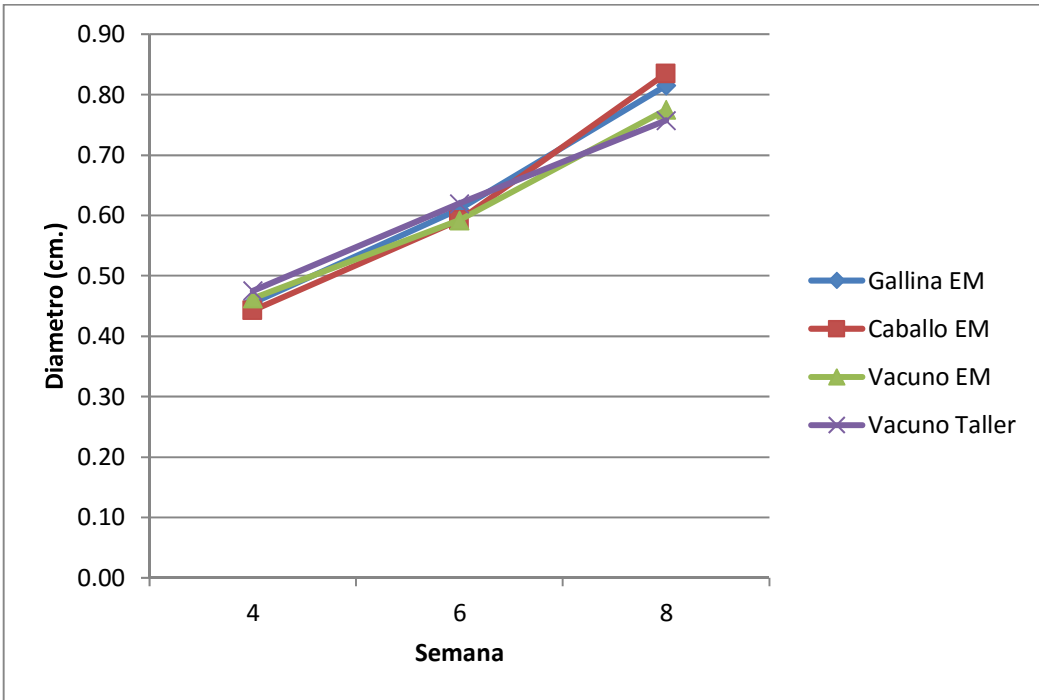


Gráfico N° 15: Diámetro de tallo en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 1%.

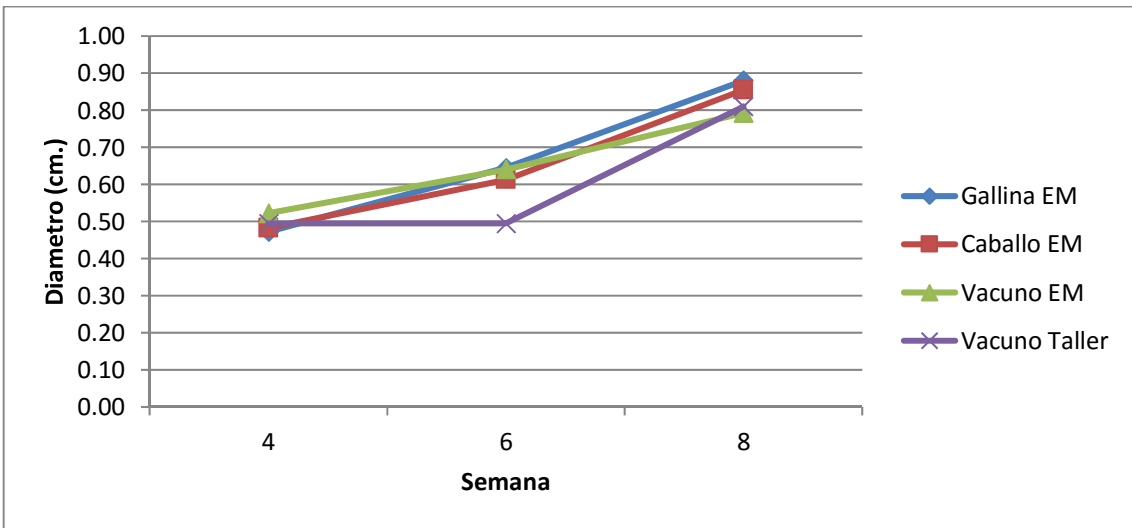


Gráfico N° 16: Diámetro de tallo en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 2%.

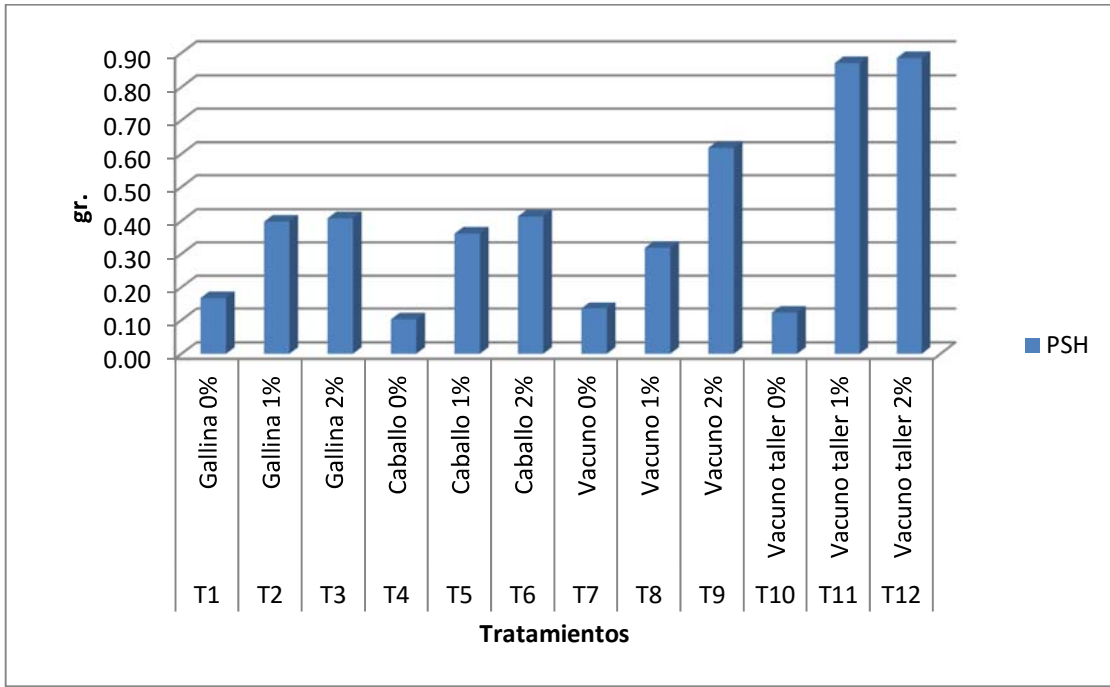


Gráfico N° 17: Materia seca de hojas en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 0%, 1% y 2%.

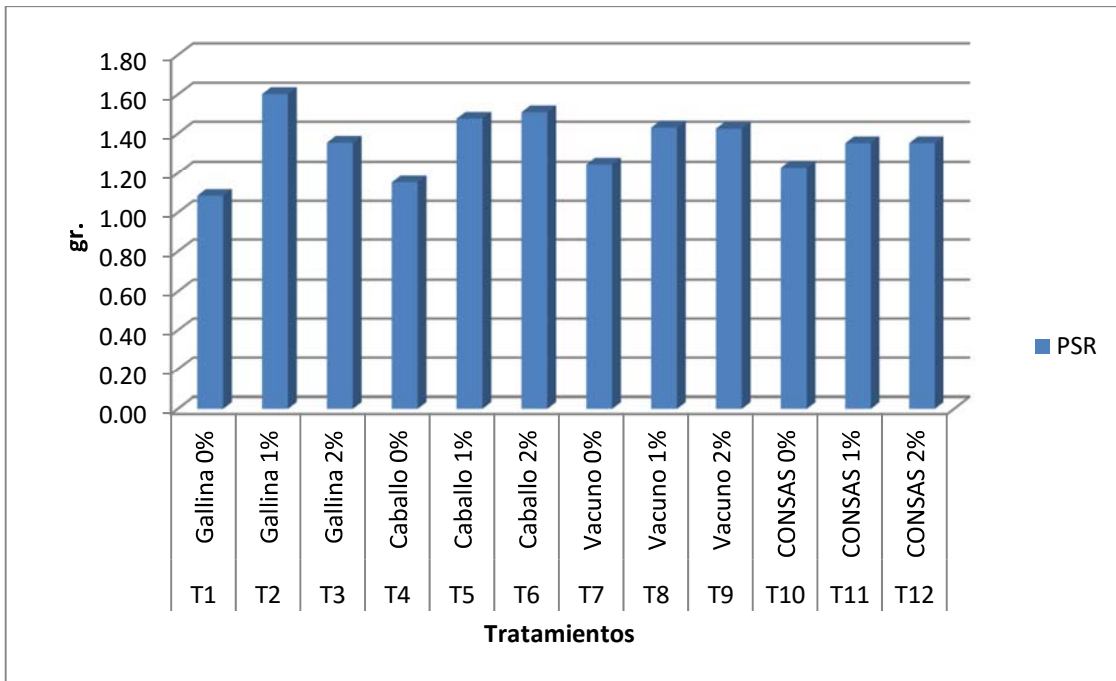


Gráfico N° 18: Materia seca de raíces en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y concentraciones de 0%, 1% y 2%.

Cuadro N°7: Relación C/N de la pilas de compost al inicio del proceso de compostaje.

ESTIERCOL	C/N
Vacuno	29.94
Gallina	27.76
Caballo	32.76

Cuadro N° 8: Relación C/N de los tratamientos en el producto final.

COMPOST	C/N
CONSAS	10.95
Vacuno	11.60
Gallina	12.54
Caballo	15.89

Cuadro 9: Relación C:N FINAL / C:N INICIAL

Tratamientos	C/N final : C/N inicial
Vacuno	0.38
Gallina	0.45
Caballo	0.48

Cuadro N° 10: Concentración de metales pesados de los compost obtenidos

Metal pesado (ppm)	Vacuno			
	CONSAS	Vacuno	Gallina	Caballo
Cadmio	4	4	4	3
Cromo	22	20	20	20
Plomo	58	44	45	52

(Análisis realizado por: Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilidad de la UNALM.)

Cuadro N° 11: Concentración de metales pesados según normas internacionales

Metal pesado	Concentración (ppm)			
	Compost tipo A		Compost tipo B	
	A	B	A	B
Cadmio	2	8	1	3
Cromo	120	600	70	250
Plomo	100	300	120	200
	Norma Chilena		Norma Austriaca	

Fuente: Norma Chilena N° 2880, 2005, Binner (2006)

Cuadro N°12: Rendimientos obtenidos al final del proceso de compostaje.

	Gallina EM	Caballo EM	Vacuno EM
Peso inicial (kg)	716.94	835.38	723.54
Peso final (kg)	222.50	245.70	230.00
Peso perdido en %	68.97	70.59	68.21
Volumen final (m³)	0.45	0.55	0.48
Peso tamizado (kg)	120.00	153.50	130.00
Volumen tamizado (m³)	0.20	0.35	0.28
Densidad Aparente(g/cm³)	0.60	0.44	0.46
Peso merma (kg)	102.50	92.20	100.00
Volumen merma (m³)	0.25	0.20	0.20

Cuadro N°13: Altura de las plantas de maíz (cm) en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y 3 diferentes concentraciones en la semana 3.

Tipo de compost	Concentraciones			Promedios
	2%	0%	1%	
Caballo	10.42	10.68	10.68	10.59 ^a
Gallina	10.25	10.40	10.41	10.35 ^a
CONSAS	11.57	10.58	9.92	10.35 ^a
Vacuno	10.72	10.00	8.82	9.85 ^a
Promedios	10.74 ^a	10.16 ^a	9.57 ^a	

Cuadro N°14: Altura de plantas de maíz (cm) en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 4.

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	2%	1%	0%	
Gallina	14.92	16.51	14.27	15.23 ^a
Caballo	14.88	15.96	14.25	15.03 ^{ab}
CONSAS	15.67	14.29	13.55	14.50 ^{ab}
Vacuno	15.46	13.41	13.45	14.11 ^a
Promedios	15.23 ^a	15.04 ^a	13.88 ^b	

Cuadro N°15: Altura de plantas de maíz (cm) en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 5.

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	2%	1%	0%	
Gallina	22.00	21.06	19.45	20.83 ^a
Caballo	24.04	22.25	16.49	20.01 ^{ab}
Vacuno	21.42	20.54	16.79	19.58 ^b
CONSAS	20.43	19.79	17.38	19.20 ^b
Promedios	21.56 ^a	20.77 ^a	17.39 ^b	

Cuadro N° 16: Altura de plantas de maíz (cm) en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 6.

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	2%	1%	0%	
Gallina	23.65	22.77	19.88	22.10 ^a
Caballo	24.04	22.25	16.49	20.93 ^b
Vacuno	21.84	22.38	17.36	20.52 ^b
CONSAS	22.03	20.46	17.74	20.08 ^b
Promedios	22.89 ^a	21.97 ^b	17.87 ^c	

Cuadro N° 17: Altura de plantas de maíz (cm) en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 7

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	2%	1%	0%	
Gallina	23.00	23.73	19.89	22.21 ^a
Caballo	23.84	22.25	16.63	20.90 ^b
CONSAS	22.83	20.50	18.12	20.48 ^b
Vacuno	21.92	21.50	17.47	20.30 ^b
Promedios	22.89 ^a	22.00 ^a	18.03 ^b	

Cuadro N° 18: Altura de plantas de maíz (cm) en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 8.

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	2%	1%	0%	
Gallina	23,00	23.73	19.89	22.91 ^a
Caballo	23.84	23.73	16.53	21.93 ^{ab}
Vacuno	23.32	23.16	17.61	21.36 ^b
CONSAS	22.80	21.39	18.82	21.00 ^b
Promedios	24.12 ^a	23.05 ^b	18.24 ^c	

Cuadro N° 19 Número de hojas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 4.

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	2%	1%	0%	
Gallina	4.00	4.00	4.00	4.00 ^a
CONSAS	4.00	4.00	3.83	3.94 ^{ab}
Caballo	4.00	3.84	3.75	3.86 ^b
Vacuno	4.00	3.75	3.82	3.86 ^b
Promedios	4.00 ^a	3.90 ^b	3.85 ^b	

Cuadro N° 20 Número de hojas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 6.

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	1%	2%	0%	
Gallina	5.00	5.08	4.68	4.92 ^A
Caballo	4.93	5.07	4.00	4.83 ^{AB}
Vacuno CONSAS	5.00	5.00	4.50	4.83 ^{AB}
Vacuno	5.10	4.68	4.10	4.65 ^B
Promedios	5.01 ^A	4.96 ^A	4.46 ^B	

Cuadro N° 21 Número de hojas de maíz en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y a 3 concentraciones diferentes en la semana 8.

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	2%	1%	0%	
Vacuno	6.60	6.18	5.91	6.23 ^A
CONSAS	6.15	6.4	6.00	6.18 ^A
Caballo	6.25	6.00	6.00	6.08 ^{AB}
Gallina	6.15	6.00	5.83	5.99 ^B
Promedios	6.29 ^A	6.14 ^A	5.94 ^B	

Cuadro N° 22: Diámetro de tallo en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y 3 diferentes concentraciones en la semana 4.

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	2%	1%	0%	
Vacuno	0.52	0.46	0.38	0.46 ^a
CONSAS	0.49	0.48	0.38	0.45 ^a
Gallina	0.47	0.46	0.37	0.43 ^a
Caballo	0.48	0.44	0.37	0.43 ^a
Promedios	0.49 ^a	0.46 ^b	0.38 ^c	

Cuadro N° 23: Diámetro de tallo en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y 3 concentraciones diferentes en la semana 6.

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	1%	2%	0%	
Gallina	0.61	0.65	0.51	0.59 ^a
Vacuno	0.59	0.64	0.47	0.57 ^{ab}
Caballo	0.59	0.61	0.47	0.56 ^b
CONSAS	0.62	0.49	0.51	0.54 ^b
Promedios	0.60 ^a	0.60 ^a	0.49 ^b	

Cuadro N° 24: Diámetro de tallo en los tratamientos con 4 diferentes fuentes de compost y 3 concentraciones diferentes en la semana 8.

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	2%	1%	0%	
Gallina	0.88	0.82	0.59	0.76 ^a
Caballo	0.86	0.84	0.52	0.74 ^a
CONSAS	0.81	0.76	0.63	0.73 ^a
Vacuno	0.79	0.78	0.61	0.73 ^a
Promedios	0.83 ^b	0.80 ^b	0.59 ^b	

Cuadro N° 25: Peso seco de hojas con 4 fuentes diferentes de compost y 3 concentraciones diferentes.

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	2%	1%	0%	
CONSAS	0.89	0.87	0.12	0.63 ^a
Vacuno	0.62	0.32	0.14	0.36 ^b
Gallina	0.41	0.40	0.17	0.32 ^b
Caballo	0.41	0.36	0.10	0.29 ^b
Promedios	0.58 ^a	0.49 ^b	0.13 ^c	

Cuadro N° 26: Peso seco de raíces con 4 fuentes diferentes de compost y 3 concentraciones diferentes

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	1%	2%	0%	
Caballo	1.48	1.51	1.16	1.38 ^a
Vacuno	1.43	1.42	1.25	1.37 ^a
Gallina	1.60	1.36	1.09	1.35 ^a
Vacuno CONSAS	1.35	1.35	1.23	1.31 ^a
Promedios	1.47 ^a	1.41 ^a	1.18 ^b	

Cuadro N° 27: Peso de la materia seca con 4 fuentes diferentes de compost y 3 concentraciones diferentes

Tipos de compost	Concentraciones			Promedios
	2%	1%	0%	
Vacuno CONSAS	2.24	2.22	1.35	1.94 ^a
Vacuno	2.04	1.75	1.38	1.72 ^b
Gallina	1.76	2	1.25	1.67 ^b
Caballo	1.92	1.84	1.23	1.67 ^b
Promedios	1.99 ^a	1.95 ^a	1.31 ^b	

Cuadro N° 28: Análisis de costo en la obtención de compost.

ITEM	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Tratamiento		
				Gallina	Caballo	Vacuno
Mano de Obra	Jornales	40.0	2.0	26.7	26.7	26.7
Residuo Vegetal	m3	0.0	2.4	-	-	-
Estiércol	Sacos	5.0	18.0	30.0	30.0	30.0
Preparación de EMC	Litro	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0
Total Costo				57.7	57.7	57.7
Kilos producidos				120.0	153.0	130.0
				S/.	S/.	S/.
Costo por Kilo				0.48	0.38	0.44

Cuadro N° 29: Propiedades Fisicoquímicas del proceso de compostaje.

Características	Compost CONSAS	Compost vacuno	Compost gallina	Compost caballo
pH	6.88	7.85	7.89	7.76
CE (dS/m)	8.64	6.2	6.1	5.9
MO %	29.63	28.2	30.7	32.87
N %	1.57	1.41	1.42	1.2
P₂O₅ %	3.23	3.38	3.44	2.93
K₂O %	0.66	1.27	1.12	1.85
CaO %	4.94	4.31	4.48	4.34
MgO %	1.23	1.36	1.5	1.32
Hd %	12.75	40.05	40.64	37.53
Na %	0.2	0.36	0.36	0.28
Fe ppm	7980	8818	9113	9225
Cu ppm	60	98	100	54
Zn ppm	69	68	68	67
Mn ppm	479	460	454	426
B ppm	38	32	30	34
Pb ppm	58	44	45	52
Cd ppm	4	4	4	3
Cr ppm	22	20	20	20

V. CONCLUSIONES

- La calidad del proceso de compostaje en todas las pilas ha sido eficiente pues alcanzaron la fase termofílica durante la tercera semana. La pila que presentó mayor valor fue la pila de estiércol de caballo con 57 °C, seguido de la pila de estiércol de vacuno con una temperatura de 51 °C. La que obtuvo un menor valor fue la pila con estiércol de gallina por presentar problemas de anaerobiosis por la alta humedad que presentaba.
- EL uso de EMC beneficia al agricultor y al medio ambiente, ya que reutiliza los desechos orgánicos para producir compost.
- El volumen final del proceso de compostaje tuvo un rendimiento para el compost de gallina de 31%, para el compost de caballo 29% y para el compost de vacuno 31%.
- La relación C/N para el compost de vacuno fue de 11.60, para el compost de gallina 12.54 y para el compost de caballo 15.89.
- Existe mayor presencia de contaminantes fitotóxicos para los tratamientos con compost de vacuno ya que el porcentaje de germinación según el test de Zucconi fueron 52.79% para el compost de vacuno y 68.19% para el compost CONSAS.
- El Test de Madurez nos indica que el índice de germinación mayor a 80% son compost maduros. Entre ellos tenemos al compost de caballo con un 90% de germinación, el compost de gallina con 85% y el compost de vacuno con 80%.
- La altura, el peso foliar, el peso seco de raíz y el diámetro de tallo de plántulas de maíz mejoran cuando se aumenta la concentración de compost utilizada.
- Los pesos secos de hojas más elevados se registraron en los tratamientos con compost de vacuno del taller, como consecuencia a la mayor presencia de nitrógeno, según el análisis de laboratorio.

VI. RECOMENDACIONES

1. Investigar el mejor momento para incorporar los EMC.
2. Realizar un análisis microbiológico de los EMC para la identificación de las cepas.
3. Repetir el experimento con diferentes concentraciones de EMC para saber cuál es las concentraciones más adecuadas y eficientes a la que actúan mejor los EMC.
4. Es necesario investigar primero la biomasa disponible, sus características biológicas y ecológicas y evaluar el impacto de la extracción sobre el ecosistema, para realizar un manejo adecuado de este recurso.
5. Realizar estudios sobre el efecto residual de las aplicaciones de compost sobre la calidad resultante de los suelos.
6. Investigar los límites de tolerancia para el cultivo de maíz mediante las ecuaciones de rendimiento relativo desarrolladas por Mass&Hoffman (1977), ya que este trabajo se ha observado una buena producción de materia seca en niveles de salinidad superiores a los considerados como críticos en las tablas de Mass.
7. Realizar un estudio estadístico para determinar el número óptimo de muestras que se deben tomar en una pila de compostaje, para cada variable a estudiar.
8. Repetir este experimento con otros tipos de estiércol, con el fin de hallar el tipo de estiércol más adecuado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agudelo, L. 2006. Formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá. En: Anexos expertos Visión Regional. Subdirección de comunicaciones Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín.
- Alarcón, F. 2004. Evaluación del uso de diferentes técnicas biotecnológicas y producción de compost. Tesis impresa. Escuela de Post Grado Especialidad en Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Alvarado, P. 2004. Producción de compostaje. Facultad de Agronomía Universidad de Chile. Consultado el 27 de enero de 2014. Disponible <http://www.cnpl.cl/documentos/doc/manualesgenerales/manualdecompostaje.pdf>.
- Álvarez, J. 2008. Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica. Consejo Agrícola y Pesca. Junta de Andalucía. 48 pp.
- Alexander, M. 1977. Introduction to soil microbiology. p. 250-255. En J. Wiley and sons (eds). New York.
- Amlinger, F.; Peyr, S.; Geszti, J.; Dreher, P.; Weinfurter, K.; Nortcliff, S. 2007. Beneficial Effects of Compost, Application on Fertility and Productivity of Soils. Ministerio Federal de Agricultura y Silvicultura, Medio Ambiente y Manejo de Agua. Austria.
- Añaños, R; Lozano O. y Santa Cruz Y. 2004. Elaboración de Criterios Técnicos de Calidad para la Evaluación de Compost. Tesis impresa. Ciclo Optativo de Profesionalización en Gestión de la Calidad y Auditoría Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Bazan, R. 1996. Manual para el análisis químico de suelos, aguas, plantas. UNALM. Fundación Perú. Lima. 55 pp.
- Becerra, R. 1994 "Evaluación del efecto de tres niveles y cinco tipos de estiércol en el desarrollo de la lombriz *Eisenia foetida* L., y en las propiedades del humus. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Lima-Perú 129 pp.
- Binner, B. 2002. Compostaje de Residuos Orgánicos. Universidad de Viena. Instituto de Residuos Sólidos, Austria.

- Bongeman V, E., 2003. Guía para compostaje y manejo de suelos. Convenio Andrés Bello CAB, serie ciencia y tecnología, Bogotá, (110), 32 pp.
- Brady, N., Weil, R., 2008. The Nature and Properties of Soils. 14th edition. Pearson Prentice Hall. USA. 990 pp.
- Bruzon, C. 1996. Importancia y aplicaciones de los sustratos orgánicos. Instituto de estudios ambientales IDEA. Memorias del curso Taller Alternativas para Disminuir los Impactos Ambientales en los Sistemas de Producción Agropecuaria: Aspectos Técnicos y Legales. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. pp 1-12.
- Cariello, M., Castañeda, L., Riobo, I., González, J. 2007. Inoculante de Microorganismos Endógenos para Acelerar el Proceso Compostaje de Residuos Sólidos Urbanos. Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Entre Ríos-Argentina.
- Carrión, G. 2005. Apuntes de clase de Nutrición Ambiente y Manejo de Desechos pecuarios. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Zootecnia. Perú.
- Castro, J. y Hermosa, A. 2006. Utilización de los Residuos de la Industria forestal: Aserrín, para la elaboración de compost. Tesis de ing. Forestal. Universidad Agraria La Molina.
- Cegarra, J. 2004. 506 Effects of the forced ventilation on composting of a solid olive-mill by-product 507 ("alperujo") managed by mechanical turning.
- CESTA (Centro Salvadoreño de Tecnología Apropriada). Amigos de la Tierra. s.f. Manual para hacer Composta Aeróbica. Consultado el 08 de Setiembre de 2014. Disponible en: <http://www.cesta-foe.org/recursos/pdfs/composta.pdf>
- Clairon, M, ; C. Zinsou and D. Nagoud. 1982. Etude des possibilités d'utilisation agronomique des compost d'ordures ménagères en milieu tropical. 1. Compostage des ordures ménagères. Agronomie 2: 295-300.
- Climent M, M.D, Abad B, M., Aragon R, P., 1996. El compost de Residuos Sólidos Urbanos (R.S.U), sus características y aprovechamiento en la Agricultura. Ediciones y promociones LAV, SL. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia-España, pp. 57-71.
- Corbit, R., 2003. Manual de referencia de ingeniería medioambiental. BradgeMcGRAW-Hill interamericana de España, S.A.U., Madrid, pp. 8.163-8.168

- Cumba, A. 2004. Enmiendas de suelos. Minerales del Recreo S.A. Córdoba-Argentina. 19 pp.
- Dalzell H. W.; Biddlestone A. J.; Gray K. R. y Turairajan K. 1991. Manejo del suelo: Producción y uso del composte en ambientes tropicales. Boletín de suelos de F. 56. 178p.
- EM Research Organization, 2006 (En línea). (Consultado 28 de enero Disponible en URL: <http://emro.co.jp/English/>).
- Estrada, J., Villachica, L., Morales, F. y Bazán T. 1986. Manual de práctica edafología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agro Departamento de suelos y fertilizantes. Lima. Perú.
- Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica (FIGM 2006. Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica n Consultado el 20 de Marzo de 2014. Disponible http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S15610888200600010001
- Florez-Margez, J., Fynn, R., Lindemann, W., y Remmenga, M. 2000. Total nitrogen content of dairy manures in New Mexico. Agricultural experimental station, bulletin 785, Colege of Agriculture and home Economics, NMSU.
- -Garcia, C., Hernandez, T., Costa, F., 1991. Changes in carbon fractions during composting and maturation of organic wastes. Environ. Manage. 15, 433–439.
- Gomero, L. 1999. Manejo Ecológico de Suelos:Conceptos, Experiencias y Técnicas.Primera Edición. Editado por la Red de Acción en Alternativas al Uso de Agroquímicos (RAAA). Lima,Perú.
- Guerrero, J. 1993. El Compost un abono orgánico compuesto para mejorar y dar vida a nuestros suelos. Taller de Conservación de suelos y agricultura sostenible. UNALM. Lima, Perú.
- Haug, R.T. 1993. The Practical Handbook of compost Engineering. Lewis Publishers, Boca de Raton, FL.
- Iglesias J.E. and Pérez G.V. (1989). Evaluation of city refuses compost maturity: A review. Biol. Waste 27, 115-142.
- Instituto Nacional de Normalización, 2004. Norma Chilena Oficial: Compost-Clasificación y requisitos. NCH2880.Of2004. 27 pp.

- IICA. Instituto Interamericano de cooperación para la lombricultura. (1998). Manejo agrícola del suelo. 1ra ed. Ecuador: IICA.
- Iparraguirre, R. 2007. Tipos de excretas y degradación aeróbica del estiércol en el compostaje. Tesis Zootecnista. UNALM. Lima-Perú.
- Jackson, M.L. 1970. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega. España. 662 pp.
- Johnson, E.W. 1980. Comparison of methods for analysis for loamless composts. Acta Horticulturae, 99: 197-204.
- Kiehl, F.J. 1985. Fertilizantes orgánicos. Editora Agronômica Ceres Ltda, São Paulo.
- Labrador M, J. 2001. La materia orgánica en los agrosistemas, 2da Edición. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona.
- La Rosa, D. 2000. Efecto de cuatro abonos orgánicos en el rendimiento de los cultivos de col y coliflor en la Molina. Tesis de Ing. Agrónomo. UNALM.
- León, R. y Aguilar, A. 1987. Materia Orgánica. Análisis Químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad mexicana de la ciencia del suelo. México. 49 pp.
- LEY N° 27314. 2000. “Ley general de residuos sólidos”. Lima – Perú.
- Llunch, C., Lopez, M., Barranco-Gresa J., Tejera N., Herrera-Cervera J. 2007. XXIII Reunión Latinoamericana de Rizobiología- Memorias (RELAR). Córdoba-Argentina.
- Meza, V. 2009. Curso Internacional Diseño de Planta de compostaje y Evaluación de la Calidad del Compost. CEMTRAR-UNALM. Lima-Perú.
- Millar, C., Turk, L. y Foth, H. 1962. Edafología: Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. Continental. México.
- Moreno, J. y Moral, R. 2008. Compostaje. Editorial Mundi-Prensa Libros. Madrid. España. 570 pp.
- Mouat, M.C., 1975. Absorption by soil of water-soluble phosphate from eartwor cast: Plant and soil, Universidad Nacional, Palmira, pp. 13-15.
- Nogales, R, F Gallardo-Lava, y M. Delgado, 1982. Aspectos físicos-químicos y microbiológicos de compostaje de basuras urbanas. Análisis de Edafología y agrobiología. Tomo 41 (5-6) 1159-1174.
- Noguera, V., Abad, M., Abad, M., Noguera, P., 1999. Valorización de residuos orgánicos en agricultura sostenible. Dpto. Producción vegetal. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia. Red temática “Agricultura Sostenible”.

- Ocampo, J; Robles D. y Wu A. 2002. El compostaje como método de biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. Tesis impresa. Ciclo Optativo de Profesionalización en Gestión de la Calidad y Auditoría Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Okumoto, S. 2003. Earth Costa Rica. Costa Rica. Consultado 29 de enero del 2014. Disponible en: <http://netobjects.com>.
- Opazo, M. 1991. Manual para tratamiento integral de Basura – Reciclaje y producción de compost.
- Rivero, C. 1999. Materia Orgánica del Suelo. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Venezuela. pp. 110-143.
- Roben, E., 2002. Manual de compostaje para Municipios. DED., (Ed), Loja, Ecuador, 68 pp.
- Robert Rynk, Maarten van de Kamp, George B. Willson, Mark E. Singley, Tom L. Richard, John J. Kolega, Francis R. Gouin, Lucien Laliberty Jr., David Kay, Dennis W. Murphy, Harry A.J. Hoitink, William F. Brinton. Editado por Robert Rynk. On-Farm Composting Handbook. 1992. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. N.Y. EE.UU.
- Salas, M. Paredes O.; Castillo C.; Carlotto V.; Samanez R. y Rojas, J. 1998. Cusco Medio Ambiente y Desarrollo Urbano. Editorial Universitaria – UNSAAC. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Perú. Pp 24-44.
- Sarmiento, S. 1999. Efecto de tres tipos de estiércol en algunas propiedades químicas del humus producido por la lombriz (*Eisenia foetida*) y su efecto en la producción de semilla pre-básica de papa var. “Perricholi”. Tesis para optar por el título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Perú. 106 pp.
- Selke, W. 1968. Los Abonos. Editorial Academia 441p.
- Soliva, M (2001) Compostatje i gestió de Residuos Orgánicos. Diputació de Barcelona, Barcelona.
- Soto, G. 2003. Abonos Orgánicos, Principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. Gloria Meléndez, Abonos Orgánicos; definiciones y procesos, Centro agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). San José. pp 20-49.

- Stern, D. Y Prava, M. 1999. Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos Organización Panamericana de la Salud. Universidad Nacional de Colombia, 1996.
- Stoffella, P. 2005. Utilización de compost en los sistemas de cultivos ho Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. Consultado el 08 de septiembre de Disponible
<http://books.google.com.pe/books?id=qiVQOERQSOIC&printsec=frontcover#v=onep=&f=false>
- Suler, D., Finstein, S. 1977. Effect of Temperature, Aeration, and Moisture o Formation in Bench-Scale, continuously Thermophilic Composting of Solid Waste. Appl. Environ. Microbiol., 33 (2): 345-350.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S., 1994. Gestión integral de residuos sólidos. Mc Graw Hill Interamericana de España, s.a. Madrid 2pp. 781-783.
- Tetra Tech ES Inc. 2003. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional Experiencias Internacionales En El Composteo De Residuos Sólidos Orgánicos.
- The waste and resources action programme (WRAP). 2002. Nacion Specific Suplents 1–19. Publish by WARP which is a public – private joint programme promoted by DEFRA (The UK Ministry of Enviroment anb Agriculture). 125 pp.
- Ugás, R., Siura S., Delgado de la Flor, F., Casas, A., Toledo, J. 2000. Hortalizas. Datos Básicos. Programa de Hortalizas. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 156 pp.
- Uribe, J., Estrada, M., Córdoba, S., Hernández, L. y Bedoya, D. 2001. Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. Facultad de Zootecnia Universidad de Antioquia. Rev Col Cienc Pec Vol. 14: 2, 2001.
- Varnero, M., Rojas C. y Orellana, R. 2007. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. Suelo Nutr. Veg. (7)1: 28-37.
- Votgman, H, K, Fricke abd T, Turk, 1993. Quality, Physical Characteristic, nutrient content, heavy metals and organic chemicals in biogenic waste compost. Compost Science and Utilization, 1 (4): 69-87.

- Wang, S.H; Lohr, V.I. and Coffey, D.L. (1984). Spent mushroom compost as a soil amendment for vegetables. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 109, 698-702.
- Willson, G.B.; Parr, J.F.; Epstein, E. (1980). Manual for composting sewage by the Beltsville Aerated Method. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency. 64p.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M. y De Bertoli, M., 1981. Evaluating toxicity in immature compost. *Biocycle* (22): 54-57.
- Zúñiga, D. 1987. Proceso de Compostaje y Dinámica Población de la Flora Microbiana presente en el Compost. Tesis Escuela de Post-Grado. Especialidad Suelos. UNALM. Perú.

VIII. ANEXOS

8.1 ANEXO 1

Cuadro de Control de la Temperatura promedio en el proceso de compostaje en °C.

Semana	Compost		
	Vacuno	Gallina	Caballo
2	59.50	53.00	67.00
3	55.00	43.00	57.00
4	51.00	48.00	55.00
5	41.00	39.50	50.00
6	17.50	49.00	52.00
7	44.00	38.50	46.00
8	33.00	31.00	34.00
9	28.50	30.50	31.00
10	29.00	26.00	28.50
11	25.00	24.50	25.50
12	23.50	22.00	23.50

Cuadro control de la temperatura de la parte superior de la pila de compost en °C.

Semanas	Compost		
	Vacuno	Gallina	Caballo
2	54.00	50.00	62.00
3	42.00	48.00	50.00
4	50.00	44.00	56.00
5	40.00	37.00	48.00
6	46.00	42.00	46.00
7	40.00	38.00	40.00
8	30.00	30.00	32.00
9	25.00	29.00	28.00
10	28.00	26.00	27.00
11	26.00	23.00	24.00
12	22.00	23.00	23.00

Cuadro control de la temperatura de la parte inferior de la pila de compost en °C

Semanas	Compost		
	Vacuno	Gallina	Caballo
2	65.00	60.00	69.00
3	52.00	58.00	56.00
4	52.00	52.00	62.00
5	42.00	42.00	52.00
6	49.00	56.00	58.00
7	48.00	39.00	52.00
8	36.00	32.00	36.00
9	32.00	32.00	34.00
10	30.00	26.00	30.00
11	24.00	26.00	27.00
12	23.00	25.00	25.00

8.2 ANEXO 2

pH durante el proceso de compostaje

Tratamiento	Semana										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vacuno	7.87	8.27	8.50	8.12	8.13	8.35	8.05	7.93	7.64	8.01	7.70
gallinaza	8.26	8.87	8.77	8.93	8.98	8.97	7.95	8.29	8.05	7.97	7.87
caballo	7.75	8.02	8.52	8.62	8.27	8.77	7.73	7.80	7.80	7.96	7.73

8.3 ANEXO 3

Conductividad eléctrica durante el proceso de compostaje

Tratamiento	Semana										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vacuno	8.52	9.00	11.1	7.64	8.11	5.60	6.91	6.61	12.8	5.74	4.78
Gallina	15.2	5.78	8.68	9.22	9.40	6.99	6.8	9.32	10.8	8.05	8.62
Caballo	16.3	6.33	9.79	4.97	9.13	7.06	10.8	10.9	8.11	8.05	8.82

8.4 ANEXO 4

Volumen de las pilas de compost durante el proceso de compostaje en m³

Tratamiento	Semana					
	1	3	5	7	9	11
Vacuno	1.51	1.30	1.10	0.85	0.64	0.48
Gallina	1.45	1.20	0.98	0.70	0.55	0.45
Caballo	1.87	1.40	1.25	0.95	0.72	0.55

8.5 ANEXO 5

Promedio de alturas de la plantas de maíz.

Tratamiento	Fuente	Dosis	Repetición	Promedio de alturas de la planta de maíz en cm. por semana					
				Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
T1	Gall (Tes)	0	1	9.33	13.17	18.53	19.17	19.50	19.50
T2	Gall	1	1	10.17	15.33	20.23	22.33	24.13	23.80
T3	Gall	2	1	9.33	13.67	19.93	21.33	20.67	22.70
T4	Cab (Tes)	0	1	11.40	14.00	15.57	16.40	16.80	16.93
T5	Cab	1	1	12.00	15.83	21.33	21.00	21.00	22.33
T6	Cab	2	1	11.67	16.50	21.33	22.83	23.00	24.50
T7	Vac (Tes)	0	1	11.00	14.30	16.73	17.30	16.80	17.10
T8	Vac	1	1	10.77	15.17	20.33	21.50	20.00	22.30
T9	Vac	2	1	10.90	15.83	21.17	21.33	21.00	22.77
T10	Vactal (Tes)	0	1	10.40	14.40	18.47	18.83	19.33	19.40
T11	Vactal	1	1	10.37	14.67	20.00	21.67	22.33	23.03
T12	Vactal	2	1	12.00	16.00	21.97	23.27	24.30	24.50
T1	Gall (Tes)	0	2	11.37	13.50	21.13	21.73	21.67	22.03
T2	Gall	1	2	11.37	15.40	21.83	22.90	23.63	23.87
T3	Gall	2	2	10.67	14.50	21.17	21.67	21.33	23.37
T4	Cab (Tes)	0	2	10.40	14.30	15.10	15.73	15.80	15.47
T5	Cab	1	2	10.73	13.00	21.33	21.67	21.67	22.90
T6	Cab	2	2	11.50	15.00	22.17	24.67	23.67	25.80
T7	Vac (Tes)	0	2	9.40	13.00	15.73	16.70	17.47	17.50
T8	Vac	1	2	8.00	12.00	22.17	24.67	23.67	24.53
T9	Vac	2	2	11.17	15.50	22.00	21.67	22.00	23.47

T10	Vactal (Tes)	0	2	9.00	12.40	17.70	18.30	18.23	18.47
T11	Vactal	1	2	10.90	14.00	20.00	20.50	20.33	21.37
T12	Vactal	2	2	12.37	16.67	20.10	21.40	22.50	21.83
T1	Gall (Tes)	0	3	11.00	16.40	19.63	19.87	20.07	20.20
T2	Gall	1	3	10.90	17.90	21.20	23.53	24.50	24.63
T3	Gall	2	3	10.50	15.50	24.53	27.10	26.00	27.63
T4	Cab (Tes)	0	3	10.60	14.40	18.03	18.13	18.10	18.10
T5	Cab	1	3	10.00	18.00	22.33	23.50	23.33	25.07
T6	Cab	2	3	10.00	15.00	23.83	24.67	24.00	25.77
T7	Vac (Tes)	0	3	9.00	12.50	16.67	17.37	17.50	17.73
T8	Vac	1	3	6.50	11.50	19.33	20.67	20.00	21.67
T9	Vac	2	3	10.30	15.00	22.00	22.17	22.67	24.00
T10	Vactal (Tes)	0	3	7.50	13.10	17.77	17.83	18.13	18.30
T11	Vactal	1	3	7.90	14.50	18.33	19.00	19.00	19.80
T12	Vactal	2	3	11.60	16.00	19.03	21.67	21.83	22.50
T1	Gall (Tes)	0	4	9.90	14.00	18.50	18.76	18.30	18.23
T2	Gall	1	4	9.20	17.40	21.00	22.33	22.67	23.43
T3	Gall	2	4	10.50	16.00	22.33	24.50	24.00	25.53
T4	Cab (Tes)	0	4	10.30	14.30	15.10	15.70	15.80	15.60
T5	Cab	1	4	10.00	17.00	21.67	22.83	23.00	24.63
T6	Cab	2	4	8.50	13.00	22.33	23.97	24.67	26.10
T7	Vac (Tes)	0	4	10.60	14.00	18.03	18.05	18.10	18.11
T8	Vac	1	4	10.00	15.00	20.33	22.67	22.33	24.13
T9	Vac	2	4	10.50	15.50	20.50	22.17	22.00	23.03
T10	Vactal (Tes)	0	4	11.40	14.30	15.57	16.00	16.80	19.10
T11	Vactal	1	4	10.50	14.00	20.83	20.67	20.33	21.37
T12	Vactal	2	4	10.30	14.00	20.63	21.77	22.67	22.37

8.6 ANEXO 6

Promedios del grosor de caña de las planta de maíz.

Tratamiento	Fuente	Dosis	Repetición	Grosor de Caña (cm.) por semana		
				Semana 4	Semana 6	Semana 8
T1	Gall (Tes)	0	1	0.33	0.54	0.62
T2	Gall	1	1	0.43	0.60	0.86
T3	Gall	2	1	0.43	0.62	0.89
T4	Cab (Tes)	0	1	0.39	0.46	0.56
T5	Cab	1	1	0.44	0.62	0.84
T6	Cab	2	1	0.50	0.59	0.76
T7	Vac (Tes)	0	1	0.36	0.46	0.61
T8	Vac	1	1	0.43	0.57	0.76
T9	Vac	2	1	0.54	0.65	0.78
T10	Vactal (Tes)	0	1	0.37	0.57	0.69
T11	Vactal	1	1	0.48	0.63	0.83
T12	Vactal	2	1	0.49	0.49	0.77
T1	Gall (Tes)	0	2	0.39	0.54	0.56
T2	Gall	1	2	0.41	0.64	0.79
T3	Gall	2	2	0.44	0.62	0.81
T4	Cab (Tes)	0	2	0.35	0.47	0.40
T5	Cab	1	2	0.44	0.57	0.76
T6	Cab	2	2	0.47	0.64	0.88
T7	Vac (Tes)	0	2	0.41	0.50	0.60
T8	Vac	1	2	0.49	0.67	0.86
T9	Vac	2	2	0.54	0.63	0.75
T10	Vactal (Tes)	0	2	0.39	0.51	0.62
T11	Vactal	1	2	0.47	0.63	0.79
T12	Vactal	2	2	0.47	0.47	0.86
T1	Gall (Tes)	0	3	0.39	0.50	0.60
T2	Gall	1	3	0.48	0.62	0.85
T3	Gall	2	3	0.49	0.69	0.90
T4	Cab (Tes)	0	3	0.39	0.50	0.64
T5	Cab	1	3	0.43	0.57	0.87
T6	Cab	2	3	0.50	0.60	0.89
T7	Vac (Tes)	0	3	0.37	0.46	0.58
T8	Vac	1	3	0.44	0.51	0.69
T9	Vac	2	3	0.52	0.65	0.82
T10	Vactal (Tes)	0	3	0.38	0.50	0.64
T11	Vactal	1	3	0.45	0.57	0.70
T12	Vactal	2	3	0.49	0.49	0.77

T1	Gall (Tes)	0	4	0.37	0.49	0.59
T2	Gall	1	4	0.50	0.58	0.76
T3	Gall	2	4	0.53	0.65	0.92
T4	Cab (Tes)	0	4	0.35	0.46	0.48
T5	Cab	1	4	0.46	0.61	0.87
T6	Cab	2	4	0.46	0.62	0.89
T7	Vac (Tes)	0	4	0.39	0.44	0.64
T8	Vac	1	4	0.49	0.62	0.79
T9	Vac	2	4	0.49	0.63	0.82
T10	Vactal (Tes)	0	4	0.39	0.44	0.55
T11	Vactal	1	4	0.50	0.65	0.71
T12	Vactal	2	4	0.53	0.53	0.84

8.7 ANEXO 7

Promedio de número de hojas por semana.

Tratamiento	Fuente	Dosis	Repetición	Numero de hojas por semana		
				Semana 4	Semana 6	Semana 8
T1	Gall (Tes)	0	1	4.00	5.00	5.30
T2	Gall	1	1	4.00	5.00	6.00
T3	Gall	2	1	4.00	5.00	6.30
T4	Cab (Tes)	0	1	4.00	4.33	6.00
T5	Cab	1	1	3.67	5.00	6.00
T6	Cab	2	1	4.00	5.00	6.30
T7	Vac (Tes)	0	1	4.00	4.00	5.67
T8	Vac	1	1	4.00	5.00	6.00
T9	Vac	2	1	4.00	4.70	6.30
T10	Vactal (Tes)	0	1	4.00	5.00	6.00
T11	Vactal	1	1	4.00	5.00	6.30
T12	Vactal	2	1	4.00	5.00	6.00
T1	Gall (Tes)	0	2	4.00	4.70	6.00
T2	Gall	1	2	4.00	5.00	6.00
T3	Gall	2	2	4.00	5.00	6.00
T4	Cab (Tes)	0	2	3.67	4.67	6.00
T5	Cab	1	2	3.67	4.70	6.00
T6	Cab	2	2	4.00	5.00	6.70
T7	Vac (Tes)	0	2	4.00	4.33	6.00
T8	Vac	1	2	3.67	5.70	6.70
T9	Vac	2	2	4.00	4.30	6.70
T10	Vactal (Tes)	0	2	3.33	4.33	6.00
T11	Vactal	1	2	4.00	5.00	6.30
T12	Vactal	2	2	4.00	5.00	6.00

T1	Gall (Tes)	0	3	4.00	4.70	6.00
T2	Gall	1	3	4.00	5.00	6.00
T3	Gall	2	3	4.00	5.30	6.00
T4	Cab (Tes)	0	3	3.67	4.33	6.00
T5	Cab	1	3	4.00	5.00	6.00
T6	Cab	2	3	4.00	5.00	6.00
T7	Vac (Tes)	0	3	3.67	4.00	6.00
T8	Vac	1	3	3.67	4.70	6.00
T9	Vac	2	3	4.00	5.00	6.70
T10	Vactal (Tes)	0	3	4.00	4.33	6.00
T11	Vactal	1	3	4.00	5.00	6.70
T12	Vactal	2	3	4.00	5.00	6.30
T1	Gall (Tes)	0	4	4.00	4.30	6.00
T2	Gall	1	4	4.00	5.00	6.00
T3	Gall	2	4	4.00	5.00	6.30
T4	Cab (Tes)	0	4	3.67	4.67	6.00
T5	Cab	1	4	4.00	5.00	6.00
T6	Cab	2	4	4.00	5.30	6.00
T7	Vac (Tes)	0	4	3.60	4.33	6.00
T8	Vac	1	4	3.67	5.00	6.00
T9	Vac	2	4	4.00	4.70	6.70
T10	Vactal (Tes)	0	4	4.00	4.33	6.00
T11	Vactal	1	4	4.00	5.00	6.30
T12	Vactal	2	4	4.00	5.00	6.30

8.8 ANEXO 8

Peso fresco y seco de hojas y raíz plantas de maíz.

Tratamiento	Fuente	Dosis	Repetición	Peso fresco hojas (gr.)	Peso Seco hojas (gr.)	Peso fresco de raíz (gr.)	Peso seco raíz (gr.)
T1	Gall (Tes)	0	1	1.80	0.14	3.34	1.17
T2	Gall	1	1	3.11	0.40	5.14	1.44
T3	Gall	2	1	2.71	0.27	4.25	1.32
T4	Cab (Tes)	0	1	1.22	0.09	4.11	1.21
T5	Cab	1	1	3.04	0.29	5.71	1.59
T6	Cab	2	1	3.42	0.30	5.19	1.57
T7	Vac (Tes)	0	1	1.21	0.10	3.59	1.21
T8	Vac	1	1	2.47	0.33	5.35	1.27
T9	Vac	2	1	3.29	0.32	5.47	1.40
T10	Vactal (Tes)	0	1	1.69	0.14	3.51	1.14

T11	Vactal	1	1	3.61	0.97	5.96	1.23
T12	Vactal	2	1	3.63	0.96	7.15	1.42
T1	Gall (Tes)	0	2	2.11	0.24	4.37	0.84
T2	Gall	1	2	3.42	0.41	5.56	1.73
T3	Gall	2	2	2.94	0.38	4.05	1.24
T4	Cab (Tes)	0	2	1.22	0.06	2.87	1.11
T5	Cab	1	2	2.92	0.31	5.83	1.27
T6	Cab	2	2	3.87	0.38	5.82	1.58
T7	Vac (Tes)	0	2	1.42	0.19	4.03	1.24
T8	Vac	1	2	3.64	0.41	6.19	1.62
T9	Vac	2	2	3.65	0.37	5.76	1.39
T10	Vactal (Tes)	0	2	1.65	0.16	4.50	1.28
T11	Vactal	1	2	3.35	0.84	5.85	1.50
T12	Vactal	2	2	3.33	0.90	5.60	1.27
T1	Gall (Tes)	0	3	1.71	0.15	4.27	1.32
T2	Gall	1	3	3.41	0.42	5.97	1.64
T3	Gall	2	3	3.91	0.51	4.32	1.29
T4	Cab (Tes)	0	3	1.65	0.19	3.89	1.21
T5	Cab	1	3	3.52	0.45	5.19	1.46
T6	Cab	2	3	3.63	0.49	6.21	1.40
T7	Vac (Tes)	0	3	1.24	0.07	3.93	1.33
T8	Vac	1	3	2.96	0.33	5.88	1.61
T9	Vac	2	3	3.86	0.91	6.66	1.26
T10	Vactal (Tes)	0	3	1.44	0.09	4.27	1.30
T11	Vactal	1	3	2.88	0.84	5.02	1.31
T12	Vactal	2	3	3.51	0.84	5.17	1.33
T1	Gall (Tes)	0	4	1.46	0.14	2.87	1.01
T2	Gall	1	4	3.15	0.36	5.86	1.60
T3	Gall	2	4	3.88	0.47	5.05	1.57
T4	Cab (Tes)	0	4	1.22	0.06	2.87	1.09
T5	Cab	1	4	3.33	0.40	5.59	1.58
T6	Cab	2	4	3.97	0.48	5.94	1.48
T7	Vac (Tes)	0	4	1.66	0.18	3.89	1.20
T8	Vac	1	4	2.49	0.20	5.66	1.22
T9	Vac	2	4	3.89	0.87	6.73	1.65
T10	Vactal (Tes)	0	4	1.23	0.09	4.08	1.20
T11	Vactal	1	4	3.10	0.83	6.21	1.37
T12	Vactal	2	4	3.29	0.84	5.88	1.39

8.9 ANEXO 9

Pruebas estadísticas de los parámetros evaluados

a. Prueba de estadística para la altura de maíz en la semana 3.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: h3

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	20.25411667	1.84128333	1.39	0.2189
Error	36	47.63105000	1.32308472		
Total corregido	47	67.88516667			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	h3 Media
0.298359	11.18290	1.150254	10.28583

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	3.56376667	1.18792222	0.90	0.4517
Dosis	2	5.24787917	2.62393958	1.98	0.1524
Fuente*Dosis	6	11.44247083	1.90707847	1.44	0.2262

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	3.56376667	1.18792222	0.90	0.4517
Dosis	2	5.24787917	2.62393958	1.98	0.1524
Fuente*Dosis	6	11.44247083	1.90707847	1.44	0.2262

b. Prueba de estadística para la altura de maíz en la semana 4.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: h4

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	46.0716000	4.1883273	2.68	0.0126
Error	36	56.2189000	1.5616361		
Total corregido	47	102.2905000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	h4 Media
0.450400	8.490942	1.249654	14.71750

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	9.31875000	3.10625000	1.99	0.1330
Dosis	2	17.13453750	8.56726875	5.49	0.0083
Fuente*Dosis	6	19.61831250	3.26971875	2.09	0.0782

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	9.31875000	3.10625000	1.99	0.1330
Dosis	2	17.13453750	8.56726875	5.49	0.0083
Fuente*Dosis	6	19.61831250	3.26971875	2.09	0.0782

c. Prueba de estadística para la altura de maíz en la semana 5.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: h5

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	200.0626667	18.1875152	13.59	<.0001
Error	36	48.1916000	1.3386556		
Total corregido	47	248.2542667			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	h5 Media
0.805878	5.812137	1.157003	19.90667

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	17.7047500	5.9015833	4.41	0.0097
Dosis	2	156.9597167	78.4798583	58.63	<.0001
Fuente*Dosis	6	25.3982000	4.2330333	3.16	0.0135

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	17.7047500	5.9015833	4.41	0.0097
Dosis	2	156.9597167	78.4798583	58.63	<.0001
Fuente*Dosis	6	25.3982000	4.2330333	3.16	0.0135

d. Prueba de estadística para la altura de maíz en la semana 6.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: h6

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	-------------------	----------------------	---------	--------

Modelo	11	281.1085250	25.5553205	15.64	<.0001
Error	36	58.8096000	1.6336000		
Total corregido	47	339.9181250			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	h6 Media
0.826989	6.113596	1.278124	20.90625

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	27.1947417	9.0649139	5.55	0.0031
Dosis	2	228.5060375	114.2530187	69.94	<.0001
Fuente*Dosis	6	25.4077458	4.2346243	2.59	0.0343

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	27.1947417	9.0649139	5.55	0.0031
Dosis	2	228.5060375	114.2530188	69.94	<.0001
Fuente*Dosis	6	25.4077458	4.2346243	2.59	0.0343

e. Prueba de estadística para la altura de maíz en la semana 7.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: h7

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	267.4954229	24.3177657	14.85	<.0001
Error	36	58.9661750	1.6379493		
Total corregido	47	326.4615979			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	h7 Media
0.819378	6.102694	1.279824	20.97146

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	26.7097729	8.9032576	5.44	0.0035
Dosis	2	214.8298042	107.4149021	65.58	<.0001
Fuente*Dosis	6	25.9558458	4.3259743	2.64	0.0316

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	26.7097729	8.9032576	5.44	0.0035
Dosis	2	214.8298042	107.4149021	65.58	<.0001
Fuente*Dosis	6	25.9558458	4.3259743	2.64	0.0316

f. Prueba de estadística para la altura de maíz en la semana 8

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: h8

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	376.7928917	34.2538992	23.71	<.0001
Error	36	52.0013000	1.4444806		
Total corregido	47	428.7941917			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	h8 Media
0.878727	5.512617	1.201865	21.80208

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	24.9200917	8.3066972	5.75	0.0025
Dosis	2	314.3128792	157.1564396	108.80	<.0001
Fuente*Dosis	6	37.5599208	6.2599868	4.33	0.0022

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	24.9200917	8.3066972	5.75	0.0025
Dosis	2	314.3128792	157.1564396	108.80	<.0001
Fuente*Dosis	6	37.5599208	6.2599868	4.33	0.0022

g. Prueba de estadística para grosor de caña de la semana 4.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: G4

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	0.12392292	0.01126572	14.90	<.0001
Error	36	0.02722500	0.00075625		
Total corregido	47	0.15114792			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	G4 Media
0.819878	6.211765	0.027500	0.442708

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.00557292	0.00185764	2.46	0.0787
Dosis	2	0.11545417	0.05772708	76.33	<.0001
Fuente*Dosis	6	0.00289583	0.00048264	0.64	0.6989

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.00557292	0.00185764	2.46	0.0787
Dosis	2	0.11545417	0.05772708	76.33	<.0001
Fuente*Dosis	6	0.00289583	0.00048264	0.64	0.6989

h. Prueba de estadística para grosor de caña de la semana 6.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variante dependiente: G6

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	0.20057292	0.01823390	15.49	<.0001
Error	36	0.04237500	0.00117708		
Total corregido	47	0.24294792			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	G6 Media
0.825580	6.083543	0.034309	0.563958

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.01587292	0.00529097	4.49	0.0089
Dosis	2	0.13152917	0.06576458	55.87	<.0001
Fuente*Dosis	6	0.05317083	0.00886181	7.53	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.01587292	0.00529097	4.49	0.0089
Dosis	2	0.13152917	0.06576458	55.87	<.0001
Fuente*Dosis	6	0.05317083	0.00886181	7.53	<.0001

i. Prueba de estadística para grosor de caña de la semana 8.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variante dependiente: G8

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	-------------------	----------------------	---------	--------

Modelo	11	0.63032500	0.05730227	17.66	<.0001
Error	36	0.11680000	0.00324444		
Total corregido	47	0.74712500			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	G8 Media
0.843667	7.710325	0.056960	0.738750

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.00984167	0.00328056	1.01	0.3991
Dosis	2	0.57016250	0.28508125	87.87	<.0001
Fuente*Dosis	6	0.05032083	0.00838681	2.58	0.0347

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.00984167	0.00328056	1.01	0.3991
Dosis	2	0.57016250	0.28508125	87.87	<.0001
Fuente*Dosis	6	0.05032083	0.00838681	2.58	0.0347

j. Prueba de estadística para el numero de hojas de la semana 4.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: N4

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	0.50436667	0.04585152	2.22	0.0357
Error	36	0.74460000	0.02068333		
Total corregido	47	1.24896667			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	N4 Media
0.403827	3.672705	0.143817	3.915833

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.17078333	0.05692778	2.75	0.0567
Dosis	2	0.18712917	0.09356458	4.52	0.0177
Fuente*Dosis	6	0.14645417	0.02440903	1.18	0.3386

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.17078333	0.05692778	2.75	0.0567
Dosis	2	0.18712917	0.09356458	4.52	0.0177
Fuente*Dosis	6	0.14645417	0.02440903	1.18	0.3386

k. Prueba de estadística para el numero de hojas de la semana 6.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: N6

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	3.96887292	0.36080663	7.22	<.0001
Error	36	1.79867500	0.04996319		
Total corregido	47	5.76754792			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	N6 Media
0.688139	4.649697	0.223524	4.807292

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.46892292	0.15630764	3.13	0.0375
Dosis	2	2.92510417	1.46255208	29.27	<.0001
Fuente*Dosis	6	0.57484583	0.09580764	1.92	0.1045

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.46892292	0.15630764	3.13	0.0375
Dosis	2	2.92510417	1.46255208	29.27	<.0001
Fuente*Dosis	6	0.57484583	0.09580764	1.92	0.1045

l. Prueba de estadística para el numero de hojas de la semana 8.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: N8

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	2.06437292	0.18767027	4.31	0.0004
Error	36	1.56667500	0.04351875		
Total corregido	47	3.63104792			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	N8 Media
0.568534	3.407408	0.208611	6.122292

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.40905625	0.13635208	3.13	0.0373
Dosis	2	1.00157917	0.50078958	11.51	0.0001
Fuente*Dosis	6	0.65373750	0.10895625	2.50	0.0397

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.40905625	0.13635208	3.13	0.0373
Dosis	2	1.00157917	0.50078958	11.51	0.0001
Fuente*Dosis	6	0.65373750	0.10895625	2.50	0.0397

m. Prueba de estadística para el peso fresco de las hojas plantas de maiz.

PRUEBA BIOLOGICA CON MAIZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PFH

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	39.13457292	3.55768845	33.83	<.0001
Error	36	3.78542500	0.10515069		
Total corregido	47	42.91999792			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	PFH Media
0.911803	11.87166	0.324269	2.731458

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.14555625	0.04851875	0.46	0.7110
Dosis	2	37.92682917	18.96341458	180.35	<.0001
Fuente*Dosis	6	1.06218750	0.17703125	1.68	0.1533

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.14555625	0.04851875	0.46	0.7110
Dosis	2	37.92682917	18.96341458	180.35	<.0001
Fuente*Dosis	6	1.06218750	0.17703125	1.68	0.1533

n. Prueba de estadística para el peso seco de las hojas plantas de maiz.

PRUEBA BIOLOGICA CON MAIZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PSH

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	3.21815625	0.29255966	23.13	<.0001

Error	36	0.45532500	0.01264792
Total corregido	47	3.67348125	

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	PSH Media
0.876051	28.15974	0.112463	0.399375

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.83985625	0.27995208	22.13	<.0001
Dosis	2	1.80375000	0.90187500	71.31	<.0001
Fuente*Dosis	6	0.57455000	0.09575833	7.57	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.83985625	0.27995208	22.13	<.0001
Dosis	2	1.80375000	0.90187500	71.31	<.0001
Fuente*Dosis	6	0.57455000	0.09575833	7.57	<.0001

o. Prueba de estadística para el peso fresco de las raíces plantas de maíz.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PFR

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	45.35812292	4.12346572	15.03	<.0001
Error	36	9.87682500	0.27435625		
Total corregido	47	55.23494792			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	PFR Media
0.821185	10.44925	0.523790	5.012708

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	3.75978958	1.25326319	4.57	0.0082
Dosis	2	36.89571667	18.44785833	67.24	<.0001
Fuente*Dosis	6	4.70261667	0.78376944	2.86	0.0222

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	3.75978958	1.25326319	4.57	0.0082
Dosis	2	36.89571667	18.44785833	67.24	<.0001
Fuente*Dosis	6	4.70261667	0.78376944	2.86	0.0222

p. Prueba de estadística para el peso fresco de las raíces plantas de maíz.

PRUEBA BIOLÓGICA CON MAÍZ

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PSR

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	0.99962500	0.09087500	5.16	<.0001
Error	36	0.63430000	0.01761944		
Total corregido	47	1.63392500			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	PSR Media
0.611794	9.823368	0.132738	1.351250

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.03117500	0.01039167	0.59	0.6257
Dosis	2	0.73835000	0.36917500	20.95	<.0001
Fuente*Dosis	6	0.23010000	0.03835000	2.18	0.0682

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	3	0.03117500	0.01039167	0.59	0.6257
Dosis	2	0.73835000	0.36917500	20.95	<.0001
Fuente*Dosis	6	0.23010000	0.03835000	2.18	0.0682

8.10 ANEXO 10

Prueba en compost puro

Muestra	Días					% Semillas germinadas
	1	2	3	4	5	
Compost Vacuno taller	0	0	0	4	15	75
Compost Vacuno EM	0	0	0	3	16	80
Compost Gallina EM	0	0	0	3	17	75
Compost Equino EM	0	0	1	4	18	90

8.11 ANEXO 11

Prueba de Zuconi

Tratamiento	Repetición	Conteo de semillas		Total semillas / repetición	Total por tratamiento	Promedio Longitud raíz (cm.)	%CCR	%PGR	IG%
		1er conteo	2do conteo						
Vacuno Taller	T1R1	6	4	10	36	2.41	57.19	92.31	52.79
	T1R2	6	4	10					
	T1R3	4	4	8					
	T1R4	5	3	8					
Vacuno EM	T2R1	6	3	9	39	2.88	68.19	100.00	68.19
	T2R2	9	1	10					
	T2R3	6	4	10					
	T2R4	9	1	10					
Gallina EM	T3R1	3	4	7	37	3.72	88.16	94.87	83.63
	T3R2	3	6	9					
	T3R3	4	5	9					
	T3R4	6	6	12					
Caballo EM	T4R1	2	7	9	39	3.78	89.51	100.00	89.51
	T4R2	4	6	10					
	T4R3	3	7	10					
	T4R4	5	5	10					
Testigo	T5R1	4	5	9	39	4.22	100.00	100.00	100.00
	T5R2	6	4	10					
	T5R3	6	4	10					
	T5R4	7	3	10					

8.12 ANEXO 11

Resultados de los análisis de materia orgánica de los 3 tipos de compost.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : JULIO TINCO CURTI
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA
 MUESTRA DE : COMPOST
 REFERENCIA : H.R. 45633
 FECHA : 01/07/14


N° LAB	CLAVES	pH	C.E dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
449	Vacuno EM	7.85	6.20	28.20	1.41	3.38	1.27
450	Vacuno 2	6.88	8.64	29.63	1.57	3.23	0.66

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
449	Vacuno EM	4.31	1.36	40.05	0.36
450	Vacuno 2	4.94	1.23	12.75	0.20

N° LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
449	Vacuno EM	8818	98	68	460	32
450	Vacuno 2	7980	60	69	479	38

N° LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
449	Vacuno EM	44.00	4.00	20.00
450	Vacuno 2	58.00	4.00	22.00

N° LAB	CLAVES	Acidos Húmicos %	Acidos Fúlvicos %	Huminas %
449	Vacuno EM	3.69	2.18	17.62
450	Vacuno 2	3.14	1.50	19.12



Dr. Sady García Bendejú
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : JULIO TINCO CURI
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA
MUESTRA DE : COMPOST
REFERENCIA : H.R. 45633
FECHA : 01/07/14

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
447	Caballo	7.76	5.90	32.87	1.20	2.93	1.85
448	Gallina	7.89	6.10	30.70	1.42	3.44	1.12

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
447	Caballo	4.34	1.32	37.52	0.28
448	Gallina	4.48	1.50	40.64	0.36

N° LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
447	Caballo	9225	54	67	426	34
448	Gallina	9113	100	68	454	30

N° LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
447	Caballo	52.00	3.00	20.00
448	Gallina	45.00	4.00	20.00

N° LAB	CLAVES	Acidos Húmicos %	Acidos Fúlvicos %	Huminas %
447	Caballo	3.82	1.64	20.48
448	Gallina	4.10	1.78	17.89



Dr. Sady García Bendezu
Jefe de Laboratorio

8.13 ANEXO 13

Foto N°1: Pila de compostaje al inicio del proceso de compostaje



Foto N°2: Pilas de compostaje a los 60 días



Foto N° 3: Medición de temperatura



Foto N° 4: Tamizado



Foto N° 5: Tratamientos en etapa de maduración



Foto N°6: Test de Zucconi (Compost Vacuno)



Foto N° 7: Test de Madurez



Foto N° 8: Prueba de crecimiento – Tratamientos 1 al 9

