



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**



**“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE  
ABONOS ORGÁNICOS A PARTIR DE GALLINAZA Y  
RASTROJOS DE COSECHA PARA LA PRODUCCIÓN  
AGRÍCOLA”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ROBERTO LEVEAU TUANAMA**

**TARAPOTO – PERÚ**

**2009**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL**  
**ÁREA DE MEJORAMIENTO Y PROTECCIÓN DE CULTIVOS**

**“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE ABONOS  
ORGÁNICOS A PARTIR DE GALLINAZA Y RASTROJOS DE  
COSECHA PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ROBERTO LEVEAU TUANAMA**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. M.Sc. Orlando Ríos Ramírez**  
**Presidente**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Luis Alberto Leveau Guerra**  
**Miembro**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Elías Torres Flores**  
**Miembro**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. M.Sc. César Enrique Chappa Santa María**  
**Asesor**

**TARAPOTO – PERÚ**

**2009**



## CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 Abonos orgánicos	3
3.2 Importancia de abonos orgánicos	4
3.3 Propiedades de los abonos orgánicos	4
3.4 Tipos de abonos orgánicos	6
3.5 Elaboración de abonos orgánicos	11
3.6 Fases en el proceso de compostaje	13
3.7 Factores a considerar en el proceso de compostaje	14
3.8 Fabricación de compost	24
3.9 Composición química y microbiológica del compost	27
3.10 Uso del compost en los cultivos	28
3.11 Serie histórica de la producción de cultivos	29
3.12 Experiencias en la caracterización de abonos orgánicos	30

<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>33</b>
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>49</b>
<b>VI. DISCUSIONES</b>	<b>72</b>
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	<b>94</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b>	<b>96</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>97</b>
<b>X. RESUMEN</b>	<b>100</b>
<b>XI. SUMMARY</b>	<b>101</b>

## **ANEXOS**



## DEDICATORIA

*Este trabajo se los dedico con todo mi amor y cariño a mis queridos padres*

*GUSTAVO LEVEAU y NELITH TUANAMA por todo el amor, apoyo y esfuerzo brindado en toda mi formación y culminación de mi carrera profesional.*

*A mis hermanos ENRIQUE LEVEAU y MAYLER FLORES por haberme brindado todo su apoyo y cariño necesarios para la culminación de mi carrera profesional.*

## AGRADECIMIENTO

Al **Ing. M.Sc. César Enrique Chappa Santa María**, por su apoyo y por permitir ser mi asesor del presente trabajo de investigación.

Al **Ing. M.Sc. Enrique Arévalo Gardini**, por su apoyo al haberme permitido realizar el presente trabajo de investigación en su muy prestigiosa institución.

Al **Ing. M.Sc. Luis Zuñiga Cernades**, co-asesor, por su orientación científica y confianza permanente durante la ejecución del presente trabajo.

**Srta. Lucinda Vela Vargas**, por brindarme las facilidades para realizar el presente trabajo en su prestigiosa institución y por su valioso apoyo moral y colaboración desinteresada para la ejecución del presente trabajo.

Al **Ing. Angel Tuesta Pinedo**, por el apoyo, confianza y las sabias enseñanzas brindadas en todo el proceso del presente trabajo de investigación.

Al **Bach. Rolando Ramírez Ríos**, por su amistad, confianza y todo el apoyo desinteresado que me brindó en cada etapa del presente trabajo.

A toda la familia del **INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**, por todo el apoyo, amistad y cariño brindado en la ejecución del presente trabajo de investigación.

## I. INTRODUCCIÓN

El problema fundamental al que se enfrenta la humanidad en la actualidad es el incremento creciente de la población y la disminución progresiva en la producción de alimentos. Esta problemática aún es más aguda en los países subdesarrollados y en especial en las naciones donde habitan millones de personas de escasos recursos, los cuales habitan en su mayoría en zonas rurales con suelos de baja productividad.

La aplicación de tecnologías agrícolas e industriales que han sido elaboradas en países de alto nivel de desarrollo, han generado altos volúmenes de residuos tanto agrícolas como industriales, que se han convertido en fuentes de contaminación para los suelos, cuerpos de agua, las plantas y el hombre.

Esta afectación en la ecología ha sido de alta significación en los países en vías de desarrollo de América Latina. Estas tecnologías de desarrollo también han generado insumos como los fertilizantes químicos, agrotóxicos y sustancias bioestimuladoras, que actualmente por su uso desmedido se han convertido en fuentes de contaminación para el hombre y la naturaleza.

El rescate de las tecnologías de producción orgánica puede darle solución a muchos de los problemas planteados, produciendo alimentos sanos sin contaminantes, recuperando los suelos degradados y aumentando la fertilidad de los mismos, así como brindándoles las tecnologías al productor para producir con menos costos, recuperando los suelos y eliminando la contaminación ambiental.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General.

- Caracterizar química y microbiológicamente los abonos orgánicos elaborados a partir de gallinaza y rastrojos de cosecha para la producción agrícola.

### 2.2. Objetivos Específicos.

- Determinar las características químicas de los abonos orgánicos elaborados a partir de gallinaza y rastrojos de cosecha.
- Determinar las características microbiológicas de los abonos orgánicos elaborados a partir de gallinaza y rastrojos de cosecha.
- Determinar la relación costo / beneficio de los tratamientos.

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. 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. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); vermicomposta, compost, preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados **(RAAA, 2002)**.

El abono orgánico es un proceso biológico en el cual la materia orgánica es degradada en un material relativamente estable parecido al humus. La mayoría de los abonos se llevan a cabo bajo condiciones anaeróbicas de manera que los problemas del olor son minimizados. Cuando se termina, el abono es de color café oscuro o negro. Tiene un ligero olor a tierra o a moho y una textura suelta. El proceso se termina cuando el montón no se recalienta cuando se voltea, es decir la temperatura es constante **(PORVENIR, 2001)**.

### 3.2. IMPORTANCIA DE ABONOS ORGÁNICOS

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos.

No podemos olvidar la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental. Con estos abonos, aumentamos la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales aportaremos posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos **(CERVANTES, 1997)**.

### 3.3. PROPIEDADES DE LOS ABONOS ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos tienen propiedades, que ejercen unos determinados efectos sobre el suelo, que hacen aumentar la fertilidad de este. Básicamente, actúan en el suelo sobre tres tipos de propiedades **(CERVANTES, 1997)**.

#### 3.3.1. Propiedades físicas

- El abono orgánico por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes.
- El abono orgánico mejora la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.

- Mejoran la permeabilidad del suelo, ya que influyen en el drenaje y aireación de éste.
- Disminuyen la erosión del suelo, tanto de agua como de viento.

Aumentan la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega y retienen durante mucho tiempo, el agua en el suelo durante el verano.

### **3.3.2. Propiedades químicas.**

- Los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste.
- Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumentamos la fertilidad.

### **3.3.3. Propiedades biológicas.**

- Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios.
- Los abonos orgánicos constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente.

### 3.4. TIPOS DE ABONOS ORGÁNICOS

La RAAA (2002), describe que existen diferentes tipos de abonos, entre los principales tenemos:

#### 3.4.1. Estiércol

Los estiércoles son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen. Generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol. La estimación de la cantidad producida por un animal puede hacerse de la siguiente manera:

Peso promedio del animal x 20 = cantidad de estiércol/animal/año

La calidad de los estiércoles depende de la especie, del tipo de cama y del manejo que se le da a los estiércoles antes de ser aplicados.

El contenido promedio de elementos químicos es de 1,5% de N, 0,7% P y 1,7% K.

Los estiércoles mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, particularmente cuando son utilizados en una cantidad no menor de 10 toneladas/ha al año, y de preferencia de manera diversificada.

Para obtener mayores ventajas deben aplicarse después de ser fermentados, y de preferencia cuando el suelo está con la humedad adecuada.

### 3.4.1.1. Gallinaza

La gallinaza es la principal fuente de nitrógeno en la fabricación de abonos fermentados, mejora las características de la fertilidad del suelo, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro **(RESTREPO, 2001)**.

Uno de los fertilizantes más completos y que mejores nutrientes puede dar al suelo, es la gallinaza o estiércol de gallina, pues contiene nitrógeno, fósforo y potasio en buena cantidad. Sin embargo, para su buen aprovechamiento, primero se le debe hacer un buen curado.

El estiércol de gallina es un fertilizante que cuenta con mayor concentración que el estiércol de vaca, debido a la alimentación que reciben los pollos y que son a base de balanceados concentrados, los cuales contienen mayores nutrientes que aquellos que consume la vaca, pues esta combina su alimento con pasturas **(MORIYA, 2007)**.

**DAMARYS (2008)**, señala que la composición nutricional de la gallinaza de piso es la siguiente:

**Cuadro N° 01.** Composición nutricional de la Gallinaza

<b>Composición nutricional</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Materia seca	%	89,00
Energía metabolizable (aves)	Mcal/kg	0,80
Proteína	%	17,40
Metionina	%	0,10
Metionina + cistina	%	0,21
Lisina	%	0,32
Calcio	%	3,50
Fósforo disponible	%	1,30
Acido linoleico	%	0,00
Grasa	%	1,30
Fibra	%	15,20
Ceniza	%	24,00

**Cuadro N° 02.** Disponibilidad de gallinaza en la Provincia de San Martín de acuerdo a los grandes y pequeños criadores de aves de postura

<b>Centros avícolas</b>	<b>Año</b>	<b>N° de aves</b>	<b>Cantidad excretada fresca (kg)/año</b>	<b>Cantidad excretada seca (kg)/año</b>
Don Pollo	2001	20,000	1'000,000	250,000
	2002	25,000	1'250,000	312,500
El Cajamarquino	2001	10,000	500,000	125,000
	2002	15,000	750,000	187,000
Granja Grundell	2001	20,000	1'000,000	62,000
	2002	25,000	1'250,000	62,500
Granja Santillán	2001	4,000	200,000	50,000
	2002	5,000	250,000	62,500
Balanceados Shilcayo	2001	2,000	100,000	25,000
	2002	1,000	50,000	12,500
Otros	2001	8,000	400,000	100,000
	2002	5,000	250,000	62,000
<b>Total</b>	<b>2001</b>	<b>64,000</b>	<b>3,447 (t)</b>	<b>612 (t)</b>
	<b>2002</b>	<b>76,000</b>	<b>3800 (t)</b>	<b>699.5 (t)</b>

Fuente: Oficina Central del ICT (2007).

### 3.4.2. Guano de isla

Es una mezcla de excrementos de aves marinas, plumas, restos de aves muertas, huevos, etc., los cuales experimentan un proceso de fermentación lenta. El uso del guano de islas es conocido en América Latina desde hace más de 1500 años.

Es uno de los abonos naturales de mejor calidad en el mundo, por su alto contenido de nutrientes, y puede tener 12 % de nitrógeno, 11 % de P y 2 % de K. Se utiliza principalmente en los cultivos de caña, papa y hortalizas **(RAAA, 2002)**.

### 3.4.3. Humus de lombriz

Se denomina humus de lombriz a los excrementos de las lombrices dedicadas especialmente a transformar residuos orgánicos y también a los que producen las lombrices de tierra como sus desechos de digestión.

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) se ha adaptado muy bien a nuestras condiciones y está muy difundida en las diferentes regiones del país. Además, es el abono orgánico con mayor contenido de bacterias, tiene 2 billones de bacterias por gramo de humus; por esta razón su uso es efectivo en el mejoramiento de las propiedades biológicas del suelo. El humus debe aplicarse en una cantidad mínima de 3 toneladas por año. Su uso se justifica principalmente para la fertilización integral (orgánica-mineral) en cultivos de alta rentabilidad, particularmente hortalizas **(RAAA, 2002)**.

#### 3.4.4. ompost

Es un abono natural que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen animal y vegetal, que han sido descompuestos bajo condiciones controladas. Este abono también se le conoce como "tierra vegetal" o "mantillo". Su calidad depende de los insumos que se han utilizado (tipo de estiércol y residuos vegetales), pero en promedio tiene 1,04 % de N, 0,8 % P y 1,5 % K. Puede tener elementos contaminantes si se ha utilizado basura urbana.

Cuando se usa estiércol de vacuno estabulado (leche o engorde) existen riesgos de problemas por sales. En estos casos se debe utilizar una cantidad reducida de estiércol y abundante paja. Es muy apreciado en los viveros, para realizar diversos tipos de mezclas con arena y tierra de chacra que sirven para realizar almácigos de hortalizas, flores, arbustos o árboles **(RAAA, 2002)**.

#### 3.4.5. Abonos verdes

El abonamiento verde es una práctica que consiste en cultivar plantas, especialmente leguminosas (como trébol, alfalfa, fréjol, alfalfilla, etc.) o gramíneas (como avena, cebada, rye grass, etc.), luego son incorporados al suelo en estado verde, sin previa descomposición, con el propósito de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, restableciendo y mejorando su fertilidad natural. Es recomendable utilizar mezclas de cultivos para utilizarlos como abonos verdes, porque mientras las leguminosas aportan nitrógeno, las gramíneas mejoran el contenido de materia orgánica **(RAAA, 2002)**.

### 3.5. ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

**TRINIDA y SANTOS (1999)**, manifiestan que para la elaboración de abonos orgánicos (compost), el primer paso es espaciar los materiales, acomodando los mismos sin comprimirlos, formar una pila agregando los materiales por capas. El orden es variable dependiendo de las tecnologías utilizadas, pero es importante la estabilidad de la pila a medida que aumentan las capas. Humedecer las capas sin que exista exceso de agua.

Los pastos, hierbas y diversos materiales contienen carbohidratos y proteínas que son excelentes nutrientes para las bacterias, los cuales las descomponen rápidamente. Espaciar sobre estas capas estiércol curado y si éste está seco, humedecerlo.

Hojas secas, tallos, aserrín y materiales de madera seca se descomponen lentamente, por lo que se recomiendan cortarlos bien y mezclarlos con material verde o agregar nitrógeno extra.

Es importante agregar suelo para evitar la descomposición anaerobia, además el suelo aporta la microbiota para favorecer la descomposición de la M.O. cada capa añadida de los diferentes materiales se deben humedecer. La última capa debe ser de suelo y la altura de la pila no debe exceder de 1.5 metros, si se hace la composta manualmente.

La pila de composta puede hacerse al aire libre y pueden utilizarse arcones o cajones de lados para mantener la pila con espacios libres para que circule el aire.

Un método práctico para conocer si las capas que componen la composta tiene buena humedad consiste en tomar muestras y exprimirlas con las manos, si la humedad es la adecuada, aparecerá agua entre los dedos, en caso contrario se debe añadir agua hasta obtener la humedad deseada.

La composta debe moverse semanal o quincenal para airearse, se debe cubrir para evitar que se laven los nutrientes con la lluvia.

Los microorganismos necesitan aire, por lo que no deben comprimirse los materiales añadidos. El volteado de la composta consiste en deshacer el montón, de tal forma que se mezcle el material de la parte superior, medio e inferior de la composta

El primer paso para la elaboración de compost, es la elección del lugar en donde se va a elaborar el mismo, debe ser un lugar ventilado, con una fuente cercana de agua y debe estar orientada de tal manera que el sol le llegue todo el día. Una vez que ya tenemos determinado el lugar, pasamos a la selección de los materiales. Los materiales que se necesitan se encuentran principalmente como restos de cosecha y residuos orgánicos de cocina. Además se necesita cualquier tipo de estiércol de animales, ya sea vacunos, ovinos, porcinos, caprinos, aves. Luego se procede a la formación de las camas de compost que requiere de los siguientes pasos **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**.

1. Se nivela el terreno.
2. Se esparce tierra de cultivo como primera capa.
3. Se procede a colocar la capa que corresponde a los rastrojos de cosechas.
4. Se colocan tubos de PVC de 10 centímetros de diámetro (uno cada metro cuadrado), los que servirán como respiraderos.
5. Se procede a colocar la segunda capa, la cual corresponde al estiércol, esta capa debe tener una altura de 20 centímetros.
6. Seguido se riega toda la cama, tratando de humedecerla por completo.
7. Se rosea cal o ceniza por toda la cama, empleando media pala por metro cuadrado.
8. Se repite la misma operación hasta alcanzar una altura promedio de 1,20 m a 1,50 m.
9. Finalmente se cubre toda la cama con paja, para mantener la temperatura y evitar la evaporación de la humedad en la cama.
10. cada 3 semanas se debe voltear las camas y repetir el proceso.

### 3.6. FASES EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

El proceso de compostaje es una descomposición de la materia orgánica predominantemente aeróbica, la cual se puede dividir en tres fases (**CATIE, 2005**).

- Fase inicial de descomposición.
- Fase de temperaturas altas.
- Fase de síntesis.

**Fase inicial:** Ocurre la descomposición rápida de los materiales más fáciles como azúcares, proteínas, almidones.

**Fase de altas temperaturas:** En esta fase se descomponen los materiales más complejos como la celulosa y la lignina. En esta fase hay una gran actividad de microorganismos activos (bacterias y hongos).

**Fase de Síntesis:** Ocurre una disminución de la temperatura y es la etapa en donde se forman las sustancias húmicas (este fase tiene lugar cerca de los 200 días). La relación C/N comparada con la inicial es baja.

### 3.7. FACTORES A CONSIDERAR EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos organismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación (**GRAY y BIDDLESTON, 1981**).

El **CATIE (2005)**, menciona que los factores a considerar, son los siguientes: pH, humedad, temperatura, microorganismos y la relación C/N.

### 3.7.1. PERATURA

Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados, la temperatura debe ser tomada en el núcleo del camellón. Es conveniente, realizar más de una lectura por metro lineal de camellón y promediar los resultados (**GRAY y BIDDLESTON, 1981**).

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura (**CERISOLA, 1989**).

- **Mesolítico.**- La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente, como consecuencia de su actividad metabólica y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.
- **Termofílico.**- Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosa.

- **De Enfriamiento.-** Cuando la temperatura es menor a 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.
- **De Maduración.-** Es un período que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

La temperatura durante el proceso de compostaje se debe a la gran actividad microbiana en la mineralización de los materiales orgánicos. La temperatura del compostaje puede ser manejada según los objetivos del productor de abonos orgánicos. Temperaturas de 45-55°C favorecen la velocidad de descomposición y temperaturas menores de 45 °C favorecen la diversidad microbiana, así como disminuyen la volatilización de nitrógeno (CATIE, 2005).

### 3.7.2. HUMEDAD

En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido de humedad es mayor, el agua ocupara todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría la putrefacción de la materia. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la

actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para el material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60 %. La humedad idónea para una biodegradación con franco predominio de la respiración aeróbica, se sitúa en el orden del 15 al 35 % (40-60 %, si se puede mantener una buena aireación), **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**.

El contenido de humedad durante el proceso de compostaje, tiende a disminuir, dependiendo de la frecuencia del volteo y de las condiciones climáticas **(CATIE, 2005)**.

### 3.7.3. pH

El pH influye en el proceso debido a su acción sobre los microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH=6-7,5). No obstante pH cercano al neutro (6,5-7,5), ligeramente ácido o ligeramente alcalino nos asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores de pH inferiores a 5,5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores del crecimiento, haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio, de forma que nos aseguen para los microorganismos. Durante el proceso de compostaje se produce una

secesión natural del pH, que es necesaria para el proceso y que es acompañada por una sucesión de grupos fisiológicos **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**.

En la fase inicial ocurre una caída, debido a la liberación de ácidos orgánicos de la materia orgánica. Conforme el proceso de descomposición continua, estos ácidos orgánicos son descompuestos liberándose bases (Ca, Mg) y altos contenidos de amoníaco que ayudan a elevar el pH **(CATIE, 2005)**.

El pH va de la mano con la temperatura, sobre todo en el cambio de la fase mesofílica a termofílica. Ellos mostraron que la velocidad de descomposición de residuos municipales difiere muy poco en rangos de pH entre 5 y 8 a temperaturas de 36 °C. Sin embargo, si la temperatura sube a 46 °C disminuye la velocidad de descomposición a pH bajos, y se incrementa si el pH está por encima de 6,5. Esta diferencia se puede explicar por la sensibilidad de las comunidades de microorganismos al efecto combinado de condiciones de acidez y temperatura. Los microorganismos pueden tolerar factores ambientales extremos, por ejemplo altas temperaturas o bajos pH, pero no los dos al mismo tiempo. Otra posibilidad es la existencia de diferentes grupos de microorganismos: unos mesofílicos, que es ácido tolerante y otro termofílico, que no tolera condiciones de acidez **(SUNDBERG, 2004)**.

En compost terminado, el pH puede estar entre 8 y 9 debido a las pérdidas de CO<sub>2</sub> por la respiración de los microorganismos. La presencia de ácidos orgánicos (ácido acético, ácido láctico), bajo condiciones de acidez y su ausencia cuando el compost se torna alcalino, es un indicador de que ellos son un factor clave para la evolución del pH **(CATIE, 2005)**.

Cuando las bacterias y hongos digieren la materia orgánica sueltan los ácidos orgánicos. En las fases tempranas de compostaje, estos ácidos aumentan y favorecen el crecimiento de hongos y la degradación de lignina y celulosa. Por consiguiente es mejor no agregar cal para ajustar el pH porque se regulará a medida que avance el proceso. La agregación de cal también convierte el nitrógeno del amonio en el gas del amoniaco, creando un problema de olor **(SUNDBERG, 2004)**.

A lo largo del proceso de compostaje el pH va cambiando en función de los materiales iniciales, pero al final el compost maduro suele tener unos valores de pH bastante cercanos al neutro, aunque es muy difícil en la práctica conseguir compost con un pH exactamente igual a 7. Casi siempre obtenemos valores que se apartan ligeramente de la neutralidad, unos tienden hacia la acidez, mientras otros lo hacen hacia la alcalinidad, en función de los materiales dominantes durante el proceso **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**.

#### 3.7.4. OXÍGENO

El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial, la concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia del volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada. La aireación es conjuntamente con la relación C/N uno de los principales parámetros a controlar en el proceso de compostaje aeróbico. Cuando como consecuencia de una mala aireación la concentración de oxígeno alrededor de las partículas baja a valores inferiores al 20 % (concentración normal en el aire), se producen condiciones favorables para el inicio de las fermentaciones y las respiraciones anaeróbicas. En la práctica, esta situación se diagnostica por la aparición de olores nauseabundos, producto de respiraciones anaeróbicas (degradación por la vía de putrefacción, generación de dihidruro de azufre SH<sub>2</sub>) o fuerte olor a amoníaco producto de la amonificación (**GRAY y BIDDLESTON, 1981**).

#### 3.7.5. MICROORGANISMOS

El **CATIE (2005)**, señala que los microorganismos presentes durante el proceso de compostaje varían dependiendo de los sustratos y las condiciones del proceso. Las interacciones entre estos y la secuencia en el tiempo son los que determinaran el tipo de compostaje. La procedencia de los microorganismos puede ser a través de la atmósfera, el agua, el suelo o de los mismos residuos, y por eso, una población comienza a aparecer mientras otros están en su máximo o ya están desapareciendo, complementándose las actividades de los

diferentes grupos. La temperatura es una variable importante en el compost, pues en función de la temperatura diferentes especies bacterianas serán más o menos activas. Los microorganismos criófilos, mesófilos y termófilos funcionan mejor dentro de gamas de temperaturas específicas.

Los criófilos, son los primeros en ir a trabajar. Pueden trabajar en temperaturas debajo de 0 °C (tan bajo como -18 °C), pero son muy activos alrededor 13 °C. Frecuentemente generan calor suficiente para crear condiciones óptimas para el próximo grupo de bacterias llamado mesófilos.

Los mesófilos, esta es la gama de bacterias que operan en temperaturas entre 15 y 40 °C. El calor generado como un subproducto del trabajo de las mesófilas elevará la temperatura en la pila aún más, creando condiciones apropiadas para el compostaje termofílico.

Los termófilos, ellos comienzan a asumir la dirección cuando las temperaturas alcanzan 40 a 45 °C y continúan trabajando hasta los 70° C, cuando comienzan a declinar. Las termófilas trabajan rápidamente y no viven mucho tiempo, de tres a cinco días la mayoría. Volver la pila proveerá oxígeno y permitirá a las bacterias termófilas continuar su actividad. Cuando las temperaturas bajan, mueren y reaparecen otros grupos.

Los actinomicetos, son una forma parecida a hongos, y siguen en número a las bacterias. Asumen la dirección durante las etapas finales de descomposición, y son frecuentemente productores de antibióticos que inhiben crecimiento bacteriológico. Son especialmente importantes en la formación de humus, liberando carbón, nitrógeno de nitrato y amonio, haciendo alimentos disponibles a plantas.

Desde el punto de vista microbiológico la finalización del proceso de compostaje se tipifica por la ausencia de actividad metabólica. Las poblaciones microbianas se presentan en fase de muerte por agotamiento de nutrientes, con frecuencia la muerte celular no va acompañada de lisis. La biomasa puede permanecer constante por un cierto período aún cuando la gran mayoría de población se ha hecho no viable **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**.

#### 3.7.6. RELACIÓN C/N

La relación C/N, expresa las unidades de carbono por unidades de nitrógeno que contiene un material. El carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción. En términos generales, una relación inicial de 20 a 30 se considera como adecuada para iniciar un proceso de compostaje. Si la relación está en el orden de 10 nos indica que tiene relativamente más nitrógeno. Un

material que presente una C/N superior a 30, requerirá para su biodegradación un mayor número de generaciones de microorganismos, y el tiempo necesario para alcanzar una relación C/N final entre 12-15 (considerada apropiada para uso agronómico) será mayor. Si el cociente entre estos dos elementos es inferior a 20 se producirán pérdidas importantes de nitrógeno (**GRAY y BIDDLESTON, 1981**).

Una buena relación C/N es fundamental para suplir un buen sustrato para el desarrollo de los microorganismos, lo que al final acelera el proceso de descomposición y mejora la calidad del producto final. Relaciones C/N muy altas (exceso de carbono), ocasionan que el proceso de descomposición sea más lento. Pero las relaciones C/N (exceso de nitrógeno) muy bajas hacen que se pierda N por falta de estructuras de carbono que permitan retener el N. En el caso de gallinaza especialmente, se ha visto que en la primera semana se puede perder por volatilización hasta el 85 % de amonio, si el manejo y las mezclas no son las adecuadas (**CATIE, 2005**).

### 3.8. FABRICACIÓN DE COMPOST

AUBERT (1998), reporta que la técnica más conocida, es la siguiente:

#### 3.8.1. Compostaje en montón

Es la técnica más conocida y se basa en la construcción de un montón formado por las diferentes materias primas, y en el que es importante:

##### 3.8.1.1. Realizar una mezcla correcta

Los materiales deben estar bien mezclados y homogeneizados, por lo que se recomienda una trituración previa de los restos de cosecha leñosos, ya que la rapidez de formación del compost es inversamente proporcional al tamaño de los materiales.

Es importante que la relación C/N esté equilibrada, ya que una relación elevada retrasa la velocidad de humificación y un exceso de N ocasiona fermentaciones no deseables. La mezcla debe ser rica en celulosa, lignina (restos de poda, pajas y hojas muertas) y en azúcares (hierba verde, restos de hortalizas y orujos de frutas). El nitrógeno será aportado por el estiércol, el purín, las leguminosas verdes y los restos de animales de mataderos. Mezclaremos de manera tan homogénea como sea posible, material pobre y rico en nitrógeno, y material seco y húmedo.

### 3.8.1.2. Formar el montón con las proporciones convenientes

El montón debe tener el suficiente volumen para conseguir un adecuado equilibrio entre humedad y aireación, además debe estar en contacto directo con el suelo. Para ello se intercala entre los materiales vegetales algunas capas de suelo fértil.

La ubicación del montón dependerá de las condiciones climáticas de cada lugar y del momento del año en que se elabore. En climas fríos y húmedos conviene situarlo al sol y al abrigo del viento, protegiéndolo de la lluvia con una lámina de plástico o similar que permita la oxigenación. En zonas más calurosas conviene situarlo a la sombra durante los meses de verano.

Se recomienda la construcción de montones alargados, de sección triangular o trapezoidal, con una altura de 1,5 metros, con una anchura de base no superior a su altura. Es importante intercalar cada 20-30 cm de altura una fina capa de 2-3 cm de espesor de compost maduro o de estiércol para facilitar la colonización del montón por parte de los microorganismos.

### 3.8.1.3. Manejo adecuado del montón

Una vez formado el montón es importante realizar un manejo adecuado del mismo, ya que de él dependerá la calidad final del compost. El montón debe airearse frecuentemente para favorecer la actividad de la oxidasa por parte de los microorganismos descomponedores. El volteo de la pila es la forma más rápida y económica de garantizar la presencia de oxígeno en el proceso de compostaje, además de homogeneizar la mezcla e intentar que todas las zonas de la pila tengan una temperatura uniforme. La humedad debe mantenerse entre el 40 y 60%.

Si el montón está muy apelmazado, tiene demasiada agua o la mezcla no es la adecuada se pueden producir fermentaciones indeseables que dan lugar a sustancias tóxicas para las plantas. En general, un mantillo bien elaborado tiene un olor característico.

El manejo del montón dependerá de la estación del año, del clima y de las condiciones del lugar. Normalmente se voltea cuando han transcurrido entre 4 y 8 semanas, repitiendo la operación dos o tres veces cada 15 días. Así, transcurridos unos 2-3 meses obtendremos un compost joven pero que puede emplearse semienterrado.

### 3.9. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL COMPOST

**GÓMEZ (2000)**, sostiene que la composición de la composta es variable, dependiendo de los materiales que le dieron origen. Una composición promedia puede ser:

- 0.43 a 0.85 % N , pudiendo llegar hasta 2.10 %
- 0.15 a 0.99 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> , pudiendo llegar hasta 2.47 %
- 0.24 a 0.43 % K<sub>2</sub>O , pudiendo llegar hasta 1.96 %
- 45.00 a 55.00 % C
- 0.58 % Ca, caso que se añada material calcáreo puede llegar hasta 6.6 %
- 0.16 a 0.21 % Mg , al igual que el calcio puede llegar hasta 0.80 %
- 0.23 a 0.35 % S<sub>04</sub>
- 10 a 35 ppm de B
- 13 000 ppm de Fe
- 478 a 2020 ppm de Mn
- 96 a 160 ppm de Zn
- 7.8 de pH
- 16.0 de C/N
- 29 x 10<sup>3</sup> Bacterias ufc
- 9 x 10<sup>3</sup> Hongos ufc
- 44 x 10<sup>3</sup> Actinomicetos ufc

### 3.10. USO DEL COMPOST EN LOS CULTIVOS

**GUIBERTEAU y LABRADOR (1991)**, manifiesta que las cantidades empleadas en los cultivos son variables:

**Cuadro Nº 03.** Dosis de aplicación de compost en algunos cultivos

<b>CULTIVOS</b>	<b>APLICACIÓN</b>
Papa, maíz, trigo, maní, arroz, zapallo, col, acelga. Kiwicha, quinua.	9 TM/Ha
Algodón, camote, zanahoria, cebolla, ajo, betarraga, yuca, frutales.	6 TM/Ha
Alfalfa, habas, arveja, frijol, trébol, tarwi.	3 TM/Ha

**MORALES (2003)**, indica que en general para el Perú los principales tipos de estiércol fresco/unidad animal/día son en promedio:

**Cuadro Nº 04.** Principales tipos de estiércol y cantidad de animal por día

<b>TIPO DE ESTIÉRCOL</b>	<b>CANTIDAD DE ESTIÉRCOL Kg./día</b>
Vacuno	16
Ovino	1,8
Equino	12
Porcino	2,3
Gallinaza	0,06
Cuyes	0,11

**SARDI (1990)**, reporta que el contenido de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O en el estiércol de algunas especies animales indican lo siguiente:

**Cuadro Nº 05.** Contenido de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O en el estiércol de algunas especies animales expresado en porcentaje

<b>Especie</b>	<b>Nitrógeno</b>	<b>Ácido fosfórico</b>	<b>Potasio</b>
Oveja	2.50	1.50	1.50
Cabra	1.35	1.40	3.60
Gallinaza	4.50	3.20	1.35
Vaca	1.34	0.90	0.85
Cerdo	1.75	1.75	1.00

**3.11. SERIE HISTÓRICA DE LA PRODUCCIÓN (TM) DE CULTIVOS EN LA REGIÓN SAN MARTÍN- UTILIZADOS EN EL COMPOST**

**Cuadro Nº 06.** Producción de cultivos en la Región San Martín utilizados en la elaboración del compost

<b>CULT. AÑO</b>	<b>Plátano</b>	<b>Piña</b>	<b>Cacao</b>
<b>2000</b>	183,116.30	5,035.40	1,099.14
<b>2001</b>	231,312.00	7,325.40	1,814.50
<b>2002</b>	257,726.00	7,893.00	2,298.10
<b>2003</b>	280,991.00	9,131.00	2,487.30
<b>2004</b>	290,204.00	10,338.00	2,708.90
<b>2005</b>	296,278.00	11,384.50	3,356.70
<b>2006</b>	301,080.00	12,454.00	5,963.28
<b>2007</b>	322,130.00	.....	8,413.09

**FUENTE:** DIA - San Martín (2007)

### 3.12. EXPERIENCIAS EN LA CARACTERIZACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

En la Región San Martín no se han reportado trabajos realizados en caracterización química y microbiológica de abonos orgánicos.

**DURAN y HENRIQUEZ (2007)**, realizaron trabajos en la caracterización química y microbiológica de vermicompost producidos a partir de cinco sustratos orgánicos.

**Cuadro Nº 07.** Descripción de tratamientos en la caracterización química y microbiológica de vermicompost

Vermicompost	Descripción
T1	Desechos domésticos
T2	Residuos de banano
T3	Follaje de ornamentales
T4	Broza de café
T5	Estiércol

#### 3.12.1. Manejo y metodología del experimento.

El experimento constó de 5 tratamientos con 4 repeticiones. Los cajones se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar dentro de la edificación y colocados sobre estructuras de madera. La humedad del material se verificó durante todo el experimento con el fin de mantener un ambiente apropiado para el desarrollo de las lombrices y permitir la descomposición de los materiales en forma adecuada. Para ello se utilizó el método propuesto por Ferruzi (1986), el cual consiste en comprimir un puñado del material con la mano y

comprobar que estando completamente húmedo, no suelta agua; en este caso la humedad corresponde a un 70-80 %.

### **3.12.2. Análisis químico.**

Los elementos Ca, Mg, K, P y elementos menores fueron determinados luego de la digestión total del abono, proceso mediante el cual se mineraliza la totalidad de componentes orgánicos. Estos elementos fueron seguidamente determinados mediante espectrofotometría de absorción atómica y colorimetría, esto último para el P. El N fue determinado mediante microKjeldahl.

### **3.12.3. Análisis microbiológico.**

Los análisis microbiológicos incluyeron biomasa microbial expresada en términos de carbono microbial. Para ello se utilizó el método de fumigación-extracción. También se realizó la estimación de microorganismos (hongos, actinomicetos y bacterias totales) mediante aislamientos microbiológicos y conteos de las unidades formadoras de colonias (ufc) en los medios Martin y albuminato de sodio. Para realizar el análisis estadístico de esta variable los datos fueron transformados aplicando  $\text{Log}_{10}$  ufc.

### 3.12.4. Resultados

**Cuadro Nº 08.** Análisis químico de 5 vermicompostes

Vermicompost	Ca	Mg	K	P	Fe	Cu	Zn	Mn
	%				mg Kg <sup>-1</sup>			
Doméstico	5,6 a	0,6 c	3,3 b	1,7 b	5714 b	47 c	1118 a	218 d
Estiércol	2,3 c	0,7 b	1,1 cd	2,0 a	6124 b	64 b	308 b	422 c
Banano	1,8 d	0,8 a	6,8 a	1,7 b	5461 b	48 c	255 b	326 c
Ornamental	4,0 b	0,5 c	1,3 c	1,5 c	7353 b	54 cb	300 b	700 a
Broza de Café	1,6 d	0,3 d	0,8 d	1,3 d	26489 a	105 a	181 b	558 b

**Cuadro Nº 09.** pH y salinidad de 5 vermicompostes

Vermicompost	pH	Salinidad mS cs <sup>-1</sup>
Doméstico	8,2 b	1,3 b
Estiércol	7,8 c	0,3 d
Banano	9,0 a	1,5 a
Ornamental	7,8 c	0,6 c
Broza de Café	6,9 d	0,3 d

**Cuadro Nº 10.** Unidades formadoras de colonia (ufc) de algunos microorganismos en 5 vermicompostes

Vermicompost	Bacterias (ufc)	Actinomicetos (ufc)	Hongos (ufc)	C.microbial mg Kg <sup>-1</sup>
Doméstico	8,6 x 10 <sup>7</sup>	4,7 x 10 <sup>7</sup> a	5,2 x 10 <sup>5</sup> a	1101
Estiércol	1,8 x 10 <sup>7</sup>	2,2 x 10 <sup>6</sup> b	5,1 x 10 <sup>4</sup> b	1507
Banano	8,2 x 10 <sup>7</sup>	1,2 x 10 <sup>7</sup> ab	7,0 x 10 <sup>5</sup> a	1580
Ornamental	1,5 x 10 <sup>7</sup>	4,1 x 10 <sup>6</sup> ab	6,7 x 10 <sup>4</sup> b	756
Broza de Café	3,9 x 10 <sup>6</sup>	1,7 x 10 <sup>6</sup> b	4,2 x 10 <sup>4</sup> b	826

Las columnas con la misma letra son similares de acuerdo a la prueba de Tuckey a p<0,05

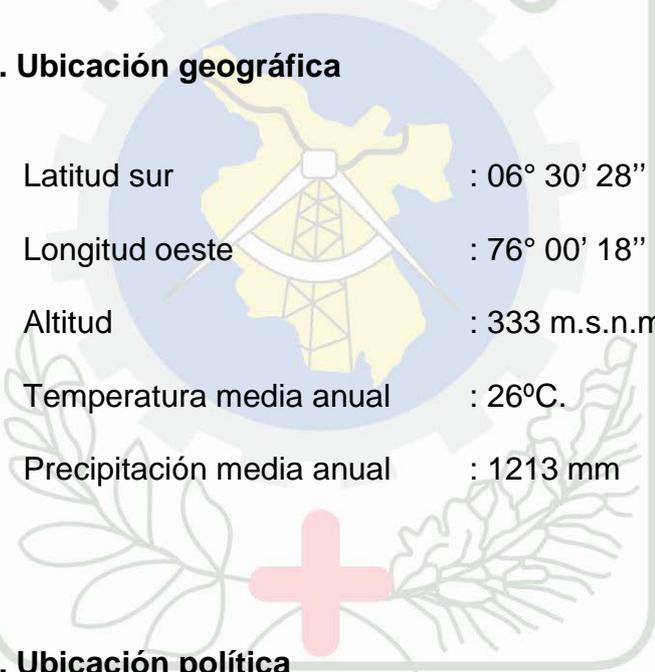
## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. MATERIALES

#### 4.1.1. Ubicación del campo experimental

El presente estudio se desarrolló en la estación experimental “Juan Bernito”, propiedad del Instituto de Cultivos Tropicales - ICT, con una duración de 8 meses.

##### 4.1.1.1. Ubicación geográfica



Latitud sur	: 06° 30' 28"
Longitud oeste	: 76° 00' 18"
Altitud	: 333 m.s.n.m
Temperatura media anual	: 26°C.
Precipitación media anual	: 1213 mm

##### 4.1.1.2. Ubicación política

Departamento	: San Martín
Provincia	: San Martín
Distrito	: Banda de Shilcayo
Lugar	: Estación Experimental “Juan Bernito”

#### 4.1.1.3. Historia del campo

El terreno donde se realizó el trabajo de investigación, pertenece al área de producción de abonos orgánicos del Instituto de Cultivos Tropicales – ICT.

#### 4.1.1.4. Vías de acceso

La carretera Fernando Belaúnde Terry Tarapoto-Juanjui Km 5, es la principal vía de acceso a la estación experimental “Juan Bernito” – ICT.

#### 4.1.1.5. Características climáticas

**Cuadro N° 11.** Datos meteorológicos registrados durante el experimento de Junio a Noviembre del 2008

MESES	TEMPERATURA AMBIENTE °C		PRECIPITACIÓN (mm)	HUMEDAD RELATIVA (%)
	Máxima	Mínima		
JUNIO	30,7	24,2	20,8	80,15
JULIO	31,4	20,2	14,00	78,99
AGOSTO	33,2	20,8	6,4	73,55
SEPTIEMBRE	31,3	20,7	33,4	70,04
OCTUBRE	32,5	21,6	88,6	77,71
NOVIEMBRE	32,2	22,2	76,00	79,8
<b>TOTAL</b>	191,30	129,70	<b>239,20</b>	460,24
<b>PROMEDIO</b>	<b>31,88</b>	<b>21,62</b>		<b>76,71</b>

Fuente: Datos meteorológicos, ICT (2008)

## 4.2. METODOLOGÍA

### 4.2.1. Diseño experimental

Para el presente estudio, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 5 tratamientos y 3 repeticiones.

**Cuadro 12.** Tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	FUENTE	CANTIDAD
T0	Malezas+R.Plátano.+R.Piña.+C.Cacao	50 kg+50 Kg+50Kg+50Kg
T1	Gallinaza + Malezas	100 kg +100 kg
T2	Gallinaza + Rastrojo de plátano	100 kg + 100 kg
T3	Gallinaza + Rastrojo de Piña	100 kg + 100 kg
T4	Gallinaza + Cáscara de cacao	100 kg + 100 kg

### 4.2.2. Esquema del análisis estadístico

El análisis de varianza correspondiente al experimento muestra las siguientes características.

**Cuadro 13.** Análisis de varianza del DBCA

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L
BLOQUES (r -1)	3 -1= 2
TRATAMIENTOS (t -1)	5 -1= 4
ERROR (t -1)(r -1)	8
TOTAL (r.t -1)	14

Para efectos de comparación y análisis se realizó la prueba de comparación de medias según Tuckey, con una significancia del 5 %.

Para el procesamiento de datos y el análisis de varianza de las

variables evaluadas se utilizó el programa estadístico INFOSTAT (2002).

#### 4.2.3. Características del experimento

De acuerdo al diseño experimental (5 tratamientos y 3 repeticiones), las camas de compostaje se dividieron individualmente, con dimensiones de 2,0 m de largo x 3,0 m de ancho, dejando un espacio libre de 1,5 m de un tratamiento a otro, y un espacio de 3,0 m entre bloques.

Características del diseño experimental:

Número de tratamientos (t)	: 5
Número de UE por bloque (k)	: 4
Número de bloques (b)	: 3
Número total de UE	: 12
Número de repeticiones	: 3
Distancia entre bloques	: 3,0 metros.

#### 4.2.4. Ejecución del experimento

##### 4.2.4.1. Preparación y limpieza del área experimental

Se realizó el día 20/04/08, la cual consistió en limpiar y nivelar el área experimental donde se llevó a cabo el presente trabajo de investigación



**Foto N° 01.** Nivelación del área experimental

#### **4.2.4.2. Trazado y estaqueado del área experimental**

Esta actividad se realizó el día 30/04/08, el cual nos permitió diseñar en el terreno la distribución de bloques y tratamientos en estudio, previamente establecido.



**Foto N° 02.** Trazado y estaqueado del área experimental

#### 4.2.4.3. Selección y recolección de materiales

La selección y recolección se realizó del 10/05/08 al 15/05/08, esta actividad, permitió utilizar materiales en buenas condiciones y aptas para el proceso de compostaje. Con respecto a la gallinaza empleada, ésta se encontraba inactiva en la planta de abonos orgánicos –ICT, la misma que fue recolectada hace varios años atrás de granjas avícolas cercanas a la E.E. “Juan Bernito”.

Las malezas que se emplearon en el presente trabajo de investigación, fueron las que comúnmente se les conoce como: Arrocillo (*Rottboellia exaltata*), Centrosema (*Centrosema macrocarpum*), Vergonsoza (*Mimosa* sp.) y Braquiaria (*Brachiaria* sp.). Y estas se recolectaron de una plantación de cítricos perteneciente a la E.E. “Juan Bernito”. Los rastrojos de plátano, piña y cáscara de caco fueron recolectados de las áreas experimentales de cada uno de éstos cultivos que se encuentran en la E.E. “Juan Bernito”.



Foto N° 03. Gallinaza



Foto N° 04. Recolección de malezas

#### 4.2.4.4. Muestro y análisis de la gallinaza y rastrojos empleados

El muestro y el respectivo análisis de los materiales a compostar se realizaron el día 30/05/08, el cual nos permitió conocer las características iniciales de cada material.

Cuadro N° 14. Análisis de gallinaza y rastrojos de cosecha

		MATERIALES					
		Gallinaza	Malezas	R.Plátano	R.Piña	C.Cacao	
N	%	2.07	1.42	0.58	0.98	1.26	
P		3.05	0.19	0.14	0.16	0.18	
K		2.83	0.82	2.88	0.71	2.93	
Ca		8.53	0.58	0.77	0.48	0.29	
Mg		0.73	0.26	0.17	0.16	0.31	
S.SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>		1.11	0.16	0	0.18	0.27	
Na		1.7	0	0	0	0	
Zn		ppm	748.31	60.84	31.79	22.83	75.4
Cu			62.52	14.96	11.92	17.86	19.84
Mn			624.26	220.43	171.87	188.57	152.78
Fe	1808.26		1723.52	633.82	1667.33	1168.65	

#### 4.2.4.5. Corte y picado de los rastrojos

Los rastrojos de los cultivos de plátano, piña, cacao; y malezas empleados en la elaboración de los abonos orgánicos, fueron previamente cortados a trozos o pedazos más pequeños, con la finalidad de que el material se descomponga con mayor facilidad y rapidez, obteniendo el producto en menor tiempo, esta actividad se realizó del día 02/06/08 al 06/06/08.



Foto N° 05. Corte y picado de cáscara de cacao

#### 4.2.4.6. Preparación del compost

Esta actividad se realizó el día 07/06/08, y para la elaboración de compost a partir de la gallinaza y rastrojos de los cultivos de plátano, piña, cacao; y malezas presentes en un campo agrícola, se utilizó el método mencionado por **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**, sólo que en este caso no se aplicó cal,

debido al contenido alto por parte de la gallinaza de este elemento.

Para la formación de capas, la primera estuvo compuesta de material de origen vegetal, es decir, por las malezas, rastrojo de plátano, rastrojo de piña y por la cáscara de cacao, según sea el tratamiento, la segunda capa, estuvo compuesta de gallinaza, luego se agregó agua a discreción, tratando de humedecer las capas por completo, después del riego, se repitió el proceso, es decir una capa rastrojo seguida de una capa de gallinaza y así sucesivamente hasta terminar con todo el material utilizado por cada tratamiento.



**Foto N° 06.** Preparación del compost

Cada tratamiento fue cubierto con un material plástico para su protección en caso de lluvia, pues de esta forma se trató de evitar que los tratamientos evaluados, presenten contenidos excesivos de humedad.



**Foto N° 07.** Tratamientos en estudio

#### **4.2.4.7. Remoción de Tratamientos**

Pasado un tiempo de 4 semanas, se realizó la primera remoción de los tratamientos, luego de la primera remoción, se volvió a realizar esta actividad semanalmente, hasta la culminación del proceso de compostaje.



**Foto N° 08.** Remoción de tratamientos

#### 4.2.4.8. Cosecha de los tratamientos

La cosecha de los tratamientos, se realizó, para el caso del T2 (gallinaza y rastrojo de plátano) y T4 (gallinaza y cáscara de cacao) a los 153 días de compostaje (Inicio 09/06/08 – final 10/11/08) y para los tratamientos T0 (malezas y mezcla de rastrojos), T1 (gallinaza y malezas) y T3 (gallinaza y rastrojo de piña) se realizó a los 165 días (Inicio 09/06/08 – final 22/11/08).



Foto N° 09. Cosecha de tratamientos en estudio

#### 4.2.5. Evaluaciones realizadas

##### 4.2.5.1. Temperatura

Esta variable se midió con un termómetro adecuado de suelo, la temperatura se tomó del centro del compost y se realizaron tres lecturas por tratamiento en diferentes horas del día (a las

8.00 a.m, 12.00 a.m y 5.00 p.m), para posteriormente promediar los resultados. Esta actividad se realizó interdiaria hasta obtener temperaturas constantes en cada tratamiento.



**Foto N° 10.** Medición de temperatura

#### **4.2.5.2. Humedad**

Se tomó una muestra representativa de cada tratamiento, la cual se llevó a la estufa a 105 °C por 24 horas. El cual se determinó dos veces por semana, durante el período de compostaje.

Esta evaluación se realizó luego de la primera remoción de los tratamientos, El porcentaje de humedad se determinó por la siguiente formula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Donde:

$W_i$  = Peso inicial de la muestra

$W_f$  = Pesa de la muestra seca a 105 °C



Foto N° 11. Muestra puesta en estufa a 105 °C

#### 4.2.5.3. Análisis de caracterización química

Se realizaron muestreos de los tratamientos a los 15, 45, 75, 105, 135 y 165 días para su respectivo análisis químico, el cual se realizó en el laboratorio de Suelos del ICT.

Para lo cual se utilizó la siguiente metodología

- pH : Potenciómetro, relación 1:2.5
- C.E : Conductímetro, relación 1:2.5
- N : Kjeldahl
- P : Espectrofotometría, UV (420 nm)
- Na, K, Ca, Mg : Espectrofotometría de Absorción Atómica
- He, Mn, Cu, Zn: Espectrofotometría de Absorción Atómica
- B : Espectrofotometría, UV (550 nm)
- S : Turbidimétrico-Espectrofotometría

De los resultados obtenidos, sólo se procedió a analizar e interpretar los resultados de los elementos más resaltantes (pH, N, P, K, Ca, Mg, He, Mn).

#### **4.2.5.4. Análisis de caracterización microbiológica**

Se realizaron muestreos de los tratamientos a los 15, 45, 75, 105, 135 y 165 días para su respectivo análisis microbiológico, el cual se realizó en el laboratorio de Fitopatología del ICT, el que consistió en el conteo de unidades formadoras de colonia (ufc) para el caso de hongos, bacterias y el número de individuos por 100 gramos de suelo para el caso de nematodos.

Para realizar el análisis estadístico de esta variable, los datos fueron transformados aplicando  $\text{Log}_{10}$  (ufc, Indv. / 100 g de Suelo) debido a la gran cantidad y variación que existe entre cada tratamiento con respecto al número de ufc de hongos y bacterias principalmente.



Foto N° 12. Muestra de tratamientos para su respectivo análisis

#### 4.2.5.5. Cantidad de compost producido

La cantidad de compost producido fue diferente para cada tratamiento, ya que existió diferencia entre los materiales que se emplearon para su elaboración, como el caso de malezas, rastrojo de plátano, rastrojo de piña y cáscara de cacao.



Foto Nº 13. Pesado de compost producido

#### 4.2.5.6. Análisis costo-beneficio de cada tratamiento

Para el cálculo de la relación costo/beneficio de cada tratamiento, se utilizó las siguientes formulas:

$$\text{Ingreso Bruto} = \text{Rendimiento Kg} \times \text{Precio de venta S/. / Kg.}$$

$$\text{Ingreso Neto (unidad)} = \text{Ingreso bruto} - \text{Costo de producción}$$

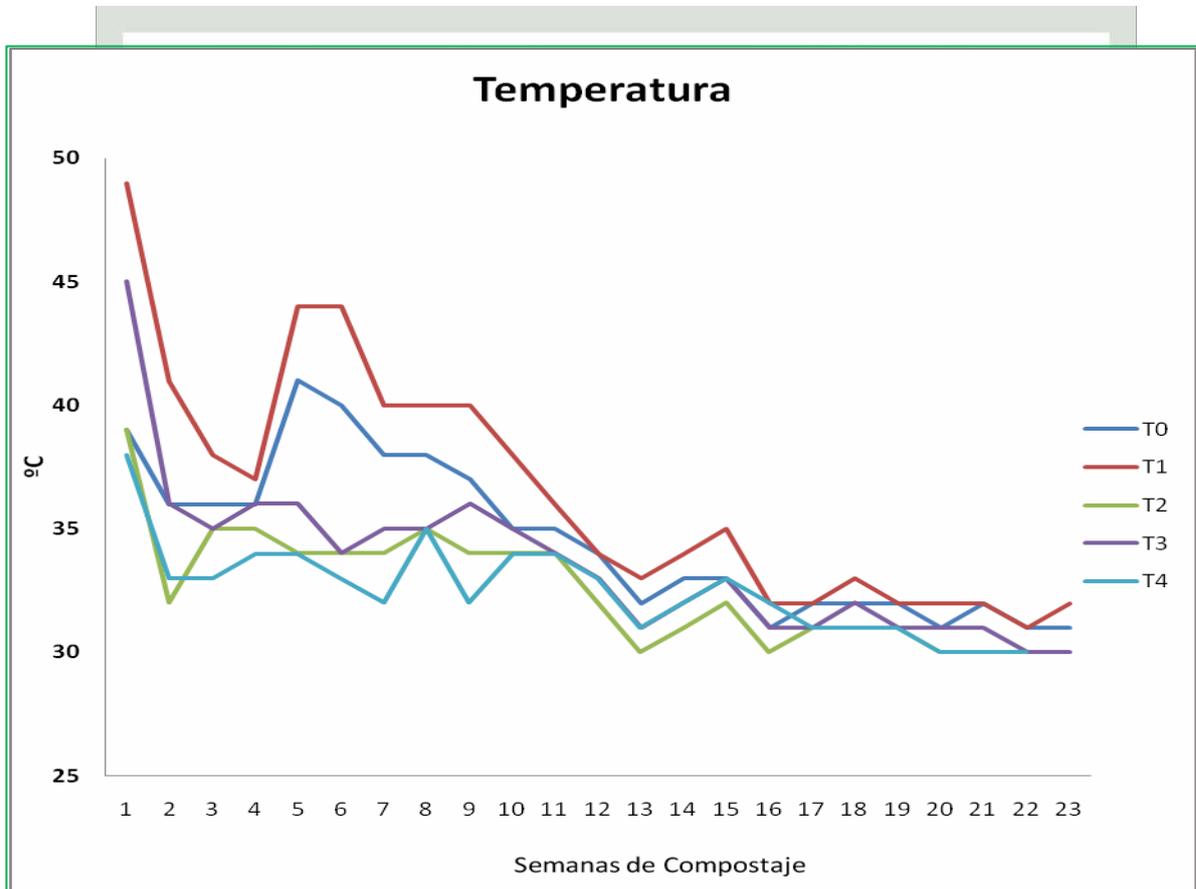
$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Ingreso Neto (unidad)}}{\text{Costo de producción}}$$

$$\text{Relación C/B} = \frac{\text{Costo de producción}}{\text{Ingreso Neto (unidad)}}$$

Al realizar la depreciación de los materiales y herramientas, se tuvo en cuenta la opinión de personal que labora en campo, quienes manifiestan, que varía según el uso y tiempo de trabajo.

## V. RESULTADOS

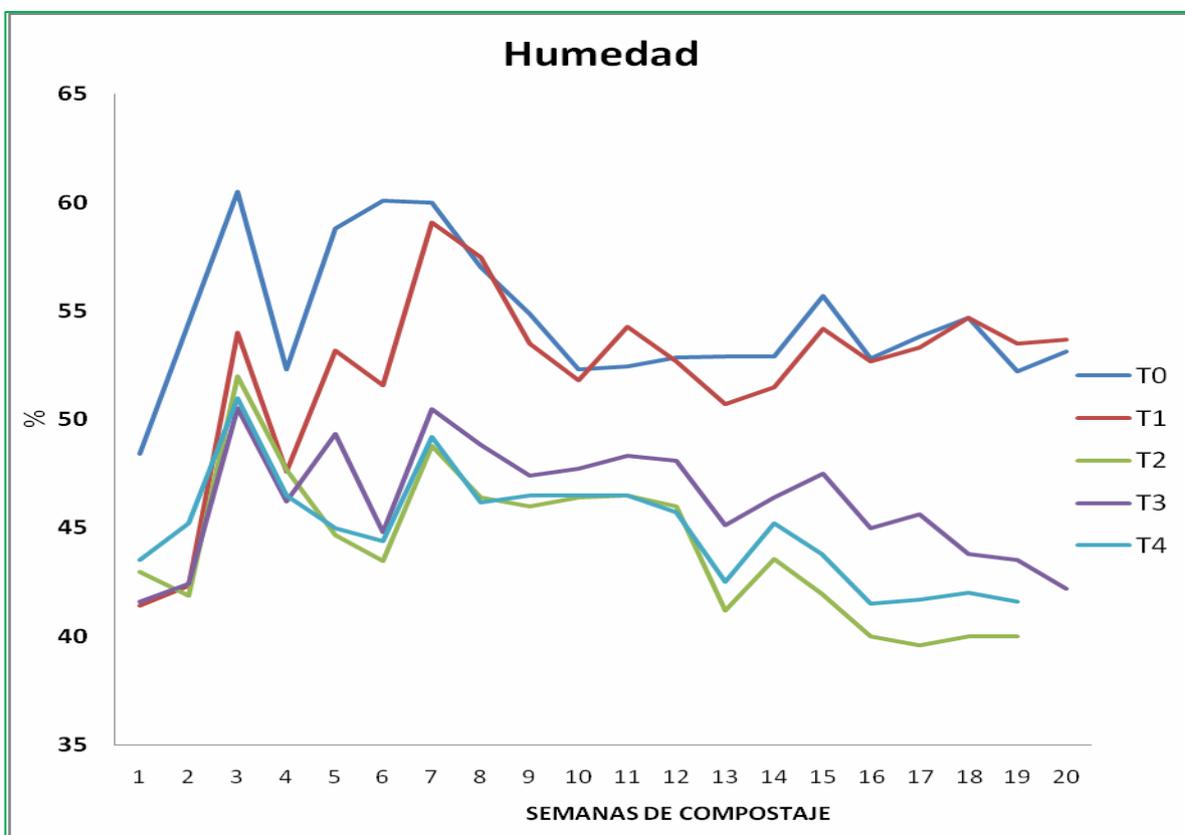
### 5.1. Temperatura



**Gráfico N° 01.** Resumen de temperatura de los tratamientos evaluados durante el proceso de compostaje

El gráfico N° 01, muestra las fluctuaciones de temperatura de cada uno de los tratamientos evaluados, en el que se puede observar, mayor temperatura al inicio del proceso de compostaje y que ésta va disminuyendo a medida que el compostaje avanza.

## 5.2. Humedad

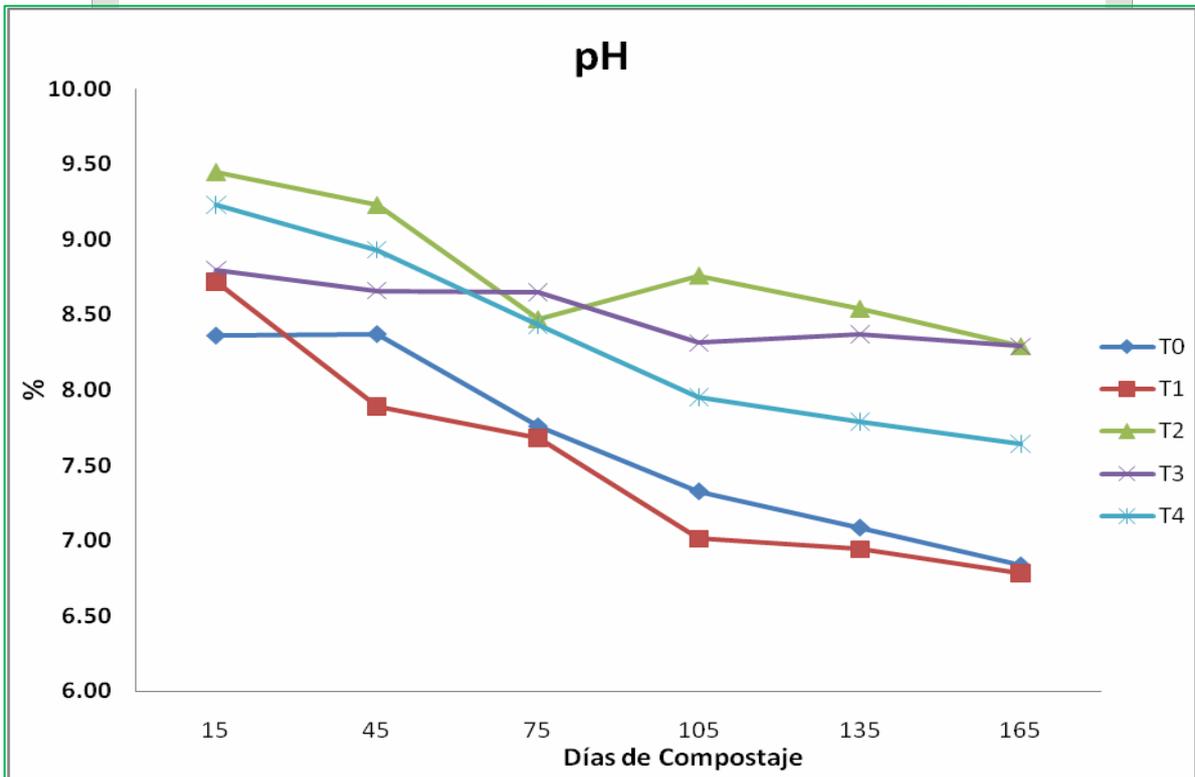


**Gráfico N° 02.** Resumen de humedad de los tratamientos evaluados durante el proceso de compostaje

El gráfico N° 02, muestra la humedad alcanzada y mantenida durante el proceso de compostaje de los tratamientos evaluados, además se puede apreciar, la diferencia que existe entre cada tratamiento con respecto a los niveles de humedad.

### 5.3. Análisis de caracterización química

#### 5.3.1. pH



**Gráfico N° 03.** pH de cada tratamiento evaluado durante el proceso de compostaje

**Cuadro N° 15.** Análisis de varianza para el pH al final del proceso de compostaje

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>BLOQUES</b>	0.13	2	0.07	9.06	0.0088 **
<b>TRATAMIENTOS</b>	6.61	4	1.65	227.47	<0.0001 **
<b>Error</b>	0.06	8	0.01		
<b>Total</b>	6.8	14			

\* : Diferencias Significativas

\*\* : Diferencias Altamente Significativas

$R^2 = 99.00 \%$

**C.V** = 1.13 %

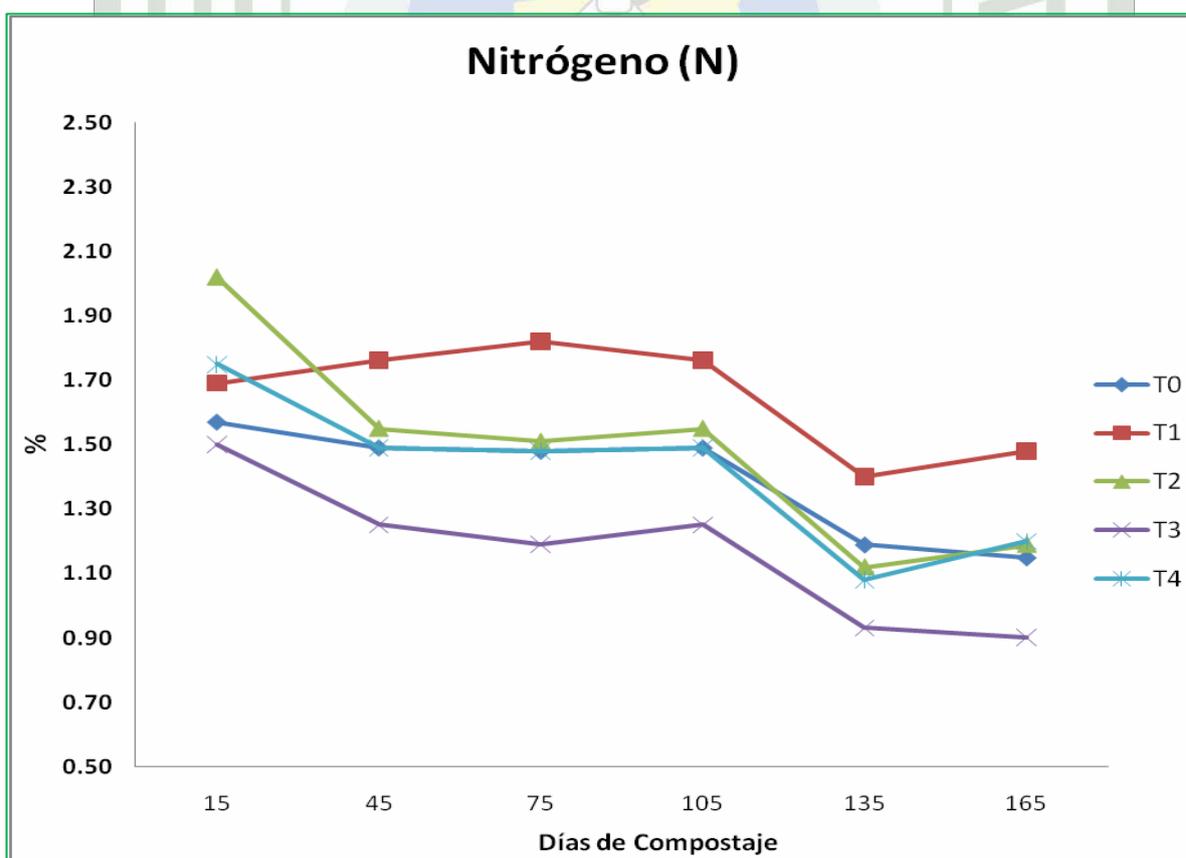
**x** = 7.56 %

**Cuadro N° 16.** Prueba de separación de medias según Tuckey al 5 % para el pH

TRATAMIENTO	Días de Compostaje					
	15	45	75	105	135	165
T0	8.36 c	8.37 c	7.76 a	7.33 d	7.09 c	<b>6.84 c</b>
T1	8.72 bc	7.89 d	7.68 a	7.01 e	6.94 c	<b>6.78 c</b>
T2	9.45 a	9.23 a	8.47 a	8.76 a	8.54 a	<b>8.29 a</b>
T3	8.8 b	8.66 b	8.65 a	8.31 b	8.37 a	<b>8.29 a</b>
T4	9.23 a	8.93 b	8.43 a	7.95 c	7.79 b	<b>7.64 b</b>

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

### 5.3.2. Nitrógeno



**Gráfico N° 04.** Nitrógeno en cada tratamiento evaluado durante el proceso de compostaje

**Cuadro Nº 17.** Análisis de varianza del Nitrógeno al final del proceso de compostaje

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>BLOQUES</b>	0.06	2	0.03	1.76	0.2324 NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.5	4	0.13	6.91	0.0104 *
<b>Error</b>	0.15	8	0.02		
<b>Total</b>	0.71	14			

NS : No Significativo

\* : Diferencias Significativas

$R^2 = 80.00 \%$

$CV = 11.40 \%$

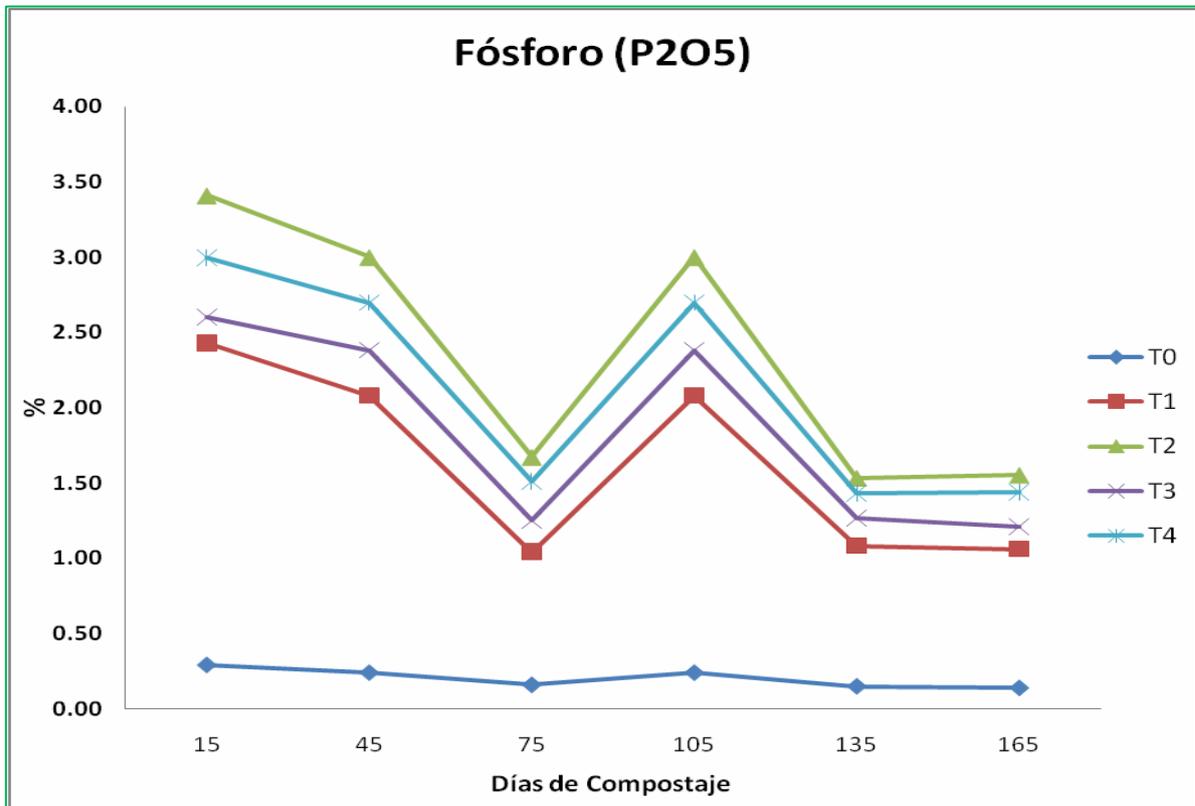
$X = 1.18 \%$

**Cuadro Nº 18.** Prueba de separación de medias según Tuckey al 5 % para el Nitrógeno (%)

TRATAMIENTO	Días de Compostaje					
	15	45	75	105	135	165
<b>T0</b>	1.57 a	1.49 b	1.48 ab	1.49 b	1.19 ab	<b>1.15 ab</b>
<b>T1</b>	1.69 a	1.76 a	1.82 a	1.76 a	1.4 a	<b>1.48 a</b>
<b>T2</b>	2.02 a	1.55 ab	1.51 ab	1.55 ab	1.12 ab	<b>1.19 ab</b>
<b>T3</b>	1.5 a	1.25 c	1.19 b	1.25 c	0.93 b	<b>0.9 b</b>
<b>T4</b>	1.75 a	1.49 b	1.48 ab	1.49 b	1.08 ab	<b>1.2 ab</b>

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

### 5.3.3. Fósforo



**Gráfico Nº 05.** Fósforo en cada tratamiento evaluado durante el proceso de compostaje

**Cuadro Nº 19.** Análisis de varianza del Fósforo al final del proceso de compostaje

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>BLOQUES</b>	0.08	2	0.04	2.73	0.1249 NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	3.78	4	0.94	66.15	<0.0001 **
<b>Error</b>	0.11	8	0.01		
<b>Total</b>	3.97	14			

NS : No Significativo

\*\* : Diferencias Altamente Significativas

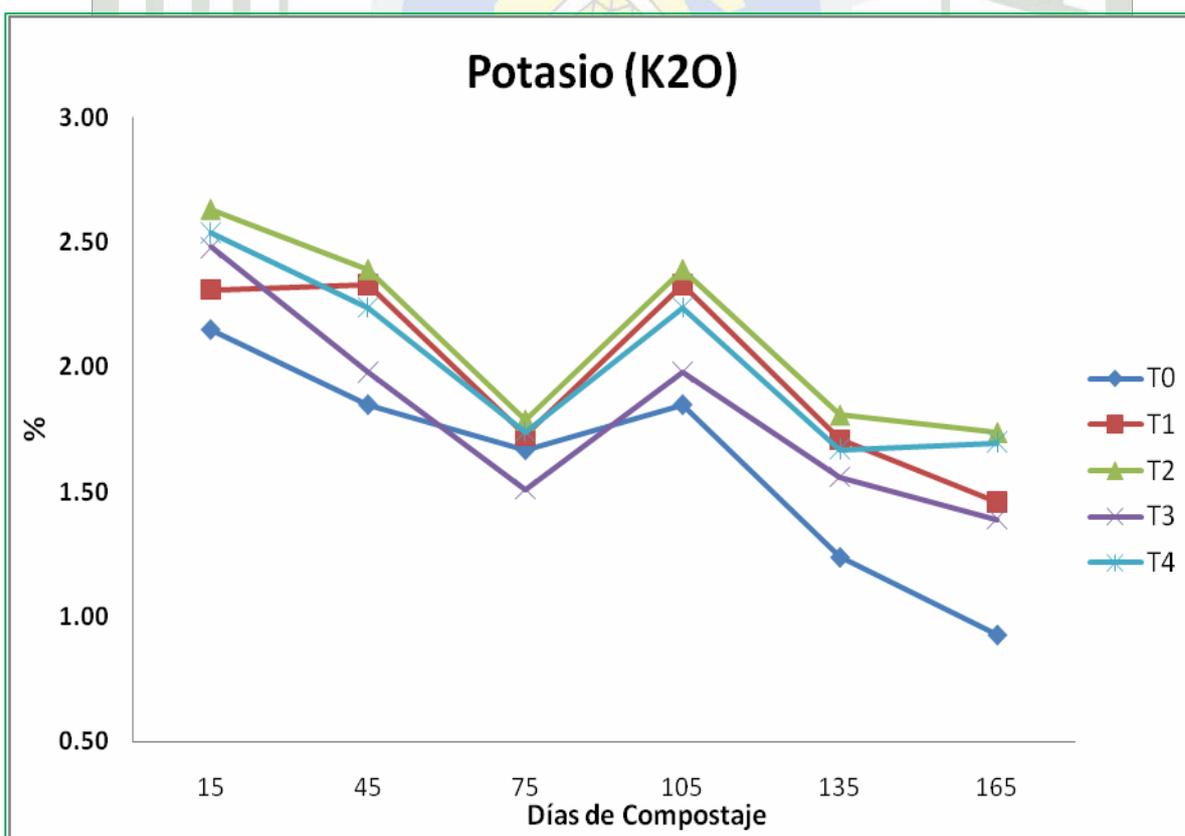
**R<sup>2</sup>** = 97.00 %      **C.V** = 11.05 %      **X** = 1.08 %

**Cuadro N° 20.** Prueba de separación de medias según Tuckey al 5 % para el Fósforo (%)

TRATAMIENTOS	Días de Compostaje					
	15	45	75	105	135	165
<b>T0</b>	0.29 d	0.24 e	0.16 d	0.24 e	0.15 c	<b>0.14 c</b>
<b>T1</b>	2.43 c	2.08 d	1.04 c	2.08 d	1.08 b	<b>1.06 b</b>
<b>T2</b>	3.41 a	3.00 a	1.67 a	3.00 a	1.53 a	<b>1.55 a</b>
<b>T3</b>	2.60 c	2.38 c	1.25 bc	2.38 c	1.27 ab	<b>1.21 ab</b>
<b>T4</b>	3.00 b	2.70 b	1.51 ab	2.70 b	1.43 a	<b>1.44 a</b>

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

### 5.3.4. Potasio



**Gráfico N° 06.** Potasio en cada tratamiento evaluado durante el proceso de compostaje

**Cuadro Nº 21.** Análisis de varianza del Potasio al final del proceso de compostaje

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>BLOQUES</b>	0.14	2	0.07	6.21	0.0236 *
<b>TRATAMIENTOS</b>	1.27	4	0.32	27.83	0.0001 **
<b>Error</b>	0.09	8	0.01		
<b>Total</b>	1.5	14			

\* : Diferencias Significativas

\*\* : Diferencias Altamente Significativas

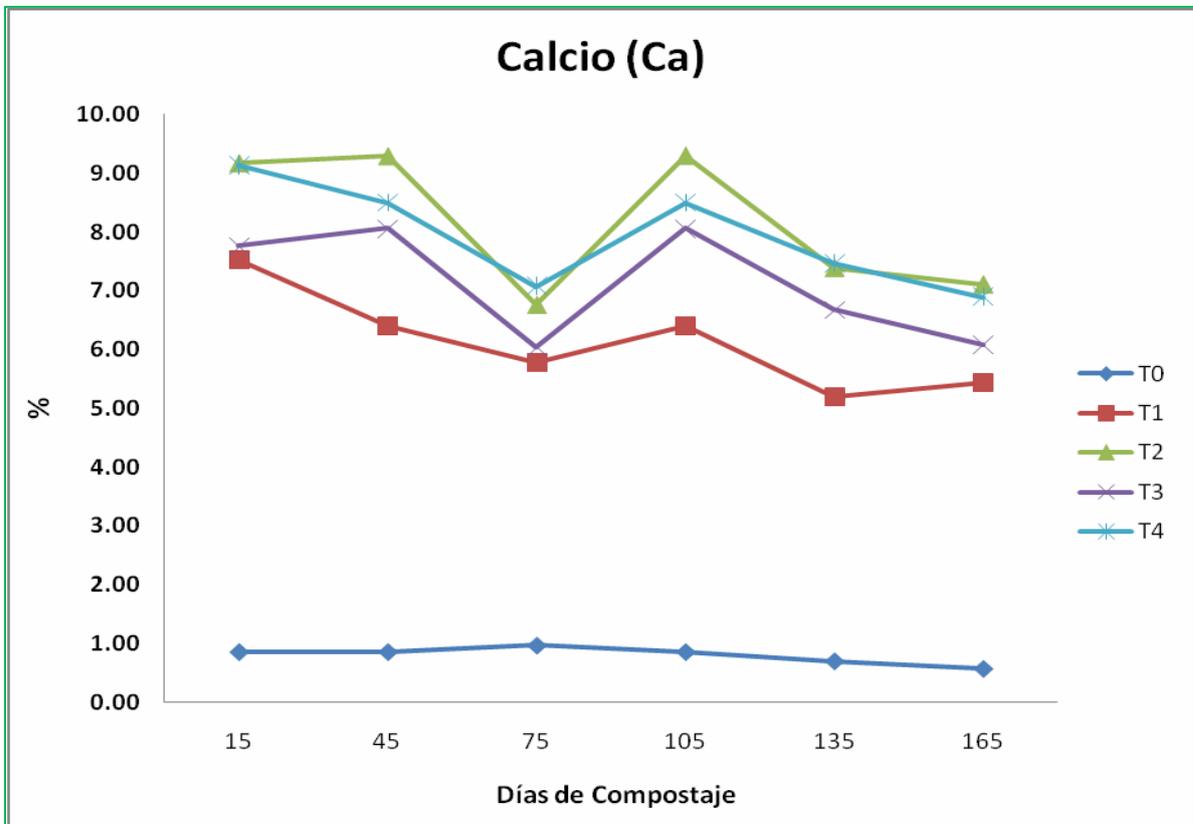
$R^2 = 94.00 \%$        $C.V = 7.40 \%$        $X = 1.44 \%$

**Cuadro Nº 22.** Prueba de separación de medias según Tuckey al 5 % para el Potasio (%)

TRATAMIENTOS	Días de Compostaje					
	15	45	75	105	135	165
<b>T0</b>	2.15 b	1.85 a	1.67 a	1.85 a	1.24 b	<b>0.93 c</b>
<b>T1</b>	2.31 ab	2.33 a	1.73 a	2.33 a	1.71 a	<b>1.46 ab</b>
<b>T2</b>	2.63 a	2.39 a	1.79 a	2.39 a	1.81 a	<b>1.74 a</b>
<b>T3</b>	2.48 ab	1.98 a	1.51 a	1.98 a	1.56 ab	<b>1.39 b</b>
<b>T4</b>	2.54 ab	2.24 a	1.74 a	2.24 a	1.67 a	<b>1.70 a</b>

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

### 5.3.5. Calcio



**Gráfico Nº 07.** Calcio en cada tratamiento evaluado durante el proceso de compostaje

**Cuadro Nº 23.** Análisis de varianza del Calcio al final del proceso de compostaje

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>BLOQUES</b>	1.13	2	0.57	1.6	0.2595 NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	86.44	4	21.61	61.13	<0.0001 **
<b>Error</b>	2.83	8	0.35		
<b>Total</b>	90.4	14			

NS : No Significativo

\*\* : Diferencias Altamente Significativas

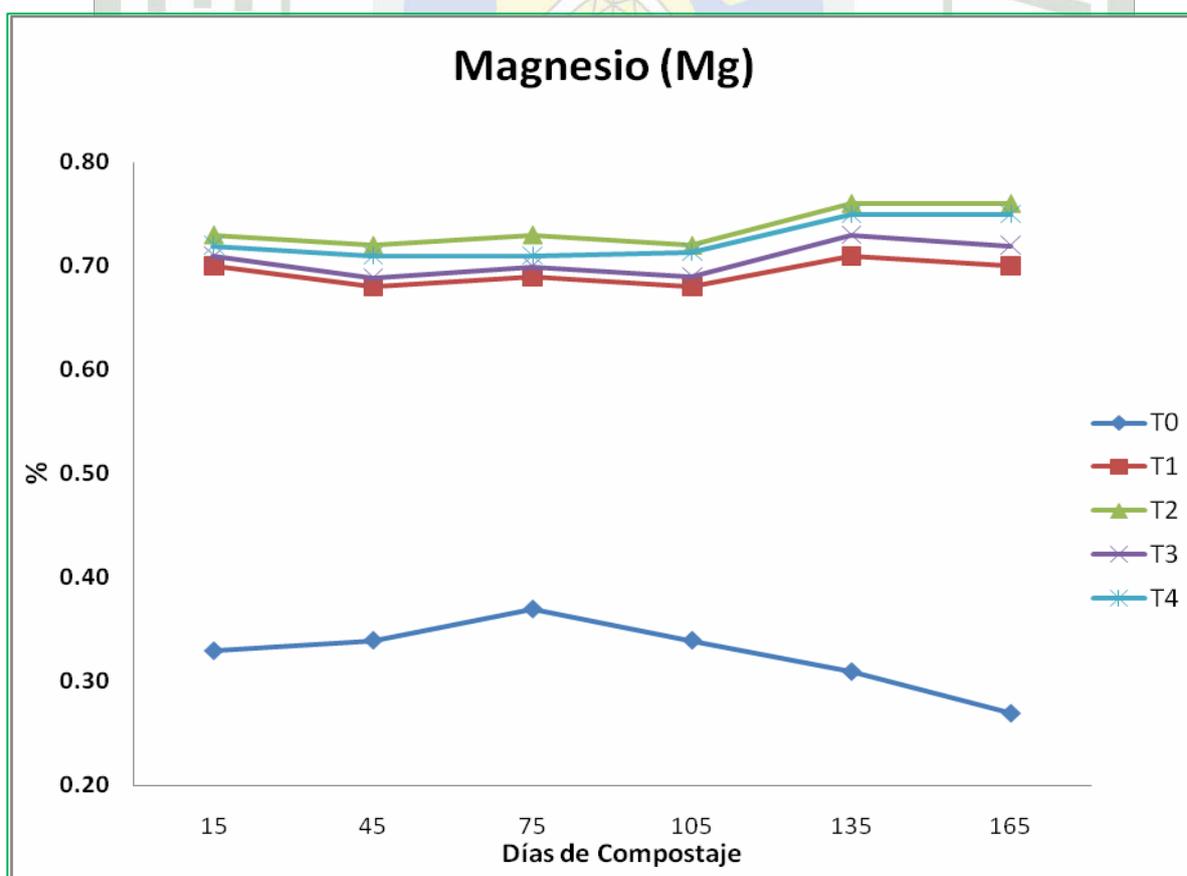
$R^2 = 97.00 \%$        $C.V = 11.39 \%$        $X = 5.22 \%$

**Cuadro Nº 24.** Prueba de separación de medias según Tuckey al 5 % para el Calcio (%)

TRATAMIENTO	Días de Compostaje					
	15	45	75	105	135	165
T0	0.86 b	0.86 d	0.97 b	0.86 d	0.70 c	<b>0.57 b</b>
T1	7.53 a	6.40 c	5.78 a	6.40 c	5.20 b	<b>5.45 a</b>
T2	9.17 a	9.29 a	6.76 a	9.30 a	7.39 a	<b>7.11 a</b>
T3	7.75 a	8.06 b	6.03 a	8.06 b	6.67 a	<b>6.08 a</b>
T4	9.13 a	8.49 ab	7.08 a	8.49 ab	7.46 a	<b>6.89 a</b>

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

### 5.3.6. Magnesio



**Gráfico Nº 08.** Magnesio en cada tratamiento evaluado durante el proceso de compostaje

**Cuadro Nº 25.** Análisis de varianza del Magnesio al final del proceso de compostaje

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>BLOQUES</b>	0.01	2	2.70E-03	10.23	0.0062 **
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.52	4	0.13	504.65	<0.0001 **
<b>Error</b>	2.10E-03	8	2.60E-04		
<b>Total</b>	0.53	14			

\* : Diferencias Significativas

\*\* : Diferencias Altamente Significativas

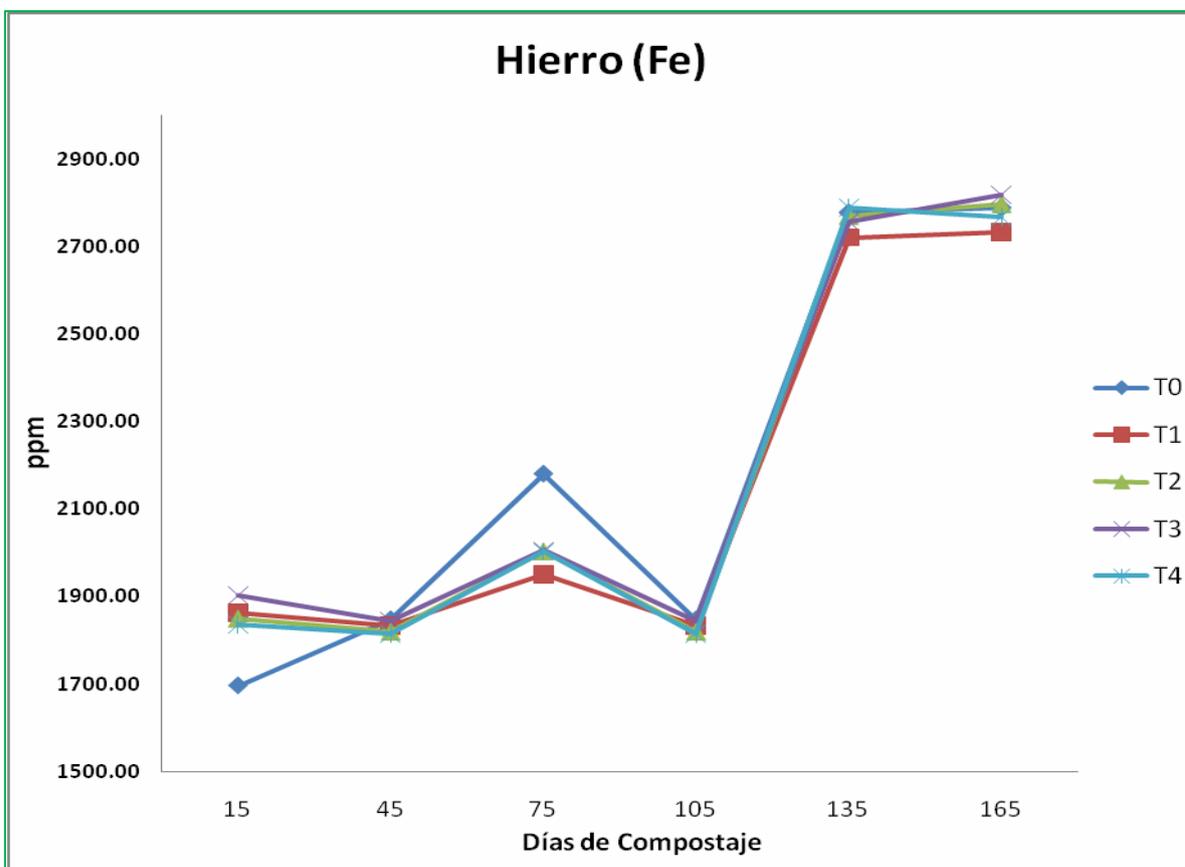
$R^2 = 99.00 \%$       **C.V** = 2.53 %      **X** = 0.64 %

**Cuadro Nº 26.** Prueba de separación de medias según Tuckey al 5 % para el Magnesio (%)

TRATAMIENTOS	Días de Compostaje					
	15	45	75	105	135	165
<b>T0</b>	0.33 a	0.34 b	0.37 b	0.34 b	0.31 c	<b>0.27 c</b>
<b>T1</b>	0.70 a	0.68 a	0.69 a	0.68 a	0.71 b	<b>0.70 b</b>
<b>T2</b>	0.73 a	0.72 a	0.73 a	0.72 a	0.76 a	<b>0.76 a</b>
<b>T3</b>	0.71 a	0.68 a	0.70 a	0.69 a	0.73 ab	<b>0.72 ab</b>
<b>T4</b>	0.72 a	0.71 a	0.71 a	0.71 a	0.75 ab	<b>0.75 a</b>

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

### 5.3.7. Hierro



**Gráfico N° 09.** Hierro en cada tratamiento evaluado durante el proceso de compostaje

**Cuadro N° 27.** Análisis de varianza del Hierro al final del proceso de compostaje

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>BLOQUES</b>	9523.71	2	4761.85	6.95	0.0178 *
<b>TRATAMIENTOS</b>	12604.13	4	3151.03	4.6	0.032 *
<b>Error</b>	5481.78	8	685.22		
<b>Total</b>	27609.61	14			

\* : Diferencias Significativas

\*\* : Diferencias Altamente Significativas

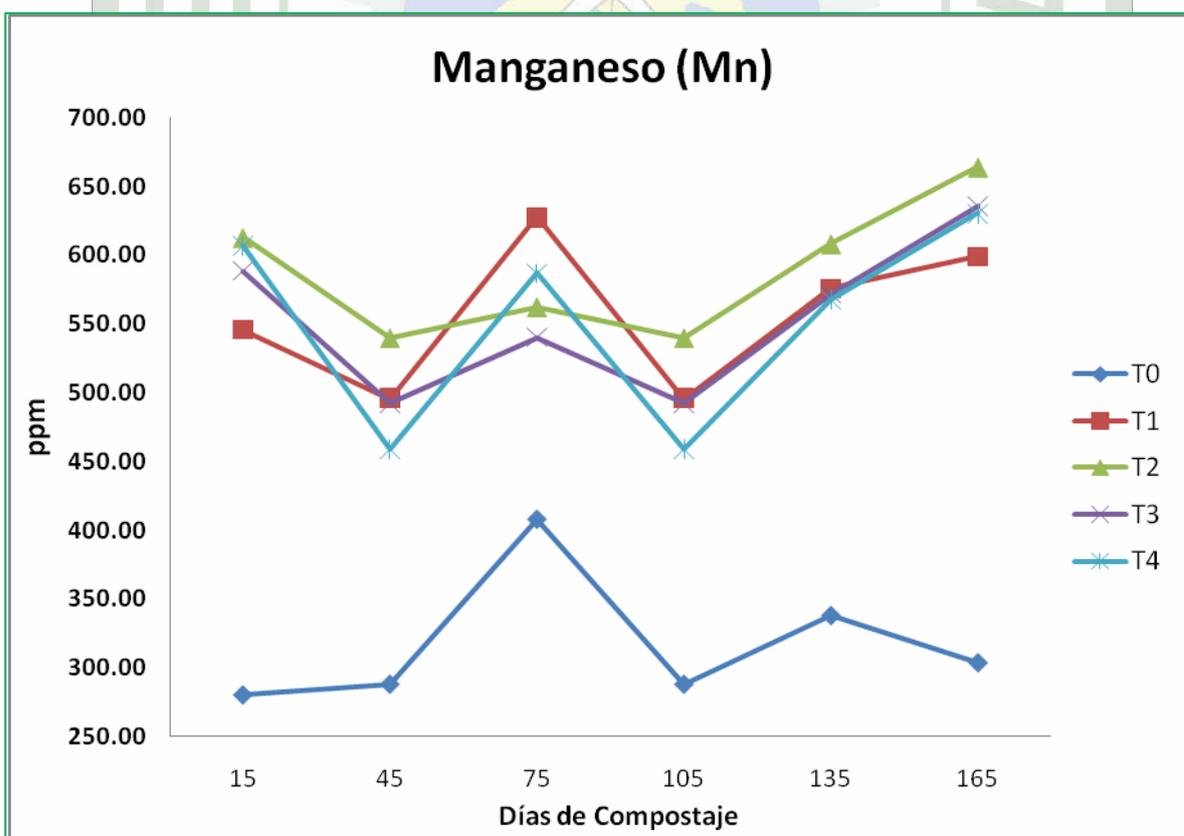
**R<sup>2</sup>** = 80.00 %      **C.V** = 0.94 %      **X** = 2 781.30 ppm

**Cuadro Nº 28.** Prueba de separación de medias según Tuckey al 5 % para el Hierro (ppm)

TRATAMIENTO	Días de Compostaje					
	15	45	75	105	135	165
<b>T0</b>	1695.55 b	1846.90 a	2180.19 a	1846.90 a	2778.57 a	<b>2789.22 ab</b>
<b>T1</b>	1863.15 a	1833.21 a	1950.43 a	1833.21 a	2720.75 a	<b>2733.50 b</b>
<b>T2</b>	1848.81 a	1818.65 a	2002.65 a	1818.65 a	2770.15 a	<b>2797.26 ab</b>
<b>T3</b>	1903.35 a	1843.80 a	2005.54 a	1843.83 a	2756.96 a	<b>2818.89 a</b>
<b>T4</b>	1835.13 a	1813.38 a	2001.73 a	1813.38 a	2789.88 a	<b>2767.64 ab</b>

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

### 5.3.8. Manganeso



**Gráfico Nº 10.** Manganeso en cada tratamiento evaluado durante el proceso de compostaje

**Cuadro Nº 29.** Análisis de varianza del Manganeso al final del proceso de compostaje

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>BLOQUES</b>	5388.47	2	2694.24	1.86	0.2171 NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	265294.62	4	66323.65	45.79	<0.0001 **
<b>Error</b>	11588.55	8	1448.57		
<b>Total</b>	282271.64	14			

NS : No Significativo

\*\* : Diferencias Altamente Significativas

$R^2 = 96.00 \%$        $C.V = 6.71 \%$        $X = 566.81 \text{ ppm}$

**Cuadro Nº 30.** Prueba de separación de medias según Tuckey al 5 % para el Manganeso (ppm)

TRATAMIENTO	Días de Compostaje					
	15	45	75	105	135	150
<b>T0</b>	280.73 b	288.45 b	408.11 b	288.45 b	338.32 b	<b>304.04 b</b>
<b>T1</b>	545.88 a	495.67 a	627.82 a	495.67 a	575.64 a	<b>599.24 a</b>
<b>T2</b>	612.87 a	540.08 a	562.57 ab	540.08 a	608.41 a	<b>664.17 a</b>
<b>T3</b>	588.76 a	492.47 a	540.41 ab	492.47 a	571.94 a	<b>635.92 a</b>
<b>T4</b>	607.00 a	459.05 a	587.35 a	458.95 a	567.84 a	<b>630.67 a</b>

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

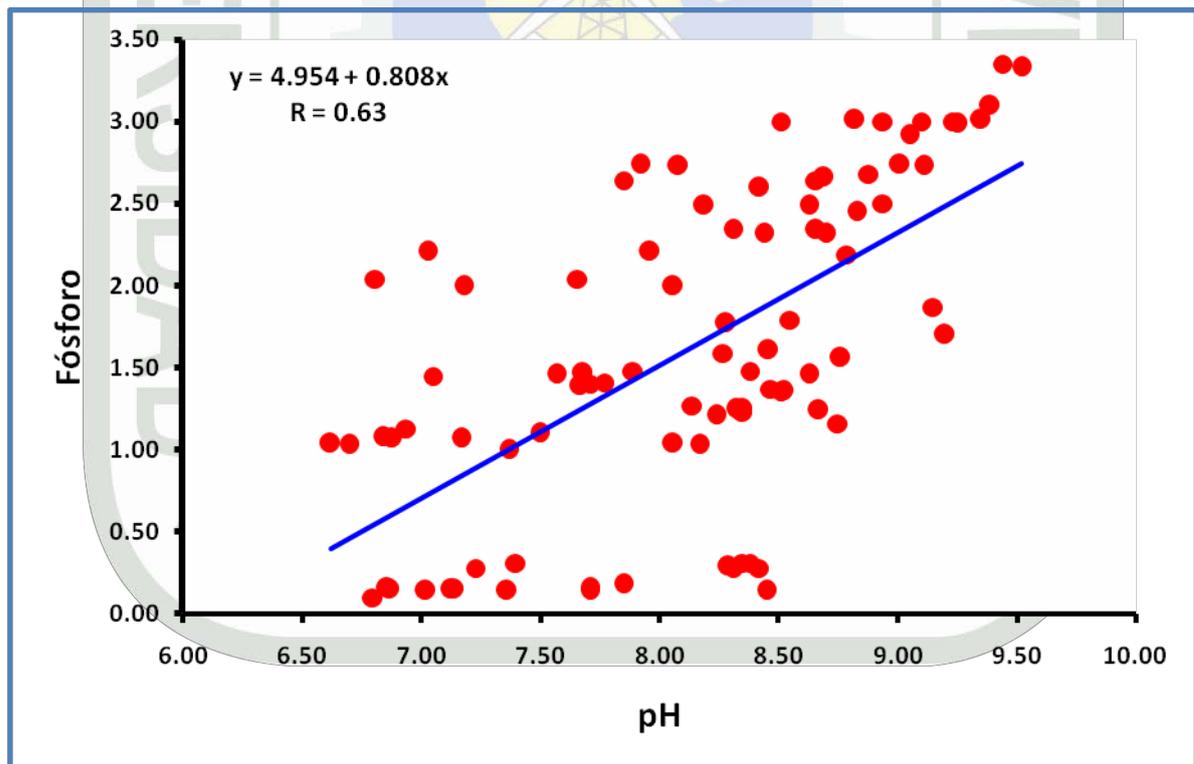
**Cuadro Nº 31.** Coeficiente de correlación (r), para los macro y micronutrientes evaluados

Variables	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>
<i>pH</i>	0,20 *	0,63 **	0,59 **	0,56 **	0,39 **	0,27 *	-0,46 **
<i>N</i>		0,37 **	0,64 **	0,15 Ns	0,06 Ns	0,00 Ns	-0,65 **
<i>P</i>			0,75 **	0,91 **	0,72 **	0,48 **	-0,45 **
<i>K</i>				0,54 **	0,37 **	0,17 *	-0,69 **
<i>Ca</i>					0,92 **	0,69 **	-0,19 *
<i>Mg</i>						0,84 **	0,03 Ns
<i>Mn</i>							0,23 *
<i>Fe</i>							-

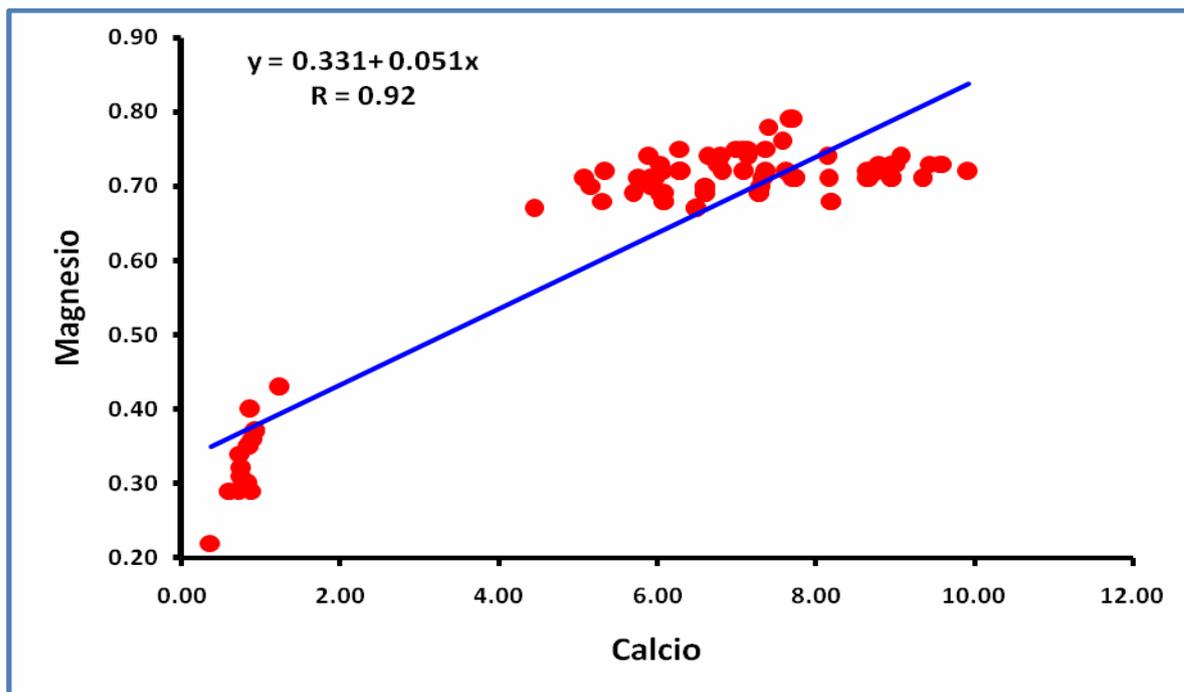
Diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ )

\* = Significativo \*\* = Altamente Significativo

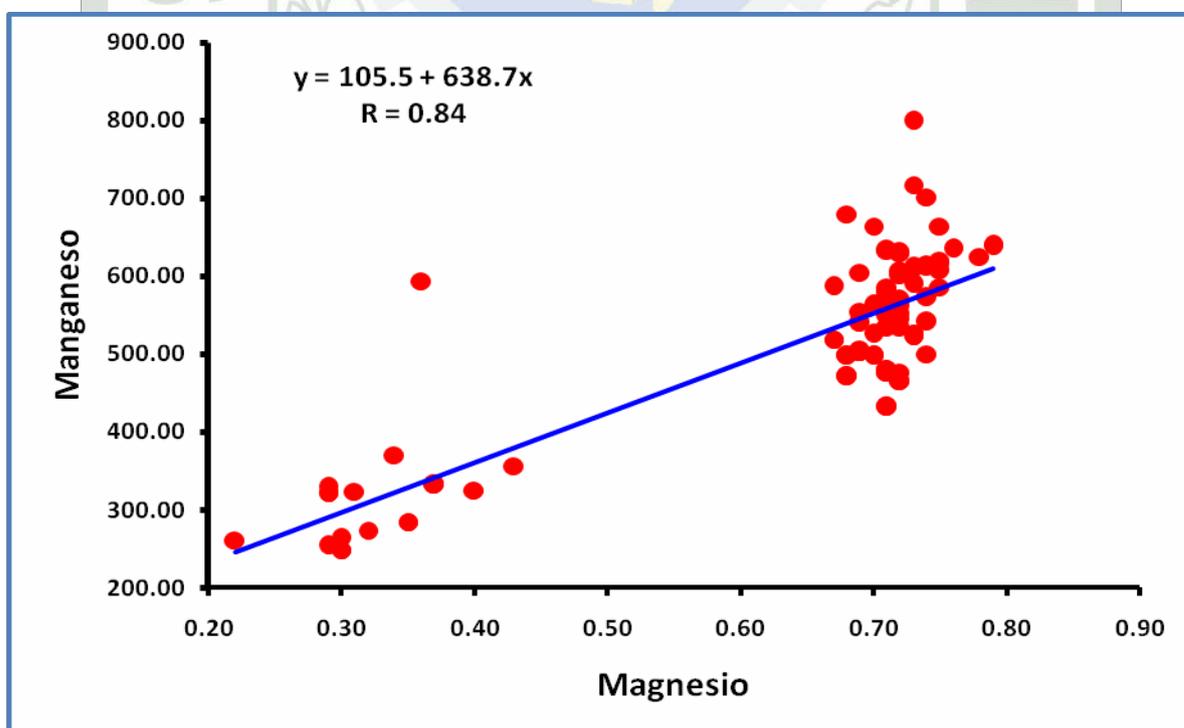
Ns= No Significativo



**Gráfico Nº 11.** Correlación entre el pH y Fósforo evaluado durante el proceso de compostaje



**Gráfico Nº 12.** Correlación entre el Calcio y Magnesio evaluado durante el proceso de compostaje

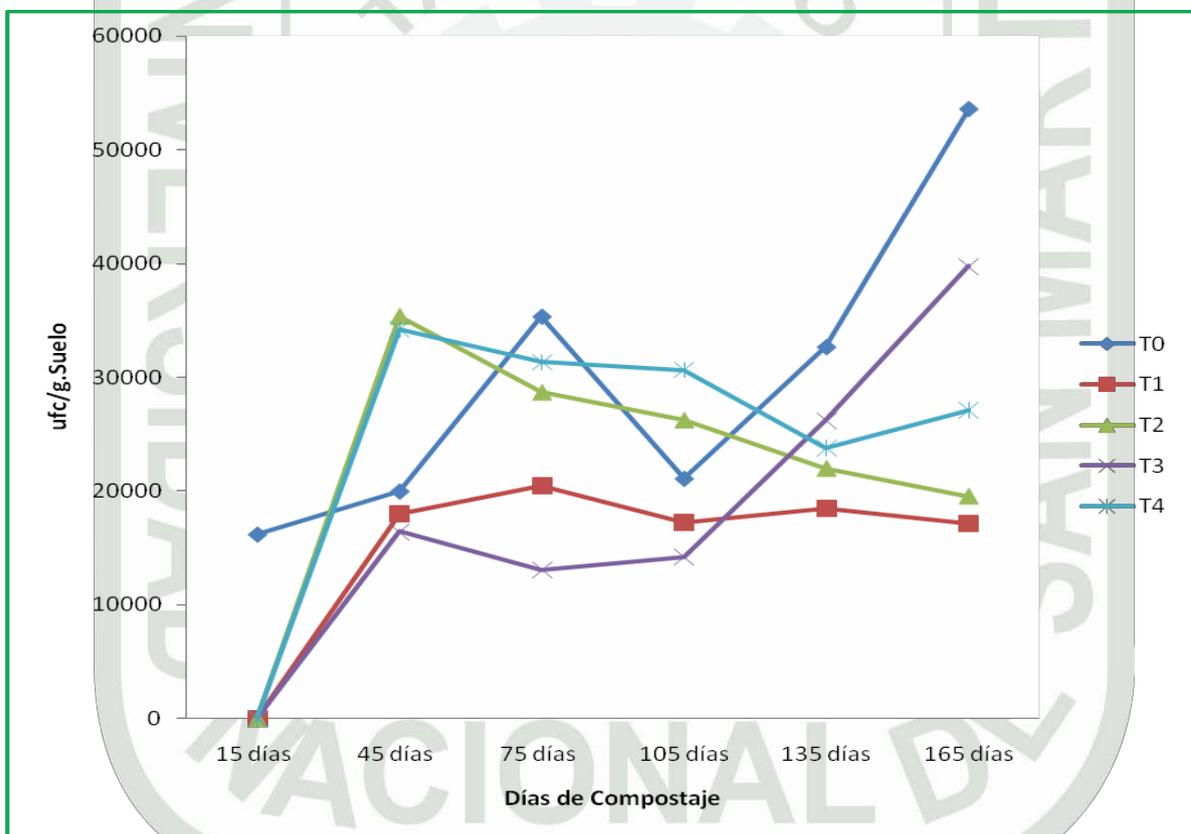


**Gráfico Nº 13.** Correlación entre el Magnesio y Manganeso evaluado durante el proceso de compostaje

## 5.4. Análisis de caracterización microbiológica

Se muestran a continuación la dinámica de las poblaciones de hongos, bacterias y nematodos durante todo el proceso de compostaje de los tratamientos evaluados.

### 5.4.1. Hongos



**Gráfico Nº 14.** Población de Hongos (ufc) en cada uno de los tratamientos evaluados durante el proceso de compostaje

**Cuadro N° 32.** Análisis de varianza para la población de Hongos al final de proceso de compostaje

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>BLOQUES</b>	0.06	2	0.03	1.83	0.2222 NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.5	4	0.12	8.05	0.0066 **
<b>Error</b>	0.12	8	0.02		
<b>Total</b>	0.68	14			

NS : No Significativo

\*\* : Diferencias Altamente Significativas

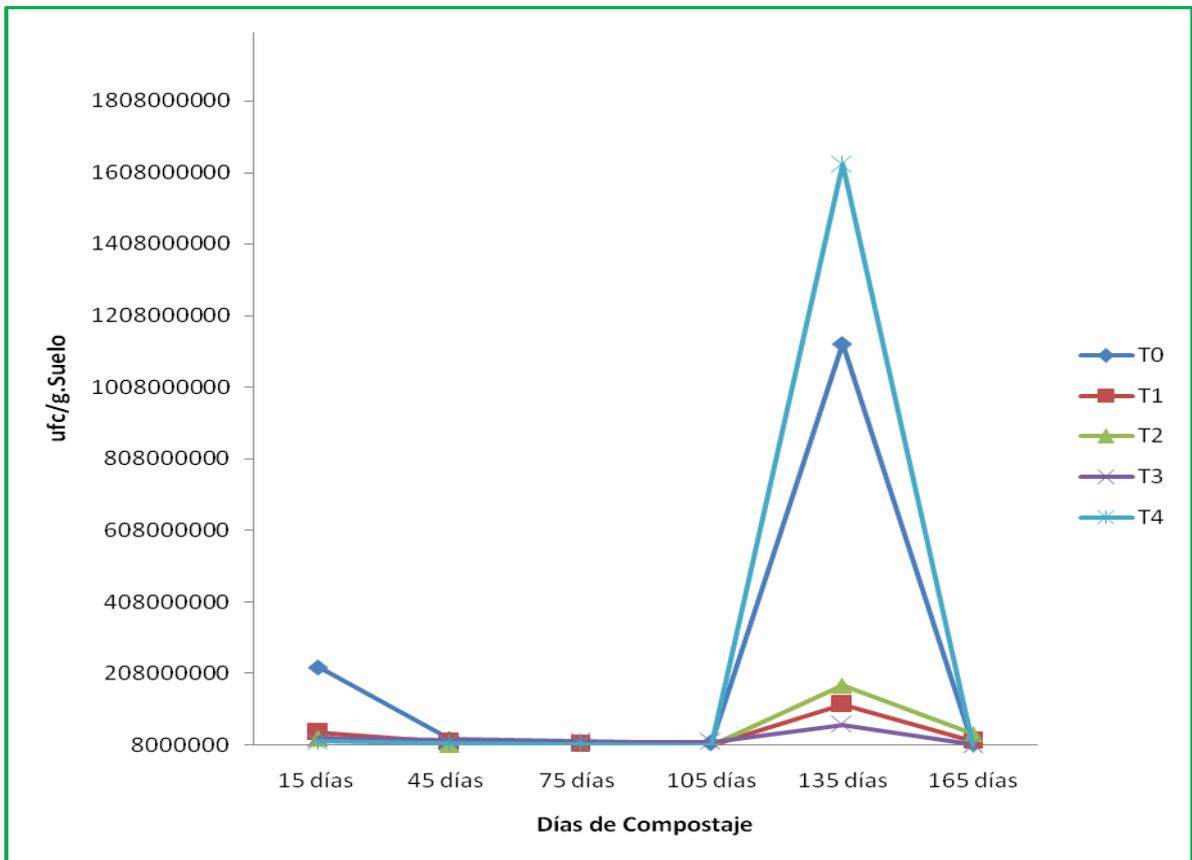
$R^2 = 82.00 \%$        $C.V = 2.80 \%$        $X = 3,1 \times 10^4$  ufc

**Cuadro N° 33.** Prueba de separación de medias según Tuckey al 5 % para la población de Hongos (ufc)

TRATAMIENTOS	Días de Compostaje					
	15	45	75	105	135	165
<b>T0</b>	16222	20000 a	35333 a	21111 ab	32667 a	<b>53556 a</b>
<b>T1</b>	0	18000 a	20444 a	17222 ab	18444 a	<b>17111 c</b>
<b>T2</b>	0	35333 a	28667 a	26222 ab	22000 a	<b>19556 bc</b>
<b>T3</b>	0	16444 a	13111 a	14222 b	26222 a	<b>39778 ab</b>
<b>T4</b>	0	34222 a	31333 a	30667 a	23778 a	<b>27111 abc</b>

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

## 5.4.2. Bacterias



**Gráfico N° 15.** Población de Bacterias (ufc) en cada uno de los tratamientos evaluados durante el proceso de compostaje

**Cuadro N° 34.** Análisis de varianza para la población de Bacterias al final de proceso de compostaje

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>BLOQUES</b>	0.22	2	0.11	1.49	0.2818 NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	2.13	4	0.53	7.4	0.0085 **
<b>Error</b>	0.58	8	0.07		

NS : No Significativo

\*\* : Diferencias Altamente Significativas

**R<sup>2</sup>** = 80.00 %

**C.V** = 3.72 %

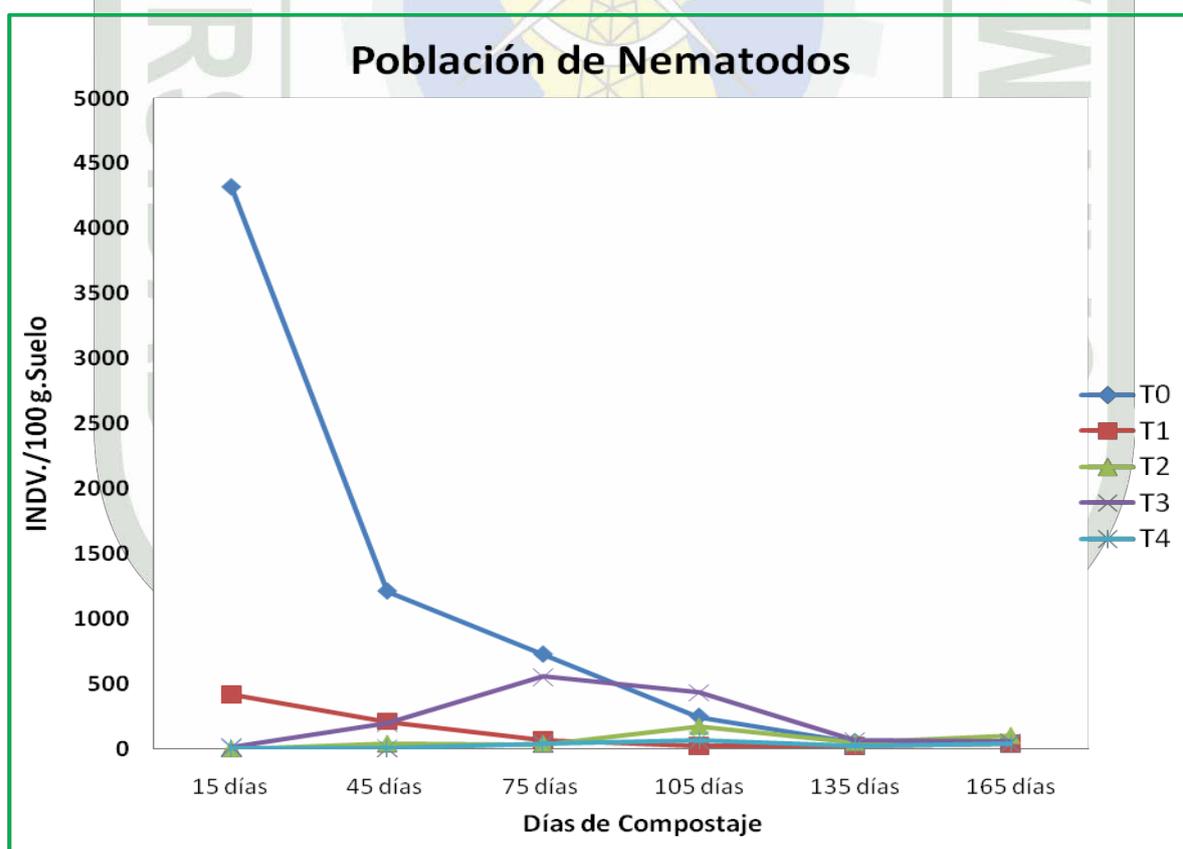
**X** = 1,7 x 10<sup>7</sup> ufc

**Cuadro N° 35.** Prueba de separación de medias según Tuckey al 5 % para la población de Bacterias (ufc)

TRATAMIENTOS	Días de Compostaje					
	15	45	75	105	135	165
T0	2,2 X 10 <sup>8</sup> a	2,3 X 10 <sup>7</sup> a	1,75 X 10 <sup>7</sup> a	1,4 X 10 <sup>7</sup> a	1,12 X 10 <sup>9</sup> a	1,1 X 10 <sup>7</sup> b
T1	4,4 X 10 <sup>7</sup> ab	1,7 X 10 <sup>7</sup> a	1,02 X 10 <sup>7</sup> a	7,5 X 10 <sup>6</sup> a	1,2 X 10 <sup>8</sup> a	1,9 X 10 <sup>7</sup> ab
T2	2,5 X 10 <sup>7</sup> b	9,1 X 10 <sup>6</sup> a	7,5 X 10 <sup>6</sup> a	7,3 X 10 <sup>6</sup> a	1,7 X 10 <sup>8</sup> a	3,8 X 10 <sup>7</sup> a
T3	2,6 X 10 <sup>7</sup> ab	2,1 X 10 <sup>7</sup> a	1,66 X 10 <sup>7</sup> a	1,6 X 10 <sup>7</sup> a	6,4 X 10 <sup>7</sup> a	8,4 X 10 <sup>6</sup> b
T4	1,8 X 10 <sup>7</sup> b	1,4 X 10 <sup>7</sup> a	1,1 X 10 <sup>7</sup> a	7,5 X 10 <sup>6</sup> a	1,6 X 10 <sup>9</sup> a	8,8 X 10 <sup>6</sup> b

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

### 5.4.3. Nematodos



**Gráfico N° 16.** Población de Nematodos (indv/100 g. Suelo) en cada uno de los tratamientos evaluados durante el proceso de compostaje

**Cuadro Nº 36.** Análisis de varianza para la población de Nematodos al final de proceso de compostaje

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>BLOQUES</b>	0.02	2	0.01	2.53	0.1412 NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.26	4	0.07	14.92	0.0009 **
<b>Error</b>	0.04	8	4.40E-03		
<b>Total</b>	0.32	14			

NS : No Significativo

\*\* : Diferencias Altamente Significativas

$R^2 = 89.00 \%$        $C.V = 3.76 \%$        $X = 63$  Indv/100 g. Suelo

**Cuadro Nº 37.** Prueba de separación de medias según Tuckey al 5 % para la población de Nematodos (Indv/100 g. Suelo)

TRATAMIENTOS	Días de Compostaje					
	15	45	75	105	135	165
<b>T0</b>	4320 a	1213 a	727 a	249 ab	54 a	<b>67 ab</b>
<b>T1</b>	422 ab	213 ab	67 a	22 b	22 a	<b>44 b</b>
<b>T2</b>	0 c	40 ab	38 a	173 ab	49 a	<b>102 a</b>
<b>T3</b>	16 bc	200 ab	556 a	434 a	67 a	<b>58 b</b>
<b>T4</b>	4 c	7 b	42 a	69 ab	27 a	<b>44 b</b>

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

**Cuadro Nº 38.** Coeficiente de correlación (r) entre las variables de pH, Temperatura, Humedad y microorganismos

Variables	<b>Hongos</b>	<b>Bacterias</b>	<b>Nematodos</b>
<b>pH</b>	-0.31**	-0.15Ns	0.03 Ns
<b>Temperatura</b>	-0.34**	-0.11Ns	0.22 *
<b>Humedad</b>	0.26**	0.03Ns	0.07Ns

Diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ )

\* = Significativo

\*\* = Altamente Significativo

Ns= No Significativo

## 5.5. Análisis Costo-Beneficio de cada tratamiento

**Cuadro N° 39.** Resumen de la cantidad de compost producido en cada tratamiento

BLOQUE	TRATAMIENTOS					Σ. Bloque
	T0	T1	T2	T3	T4	
I	41	122	82	104	84	433
II	42	144	78	94	91	449
III	54	143	90	120	102	509
<b>Σ. Tto.</b>	<b>137</b>	<b>409</b>	<b>250</b>	<b>318</b>	<b>277</b>	<b>1391</b>
<b>Prom. Tto.</b>	<b>45.67</b>	<b>136.33</b>	<b>83.33</b>	<b>106.00</b>	<b>92.33</b>	<b>92.73</b>

**Cuadro N° 40.** Análisis de varianza para la cantidad de compost producido en cada tratamiento (Kg)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BOQUES	642.13	2	321.07	7.24	0.016 *
TRATAMIENTOS	13142.27	4	3285.57	74.14	<0.0001 **
Error	354.53	8	44.32		
Total	14138.93	14			

\* : Diferencias Significativas

\*\* : Diferencias Altamente Significativas

$$R^2 = 97.00 \% \quad C.V = 7.18 \% \quad X = 92.73 \text{ Kg.}$$

**Cuadro Nº 41.** Prueba de Tuckey para la cantidad de compost producido en cada tratamiento

TRATAMIENTOS	Cantidad promedio (Kg) de compost producido	SIGNF. (5 %)
T1	136.33	A
T3	106.00	B
T4	92.33	B C
T2	83.33	C
T0	45.67	D

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

**Cuadro Nº 42.** Relación Costo-Beneficio del compost producido en cada tratamiento

Tratamientos	Rendimiento de Compost (Kg)	Costo de Producción (S/.)	Beneficio Bruto (S/.)	Beneficio Neto (S/.)	Relación C/B (%)
T0	456.70	174.10	137.00	- 37.10	- 127.08
T1	1363.30	214.60	409.00	194.40	52.46
T2	833.30	172.60	250.00	77.40	69.04
T3	1060.00	190.10	318.00	127.90	59.78
T4	923.30	172.60	277.00	104.40	62.31

\* Precio Kg de Compost = S/. 0.30

## VI. DISCUSIONES

### 6.1. Temperatura durante el proceso de compostaje

Los resultados mostrados en el gráfico N° 01, nos indican que, el tratamiento T1 (Gallinaza y Rastrojo de malezas), es el que ha alcanzado la mayor temperatura al inicio del proceso de compostaje con 49 ° C, seguido de los tratamientos T3 (Gallinaza y rastrojo de piña), T0 (Malezas, R. de plátano, R. de piña) , T2 (Gallinaza y R. de plátano) y T4 (Gallinaza y C. de cacao), los cuales alcanzaron temperaturas de 45 °C, 39 °C, 39 °C y 38°C respectivamente (Cuadro N° 44) .

Durante las fases iniciales del proceso de compostaje, las temperaturas de los tratamientos evaluados, oscilaron entre los 35 °C y 45 °C, las cuales se consideran óptimas según **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**, para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas, presentes en los materiales a compostar.

Las temperaturas altas alcanzadas al inicio del proceso de compostaje, según menciona **(CATIE 2005)**, son un indicador de la actividad metabólica de los microorganismos, presentes en el compost, principalmente de hongos, bacterias y nematodos. Siendo estos los responsables directos de la mineralización de la materia orgánica, lo cual va a permitir la liberación de los elementos necesarios para las plantas, como son el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, entre otros.

A medida que el proceso de compostaje fue avanzando, la temperatura de cada uno de los tratamientos mencionados fue disminuyendo, hasta alcanzar temperaturas constantes de 31°C, 31°C, 30°C, 30 °C y 30 °C para el caso de los tratamientos T0, T1, T2, T3 y T4 respectivamente (Cuadro N° 44), lo cual permitió determinar la cosecha de cada tratamiento, según **(Porvenir, 2001)**.

## 6.2. Humedad durante el proceso de compostaje

En el gráfico N° 02, se aprecia los niveles de humedad mantenidos durante el todo el proceso de compostaje, los cuales oscilaron entre el 40 % y 60 % (Cuadro N° 45), dichos niveles, según menciona **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**, son óptimos para garantizar un buen proceso aeróbico y el desarrollo normal de las actividades de los microorganismos presentes en la materia orgánica.

Se aprecia también, que los tratamientos que mayor humedad mantuvieron durante el compostaje por la naturaleza de los mismos fueron, el T0 (Mezcla de malezas, R. de plátano, R. de piña y C, de cacao) y T1 (Gallinaza y Malezas), a diferencia de los demás tratamientos T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano), T3 (Gallinaza y Rastrojo de piña) y T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao), (Gráfico N° 02).

### 6.3. Caracterización química de los tratamientos evaluados

#### 6.3.1. pH

En el gráfico N° 03, se aprecia, que los valores más altos de pH en los tratamientos, son al inicio del proceso de compostaje, esto probablemente debido al gran contenido de calcio y magnesio en los materiales empleados, principalmente de la gallinaza (Cuadro N° 14), que según **(CATIE, 2005)**, son las bases que ayudan a elevar el pH del compost. A medida que fue avanzando el proceso de compostaje, se produce una disminución del pH, la cual es necesaria para el proceso y que es acompañada por una sucesión de grupos fisiológicos, según **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**.

Los resultados del análisis de varianza al final del compostaje (Cuadro N° 15), muestran diferencias altamente significativas tanto para efectos de bloques como para tratamientos con coeficiente de variabilidad de 1.13 %, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos establecido por **(CALZADA, 1971)**, y un coeficiente de determinación de 99,00 %, lo cual determino la homogeneidad entre tratamientos y la confiabilidad de los datos obtenidos; y corroborando con esto, la prueba de Tuckey ( $\alpha = 0.05$ ) (Cuadro N° 16), indica que los tratamientos T2 (8.29 %) y T3 (8.29%) han obtenido los mayores porcentajes de pH teniendo como resultado altamente significativo con respecto a los demás tratamientos, seguido por el T4 (7.64 %) quien obtuvo alta significancia referente a los tratamientos T0 (6.84 %) y T1(6.78 %)

respectivamente (Cuadro N° 16), corroborando con los datos obtenidos por **(SUNDBERG, 2004)**.

### 6.3.2. Nitrógeno

En el gráfico N° 04, se aprecia el comportamiento del nitrógeno en todo el proceso de compostaje de los tratamientos, donde los valores más altos de éste elemento se observan al inicio (Cuadro N° 18), debiéndose probablemente al contenido inicial de nitrógeno en la composición de los materiales empleados en la elaboración del compost, principalmente para el caso de la gallinaza (Cuadro N° 14).

A medida que avanzó el proceso de compostaje, se apreció un descenso continuo de nitrógeno en cada tratamiento evaluado, éste comportamiento de los valores de nitrógeno, probablemente se hayan debido a las temperaturas altas alcanzadas durante las fases iniciales del compostaje, las cuales provocan pérdidas importantes del nitrógeno por volatilización **(CATIE, 2005)** y corroborando con esto, el coeficiente de correlación entre el pH y el N (Cuadro N° 31), muestra una relación muy baja, positiva y significativa, indicando que el N no está asociado con los valores de pH de cada tratamiento evaluado durante todo el proceso de compostaje, lo cual justifica el desequilibrio ocasionado por las pérdidas del N en el inicio del proceso.

Los resultados del análisis de varianza al final del proceso de compostaje de los tratamientos evaluados (Cuadro N° 17), muestran diferencias significativas para efectos de tratamientos con coeficiente de variabilidad de 11,40 % y un coeficiente de determinación de 80,00 %, encontrándose dentro del rango de aceptación (**CALZADA, 1971**), lo cual determino la uniformidad entre los tratamientos y el grado de confiabilidad en la toma de datos; y corroborando con esto, la prueba de Tuckey ( $\alpha = 0.05$ ) (Cuadro N° 18), indica que el tratamiento T1 (Gallinaza y Malezas) (1.48 %), es el que ha obtenido el mayor porcentaje de nitrógeno con respecto a los demás tratamientos, pero sin embargo es estadísticamente igual a los tratamientos T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao) (1.20 %), T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano) (1.19 %) y T0 (Mezcla de malezas y rastrojos) (1.15 %) respectivamente, quienes presentan significancia con respecto al tratamiento T3 (0.90 %), corroborando con los datos obtenido por (**GOMEZ, 2000**).

### 6.3.3. Fósforo

En el gráfico N° 05 se aprecia el comportamiento del fósforo durante todo el proceso de compostaje de los tratamientos, al igual que para el caso del nitrógeno, los valores más altos de este elemento se aprecian en la fase inicial del proceso, esto probablemente se debió al contenido inicial del fósforo principalmente en la composición de la gallinaza empleada para la elaboración del compost (Cuadro N° 14). A medida que avanzó el proceso en la descomposición de la materia orgánica, se aprecia un ligero aumento del porcentaje de fósforo en los tratamientos

a los 105 días para luego volver a disminuir y mantenerse en las fases finales del proceso, este comportamiento, probablemente fue influenciado por los valores de pH correspondientes para cada tratamiento evaluado (**TROUG, 1951**), citado por (**LEON, 2007**). Y esto es corroborado por los resultados obtenidos en la prueba de correlación (Cuadro N° 31), entre el pH y el fósforo de cada tratamiento, en donde se observa (Gráfico N° 11) una relación moderadamente alta (63 %), positiva y altamente significativa, lo cual nos indica la existencia de asociación entre las variables evaluadas.

Los resultados del análisis de varianza al final del compostaje de los tratamientos evaluados (Cuadro N° 19), muestran diferencias altamente significativas para efectos de tratamiento con un coeficiente de variabilidad de 11,05 % lo cual determino la homogeneidad entre tratamientos y un coeficiente de determinación de 97,00 % que indica la precisión y el nivel de confiabilidad alcanzado en la toma de datos (**CALZADA, 1971**); y corroborando con esto, la prueba de Tuckey ( $\alpha = 0.05$ ) (Cuadro N° 20), indica que el tratamiento T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano), es el que ha obtenido el mayor porcentaje de fósforo (1.55 %), superando a los demás tratamientos, pero que estadísticamente es igual al T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao) y T3 (Gallinaza y Rastrojo de piña), quienes obtuvieron el segundo y tercer lugar en cuanto al porcentaje de fósforo con 1.44 % y 1.21 % respectivamente, los cuales obtuvieron resultados altamente significativos respecto a los tratamientos T1 (Gallinaza y Malezas) y T0

(Malezas y Mezcla de rastrojos) con valores de 1.06 % y 0.14 % de fósforo respectivamente, cuyos resultados son corroborados por **(GOMEZ, 2000)**.

#### 6.3.4. Potasio

En el gráfico N° 06, se aprecia el comportamiento del potasio durante el proceso de compostaje de los tratamientos, lo cual nos indica que la tendencia de los valores de este elemento al igual que en el caso del nitrógeno y fósforo es de mayor a menor. Los valores iniciales altos de potasio a diferencia con los valores finales, pudieron estar influenciados por la composición inicial de los materiales empleados en la elaboración del compost (Cuadro N° 14), los cuales presentaron porcentajes altos de este elemento, como fue el caso de la gallinaza, rastrojo de plátano y cáscara de cacao principalmente.

Durante el proceso de compostaje de los tratamientos, se puede apreciar que, el comportamiento del potasio es similar a la registrada para el fósforo, en la cual también se observa (Gráfico N° 06), un descenso continuo por parte del potasio hasta los 105 días de compostaje, pasado este tiempo, los valores de éste elemento se incrementan levemente para posteriormente disminuir hasta las etapas finales del compostaje. Y este comportamiento, probablemente fue determinado por los valores de pH de cada uno de los tratamientos evaluados, ya que el pH, es un factor determinante en la disponibilidad de los macro y micronutrientes **(TROUG, 1951)**, citado por **(LEON,**

**2007**), y corroborando con esto la prueba de correlación (Cuadro N° 31) realizada entre el potasio y el pH, nos muestra una correlación moderadamente alta (59 %), positiva y altamente significativa, el cual nos indica el grado de relación que existe entre las variables mencionados.

Los resultados del análisis de varianza al final del proceso de compostaje (Cuadro N° 21), muestran diferencias significativas para efectos de bloques y diferencias altamente significativas para efectos de tratamientos con coeficiente de variabilidad de 7,40 % y un coeficiente de determinación de 94,00 % lo cual determino la uniformidad entre los tratamientos evaluados y la precisión en la toma de datos (**CALZADA, 1971**); y corroborando con esto, la prueba de Tuckey ( $\alpha = 0.05$ ) (Cuadro N° 22), indica que, el tratamiento T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano), es el que ha obtenido el mayor porcentaje de potasio (1.74 %), superando a los demás tratamientos, pero que estadísticamente es igual al T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao) y T1 (Gallinaza y Malezas), quienes obtuvieron el segundo y tercer lugar en cuanto al porcentaje de potasio con 1.70 % y 1.46 % respectivamente, los cuales obtuvieron resultados altamente significativos respecto a los tratamientos T3 (Gallinaza y Rastrojo de piña) y T0 (Malezas y Mezcla de rastrojos) con valores de 1.39 % y 0.93 % de potasio respectivamente, cuyos resultados son corroborados por (**GOMEZ, 2000**).

### 6.3.5. Calcio

El gráfico N° 07, muestra el comportamiento del calcio durante todo el proceso de compostaje de los tratamientos, además se aprecia que la tendencia del calcio, al igual que, en los elementos antes mencionados, es de mayor a menor, los valores iniciales altos de éste elemento, pudieron haberse debido a la gran cantidad de calcio presente en los materiales a compostar, principalmente en la gallinaza (Cuadro N° 14).

Además se observa que a los 105 días de compostaje los tratamientos sufren un ligero incremento en el porcentaje de este elemento, para luego disminuir y mantenerse en las etapas finales del proceso, este comportamiento probablemente fue influenciado tanto por la actividad de los microorganismos, los cuales durante todo el proceso de mineralización de la materia orgánica, constantemente liberan bases como el calcio (**CERISOLA, 1989**); y así como por el pH, el cual es determinante en la disponibilidad de los elementos (**TROUG, 1951**), citado por (**LEON, 2007**). Y corroborando con esto, la prueba de correlación (Cuadro N° 31) realizada entre el pH y el calcio, muestra un coeficiente de correlación moderadamente alto (56 %), positiva y altamente significativa, el cual nos indica el grado de la relación o asociación existente entre las variables evaluadas.

Los resultados del análisis de varianza al final del proceso de compostaje (Cuadro N° 23), muestran diferencias altamente significativas para efectos de tratamientos con coeficiente de variabilidad de 11,39 % determinando la homogeneidad entre

tratamientos y un coeficiente de determinación de 97,00 % el cual indica el grado de confiabilidad alcanzado en la toma de datos (**CALZADA, 1971**); y corroborando con esto, la prueba de Tuckey ( $\alpha = 0.05$ ) (Cuadro N° 24), indica que el tratamiento T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano) es el que ha obtenido el mayor porcentaje de Calcio con 7.11 %, pero que estadísticamente es igual al tratamiento T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao), T3 (Gallinaza y Rastrojo de piña) y T1 (Gallinaza y Malezas), quienes obtuvieron valores de 6.89 %, 6.08 % y 5.45 % respectivamente, los cuales han obtenido resultados altamente significativos con respecto al T0 (Malezas y Mezcla de Rastrojos) que alcanzó un valor de 0.57 %. Cuyos resultados son similares a los obtenidos por (**GOMEZ, 2000**).

#### 6.3.6. Magnesio

En el gráfico N° 08, se aprecia la dinámica del magnesio, cuya tendencia a diferencia de los elementos antes mencionados, es de menor a mayor, este comportamiento probablemente este asociado al comportamiento del calcio durante todo el proceso de compostaje de los tratamientos, pues la disponibilidad del magnesio esta en relación directa a la del calcio, lo cual es acotado por (**TROUG, 1951**), citado por (**LEON, 2007**), y corroborando con lo mencionado, la prueba de correlación (Cuadro N° 31), realizada entre éstas dos variables, muestra (Gráfico N° 12) un coeficiente de correlación muy alto (92 %), positiva y altamente significativa, lo cual indica que a mayor cantidad de calcio, mayor será la disponibilidad del magnesio.

Los resultados del análisis de varianza al final del proceso de compostaje (Cuadro N° 25), muestran diferencias altamente significativas tanto para efectos de bloques como para tratamientos con un coeficiente de variabilidad de 2,53 % y un coeficiente de determinación de 99,00 %, lo cual determino la uniformidad entre los tratamientos evaluados y la precisión en la toma de datos (**CALZADA, 1971**); y corroborando con esto, la prueba de Tuckey ( $\alpha = 0.05$ ) (Cuadro N° 26), indica que el tratamiento T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano) es el que ha obtenido el mayor porcentaje de magnesio con 0.76 %, siendo estadísticamente iguales a los tratamientos T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao), y T3 (Gallinaza y Rastrojo de Piña) con valores de 0.75 % y 0.72 % respectivamente, cuyos resultados muestran significancia alta con respecto a los tratamientos T1 (Gallinaza y Malezas) y T0 (Malezas y Mezcla de rastrojos), quienes obtuvieron valores de 0.70 % y 0.27 % respectivamente. Los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por (**GOMEZ, 2000**).

### 6.3.7. Hierro

En el gráfico N° 09, se muestra el comportamiento del hierro durante el proceso de compostaje de los tratamientos evaluados, apreciándose una tendencia al igual que en el caso del magnesio, de menor a mayor, el cual probablemente fue influenciado por el pH de cada tratamiento. Y corroborando con esto la prueba de correlación (Cuadro N° 31), realizada entre el pH y el hierro, muestra un coeficiente de correlación moderadamente alto (46 %), negativo y altamente significativo, lo cual nos indica el grado de relación entre ambas variables, y dichos resultados justifican la relación no lineal del pH con el hierro, y esto se debió posiblemente a que la disponibilidad del hierro, se encuentra en función de rangos determinados de pH, como lo corrobora **(TROUG, 1951)**, citado por **(LEON, 2007)**.

Los resultados del análisis de varianza al final del proceso de compostaje (Cuadro N° 27), muestran diferencias significativas tanto para efectos de bloques como para tratamientos con un coeficiente de variabilidad de 0,94 %, encontrándose dentro del rango de aceptación establecido por **(CALZADA, 1971)** y un coeficiente de determinación de 80,00 %, lo cual determino la homogeneidad entre tratamientos y el nivel de precisión y confiabilidad en la toma de datos; y corroborando con esto, la prueba de Tuckey ( $\alpha = 0.05$ )(Cuadro N° 28), indica que el tratamiento T3 (Gallinaza y Rastrojo de piña) a obtenido la mayor cantidad de hierro con 2818.89 ppm, y que es estadísticamente igual a los tratamientos T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano), T0 (Malezas y

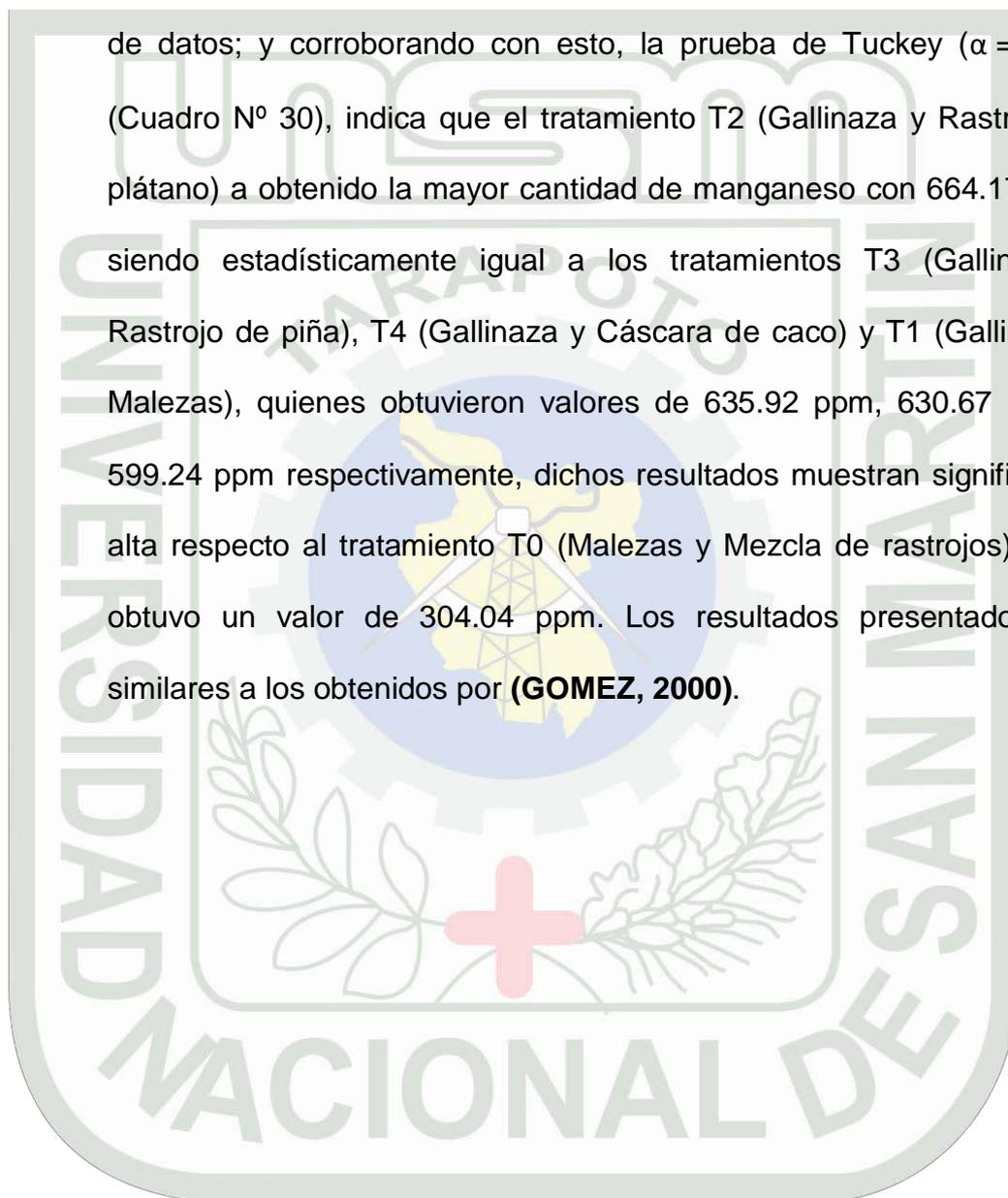
Mezcla de rastrojos) y T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao), quienes obtuvieron valores de 2797.26 ppm, 2789.22 ppm y 2767.64 ppm respectivamente. Cuyos resultados muestran significancia con respecto al T1 (Gallinaza y Malezas), quien obtuvo un valor de 2733.50 ppm. Según los resultados obtenidos, no son similares a los obtenidos por **(GOMEZ, 2000)**.

#### 6.3.8. Manganeseo

En el gráfico N° 10, se muestra el comportamiento del manganeso durante el proceso de compostaje de los tratamientos evaluados, donde se aprecia que la tendencia de este elemento es similar a la que presenta el magnesio y dicho comportamiento, probablemente se haya debido a la relación química estrecha de estos dos elementos en relación a su disponibilidad como lo acota **(TROUG, 1951)**, citado por **(LEON, 2007)**. Y corroborando con esto, la prueba de correlación (Cuadro N° 31), realizada entre estas dos variables, muestra (Gráfico N° 13) un coeficiente de correlación alto (84 %), positivo y altamente significativo, lo cual nos indica una relación alta entre estas variables, es decir, a mayor cantidad de magnesio, mayor será la cantidad o disponibilidad del manganeso.

Los resultados del análisis de varianza al final de proceso de compostaje (Cuadro N° 29), muestran diferencias altamente significativas para efectos de tratamientos con coeficiente de variabilidad de 6,71 %, encontrándose dentro del rango de aceptación

establecido por **(CALZADA, 1971)**, lo cual determino la uniformidad entre tratamientos, y un coeficiente de determinación de 96,00 % lo cual indica la precisión y el grado de confiabilidad alcanzado en la toma de datos; y corroborando con esto, la prueba de Tuckey ( $\alpha = 0.05$ ) (Cuadro N° 30), indica que el tratamiento T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano) a obtenido la mayor cantidad de manganeso con 664.17 ppm, siendo estadísticamente igual a los tratamientos T3 (Gallinaza y Rastrojo de piña), T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao) y T1 (Gallinaza y Malezas), quienes obtuvieron valores de 635.92 ppm, 630.67 ppm y 599.24 ppm respectivamente, dichos resultados muestran significancia alta respecto al tratamiento T0 (Malezas y Mezcla de rastrojos) quien obtuvo un valor de 304.04 ppm. Los resultados presentados son similares a los obtenidos por **(GOMEZ, 2000)**.



## 6.4. Caracterización microbiológica de los tratamientos evaluados

### 6.4.1. Hongos

En el gráfico N° 14 se muestra la dinámica de las poblaciones de hongos para cada tratamiento evaluado durante el proceso de compostaje, se puede apreciar que al inicio del compostaje existió una menor cantidad de hongos, esto probablemente se haya debido a que los valores de pH de cada tratamiento, en el inicio fueron superiores a 8,00 %, (Cuadro N° 16), los cuales son agentes inhibidores del crecimiento de los microorganismos, haciendo precipitar los nutrientes en el medio, de forma que no son accesibles para los hongos. **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**. La prueba de correlación (Cuadro N° 38), realizado entre el pH y la población de hongos durante todo el proceso de compostaje, muestran un coeficiente de correlación bajo (31 %), negativo y altamente significativo, el cual nos indica la baja relación lineal entre estas dos variables, lo mismo que es lógico para éste caso, debido a que la población de hongos en el compostaje se encuentra tanto en función de la temperatura, en donde la presencia de estos microorganismos se encuentran determinados por rangos específicos de temperatura; así como por el pH del mismo, el cual varía en función de la naturaleza de los materiales iniciales que le dieron origen **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**.

A medida que el proceso de compostaje fue avanzando, el comportamiento de los hongos fue variando como consecuencia de la

actividad de los mismos en función de la disponibilidad de alimentos, pues la actividad de los hongos fue disminuyendo a medida que la cantidad de nutrientes también lo hacía, esto para el caso de los tratamientos T1 (Gallinaza y Malezas), T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano) y T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao), mientras que los tratamientos T0 (Malezas y Mezcla de rastrojos) y T3 (Gallinaza y Rastrojo de piña), mostraron un comportamiento diferente, esto probablemente se deba a la mayor cantidad y diversidad del sustrato o alimento presente en los mismos, lo cual es corroborado por **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**.

Los resultados del análisis de varianza al final del proceso de compostaje (Cuadro N° 32), muestran diferencias altamente significativas para efectos de tratamientos con coeficiente de variabilidad de 2,80 % y un coeficiente de determinación de 82,00 %, lo cual determino la homogeneidad entre tratamientos y el nivel de precisión en la toma de datos, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos de campo **(CALZADA, 1971)**; y corroborando con esto, la prueba de Tuckey ( $\alpha = 0.05$ ) (Cuadro N° 33), indica que el tratamiento T0 (Gallinaza y Mezcla de rastrojos), presentó la mayor cantidad de hongos con 53 556 ufc, siendo estadísticamente igual a los tratamientos T3 (Gallinaza y Rastrojo de piña) y T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao), con poblaciones de 39 778 ufc y 27 111 ufc respectivamente, dichos resultados muestran alta significancia con respecto a los tratamientos T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano) y T1

(Gallinaza y Malezas) con poblaciones de 19 556 ufc y 17 111 ufc respectivamente. Los resultados obtenidos son diferentes a los obtenidos por **(DURAN y HENRIQUEZ, 2007)**.

#### 6.4.2. Bacterias

En el gráfico N° 15, se muestra la dinámica de las poblaciones de bacterias de cada uno de los tratamientos durante el proceso de compostaje de los mismos. Se aprecia que, desde el inicio del proceso hasta los 105 días la tendencia de las poblaciones de bacterias fue a disminuir, esto se debió probablemente a la gran influencia que tiene el pH (Gráfico N° 03) con relación a la acción de los microorganismos en el proceso del compostaje, pues según **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**, menciona que, las bacterias se ven afectadas a valores de pH superiores a 7.5 %, ya que estas son menos tolerantes e inhiben su crecimiento y desarrollo a valores de pH superiores a 8.00 % (alcalinos). A los 135 días de compostaje se puede apreciar que la cantidad de bacterias con respecto a la cantidad registrada en las evaluaciones anteriores son grandemente superiores (Cuadro N° 35), este se debió probablemente a que los valores de pH de los tratamientos, se encontraron dentro de márgenes óptimos para el buen desarrollo de las bacterias (Cuadro N° 16). La prueba de correlación (Cuadro N° 38), realizada entre el pH y las bacterias evaluadas durante todo el proceso de compostaje de los tratamientos, muestran un coeficiente de correlación muy bajo (15 %), negativo y no significativo, este grado de relación encontrado entre el pH y la población de

bacterias a lo largo de todo el proceso de compostaje de los tratamientos, nos estaría indicando, de que la presencia o ausencia de bacterias en el compost, no sólo está determinado por el pH, sino que también se encuentra relacionado con otros factores como pueden ser la temperatura y la humedad básicamente, los cuales determinan que ciertas poblaciones de bacterias sean más o menos activas en rangos específicos de los mismos **(CATIE, 2005)**.

Al finalizar el proceso de compostaje de los tratamientos, se aprecia que las poblaciones de bacterias disminuyen enormemente (Cuadro N° 35), en relación a la mayor población de bacterias alcanzadas a los 135 días, lo cual nos indica según **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**, la finalización del proceso de compostaje, la cual se tipifica por la ausencia de actividad metabólica, la misma que también se corrobora con los datos obtenidos de temperatura de cada tratamiento evaluado (Cuadro N° 44), los cuales mantienen constantes en las últimas semanas de compostaje.

Los resultados del análisis de varianza al final del proceso de compostaje (Cuadro N° 34), muestra diferencias altamente significativas para efectos de tratamientos con coeficiente de variabilidad de 3,72 % encontrándose dentro del rango de aceptación establecido por **(CALZADA, 1971)**, y un coeficiente de determinación de 80,00 % lo cual indica la uniformidad entre los tratamientos evaluados y el grado de confiabilidad en la toma de datos; y

corroborando con esto, la prueba de Tuckey ( $\alpha= 0.05$ ) (Cuadro N° 35), indica que el tratamiento T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano), presentó la mayor cantidad de bacterias con  $3,8 \times 10^7$  ufc, siendo estadísticamente igual al tratamiento T1 (Gallinaza y Malezas) que presentó una población de  $1,9 \times 10^7$  ufc, dichos resultados muestran alta significancia con respecto a los tratamientos T0 (Malezas y Mezcla de rastrojos), T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao) y T3 (Gallinaza y Rastrojo de piña), los cuales presentaron poblaciones de  $1,1 \times 10^7$  ufc;  $8,8 \times 10^6$  y  $8,4 \times 10^6$  ufc respectivamente. Los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por **(DURAN y HENRIQUEZ, 2007)**.

#### 6.4.3. Nematodos

En el gráfico N° 16, se muestra la tendencia de la población de nematodos en cada uno de los tratamientos evaluados, pudiéndose apreciar que ésta fue de mayor a menor cantidad. Al inicio del proceso la mayor cantidad de población de nematodos estuvo presente en el T0 (Malezas y Mezcla de rastrojos), seguido del tratamiento T1 (Gallinaza y Malezas), esto probablemente se haya debido a la diversidad de los sustratos de cada tratamiento mencionado, lo cual es corroborado por **(CATIE, 2005)**.

La disminución de las poblaciones de nematodos a lo largo de todo el compostaje, sigue la tendencia de la actividad metabólica de los microorganismos, la cual se refleja en los datos de temperatura

obtenidos durante todo el proceso (Cuadro N° 44), los mismos que en las fases finales se mantiene constantes y son indicadores de la finalización del proceso de compostaje **(GRAY y BIDDLESTON, 1981)**.

Los resultados del análisis de varianza al final del proceso de compostaje (Cuadro N° 36), muestran diferencias altamente significativas para efectos de tratamientos con coeficiente de variabilidad de 3,76 % y un coeficiente de determinación de 89,00 %, los cuales se encuentran dentro del rango de aceptación establecido por **(CALZADA, 1971)**, lo cual determino la homogeneidad y el grado de precisión y confiabilidad en la toma de datos; y corroborando con esto, la prueba de Tuckey ( $\alpha = 0.05$ ) (Cuadro N° 37), indica que el tratamiento T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano), presentó la mayor población de nematodos con 102 Indv. /100 g de suelo, siendo estadísticamente igual al T0 (Malezas y Mezcla de rastrojos), que presentó una población de 67 indv. / 100 g de suelo, cuyos resultados muestran significancia alta con respecto a los tratamientos T3 (Gallinaza y Rastrojo de piña), T1 (Gallinaza y Malezas) y T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao), quienes presentaron poblaciones de 58 indv. /100 g de suelo, 44 indv. / 100 g de suelo y 44 indv. / 100 g de suelo respectivamente. Los resultados obtenidos difieren a los obtenidos por **(VARGAS, 2007)**.

## 6.5. Análisis de la relación costo beneficio de los tratamientos

En el cuadro N° 40, referido al análisis de varianza de la cantidad de compost producido, muestra diferencias significativas para efectos de bloques y diferencias altamente significativas para efectos de tratamientos con coeficiente de variabilidad de 7.18 %, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos establecido por **(CALZADA, 1971)**, y un coeficiente de determinación de 97.00 %, lo cual determino la homogeneidad entre tratamientos y la confiabilidad de los datos tomados en campo.

El cuadro N° 41, muestra la prueba de Tuckey ( $\alpha = 0.05$ ), la cual cataloga en primer lugar al tratamiento T1 (Gallinaza y Malezas), con la mayor cantidad de compost producido (136.33 Kg), superando estadísticamente a los demás tratamientos, T3 (Gallinaza y Rastrojo de piña), T4 (Gallinaza y Cáscara de cacao), T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano) y T0 (Malezas y Mezcla de rastrojos), con promedios de (106 Kg), (92.33 Kg), (83.33 Kg) y (45.67 Kg) respectivamente. La mayor cantidad de compost producido por el tratamiento T1, se debe a que éste, se redujo menos en comparación con los demás tratamientos, con un porcentaje promedio de 32 % de descomposición (Cuadro N° 43).

Con respecto a la relación costo/beneficio (Cuadro N° 42), el tratamiento que ha obtenido una mayor ganancia fue el T1 (52.46 % de relación costo beneficio), es decir que por cada sol invertido se obtiene una ganancia de 0.48 nuevos soles, seguido de los tratamientos T3, T4 y T2, quienes obtuvieron una relación de costo/beneficio de 59.78 %, 62.31 % y 69.04 %, lo que quiere decir

que por cada sol invertido obtuvieron una ganancia de 0.40, 0.38 y 0.31 nuevos soles respectivamente. A diferencia de los tratamientos antes mencionados, el único que no obtuvo ganancia fue el T0 (Malezas y Mezcla de rastrojos), el quien presento una relación costo/beneficio negativa de 127.08 %, lo que quiere decir, que por cada sol invertido se obtiene una perdida de 0.27 nuevos soles. Esto se debió principalmente, a que el tratamiento T0, fue el que presentó el mayor porcentaje de descomposición con un 77.33 % (Cuadro N° 43).

En los cuadros N° 46, 47, 48, 49 y 50, se describe el costo real de producción para la elaboración inicial de 2 000 Kg de compost para cada tratamiento, en donde se aprecia que los tratamientos T1 (Gallinaza y Malezas) con S/. 214.60 tuvo el mayor costo de producción, seguido por el tratamiento T3 (Gallinaza y Rastrojo de piña), quien tuvo un costo de S/. 199.10. Estos costos de producción mayores para los tratamientos mencionados, se deben prácticamente a que, se necesitó de mayor mano de obra al momento de realizar el corte y picado tanto de rastrojos de piña como de malezas principalmente.

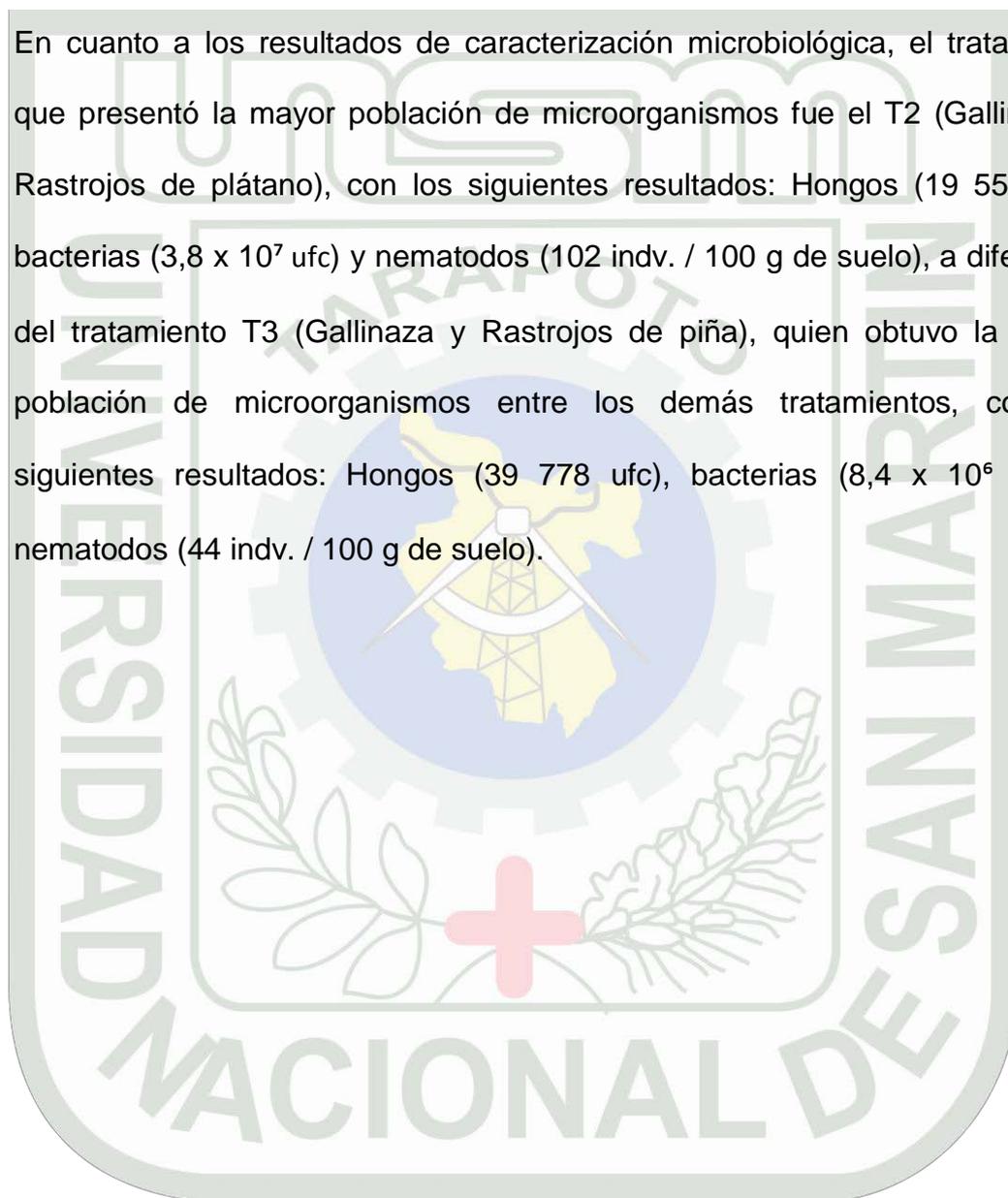
Con respecto al precio por kilogramo de compost (S/. 0.30), éste fue establecido luego de realizar la cotización del mismo en varios productores de compost.

## VII. CONCLUSIONES

- 7.1.** La mayor cantidad de compost producido lo obtuvo el tratamiento T1 (Gallinaza y Malezas) con un promedio de 136.33 Kg, siendo el que presentó el menor porcentaje de reducción entre todos los tratamientos con un 32 %, a diferencia del tratamiento T0 (Malezas y Mezcla de rastrojos) quien ha obtenido la menor cantidad de compost (45.67 Kg), presentando un porcentaje de reducción de 77.33 %.
- 7.2.** Según la relación costo/beneficio de los tratamientos, no existe pérdida económica en los tratamientos T1, T2, T3 y T4, a diferencia del T0 quien obtuvo un pérdida de 0.27 nuevos soles por cada sol invertido. Siendo el tratamiento T1, el que ha obtenido la mayor relación costo/beneficio con 52.46 %, es decir que por cada sol invertido se tiene una ganancia de 0.48 nuevos soles, mientras que los tratamientos T3 (59.78 %), T4 (62.31 %) y T2 (69.04 %), fueron los que obtuvieron menor ganancia con 0.40, 0.38 y 0.31 nuevos soles por cada sol invertido respectivamente.
- 7.3.** Referente a los resultados de caracterización química, el tratamiento que obtuvo las mejores características fue el T2 (Gallinaza y Rastrojo de plátano), el cual mostró los siguientes resultados: pH (8.29 %), nitrógeno (1.19 %), fósforo (1.55 %), potasio (1.74 %), calcio (7.11 %), magnesio (0.76 %), hierro (2797.26 ppm) y manganeso (664.17 ppm). A diferencia del tratamiento T0 (Malezas y Mezcla de rastrojos), quien muestra las características químicas menos resaltantes entre los demás tratamientos con los siguientes resultados:

pH (6.84 %), nitrógeno (1.15 %), fósforo (0.14 %), potasio (0.93 %), calcio (0.57 %), magnesio (0.27 %), hierro (2789 ppm) y manganeso (304.04 ppm).

- 7.4.** En cuanto a los resultados de caracterización microbiológica, el tratamiento que presentó la mayor población de microorganismos fue el T2 (Gallinaza y Rastrojos de plátano), con los siguientes resultados: Hongos (19 556 ufc), bacterias ( $3,8 \times 10^7$  ufc) y nematodos (102 indiv. / 100 g de suelo), a diferencia del tratamiento T3 (Gallinaza y Rastrojos de piña), quien obtuvo la menor población de microorganismos entre los demás tratamientos, con los siguientes resultados: Hongos (39 778 ufc), bacterias ( $8,4 \times 10^6$  ufc) y nematodos (44 indiv. / 100 g de suelo).



## VIII. RECOMENDACIONES

- 8.1. Desarrollar la producción de compost en la Región San Martín, utilizando gallinaza y rastrojos de plátano, piña y cáscara de cacao, de los cuales se obtiene un compost de calidad.
- 8.2. Seguir realizando trabajos de caracterización química y microbiológica de abonos orgánicos en la Región San Martín, utilizando diferentes mezclas de estiércol como pueden ser la de vacuno, ovino y cuy, con diferentes rastrojos de cultivos.
- 8.3. Considerar en trabajos posteriores, la evaluación de la relación C/N como una variable, por ser de gran importancia en el desarrollo de los microorganismos descomponedores de la materia orgánica.
- 8.4. Incentivar la cultura de producción de compost en la región San Martín, ya que es una actividad de fácil manejo, el cual nos permite reciclar los desechos orgánicos, de los cuales se obtiene el humus y con el mejorar las propiedades del suelo.
- 8.5. Frente a la necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos aplicados en la producción de los distintos cultivos en la región San Martín, una alternativa muy viable y sostenible en el tiempo, es la utilización de abonos orgánicos, pues estos al ser incorporados en el suelo favorecen la vida microbiana, los cuales son los responsables directos de mejorar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. **AUBERT, C. 1998.** El huerto biológico. Ed. Integral Barcelona. 252 pp.
2. **CATIE., GTZ., UCR. 2005.** Abonos orgánicos para la agricultura (en línea). Costa Rica. Consultado 21 Mar. 2008. Disponible en <http://www.cafedehonduras.hn/IHCAFE2005/pdf/abonos.pdf>
3. **CALZADA, B. J. 1970.** “Métodos estadísticos para la investigación”. UNALM. Lima.
4. **CERVANTES F, A. 1997.** Abonos orgánicos (en línea). Perú. Consultado 21 Mar. 2008. Disponible en [http://www.infoagro.com/abonos/abonos\\_organicos.htm](http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm)
5. **CERISOLA, C.I 1989.** Lecciones de agricultura biológica. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
6. **DAMARYS G, L. 2008.** Animales y producción (en línea). Consultado 21 Mar. 2008. Disponible en [http://www.mundo-pecuario.com/tema60/monogastricos/gallinaza\\_piso-299.html](http://www.mundo-pecuario.com/tema60/monogastricos/gallinaza_piso-299.html)
7. **DURAN, L., HENRIQUEZ, C. 2007.** Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. Agronomía Costarricense 31(1): 41-51.

8. **GRAY K, R., BIDDLESTON A, D. 1981.** The composing of agricultural waste. En Biological Husbandry – a scientific approach to organicfarming. Stonehouse (ed). Butterworths.

9. **GÓMEZ, TOVAR, LAURA. 1995.** Situación y problemática de la agricultura orgánica en México. Memoria del Primer Seminario sobre agricultura ecológica en el estado de México, Chapingo, estado de México, 16 p.

10. **GUIBERTEAU, A., LABRADOR, J. 1991.** Técnicas de cultivo en agricultura ecológica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 44 pp.

11. **LEON A, R. 2007.** Acidez y alcalinidad de suelos: diagnóstico de suelos en campo. Universidad Autonoma de México.

12. **MORALES, B. 2003.** Producción de estiércol en el Perú. Lima. Pág. 5-20.

13. **MORIYA, K. 2007.** Suplemento rural: la gallinaza (en línea). Paraguay. Consultado 21 Mar. 2008. Disponible en <http://www.abc.com.py/suplementos/rural/articulos.php?pid=360310&ABCDIGITAL=472fa60ecfb2e5ad825ebe0c51a0d26c>

14. **PORVENIR. 2001.** Suelo, abono y materiales orgánicos (en línea). Bolivia. Consultado 21 Mar. 2008. Disponible en [http://www.porvenir.solarquest.com/news/article.asp?id=1521&ssectio  
nid=0](http://www.porvenir.solarquest.com/news/article.asp?id=1521&ssectio<br/>nid=0)
15. **DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN AGRARIA, 2007.** Series históricas: cultivos permanentes (en línea). Perú. Consultado 10 Feb. 2009. [http://www.agrosanmartin.gob.pe/estadistica\\_agricola.shtml](http://www.agrosanmartin.gob.pe/estadistica_agricola.shtml)
16. **RAAA. 2002.** Abonos orgánicos (en línea). Perú. Consultado 21 Mar. 2008. Disponible en <http://www.geocities.com/raaperu/ao.html#top>
17. **SARDI, L. 1990.** “Lombricultura y el Humus de Lombriz”; Seminario Taller sobre usos de Agroquímicos Alternativos de la Región Sur. Arequipa – Perú.
18. **SUNDBERG, C.; SMÅRS, S.; JÖNSSON, H. (2004).** Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermofilic phase in composting. In: Bioresource Technology. Vol. 95, No. 2 (nov. 2004); p.145-150.
19. **TRINIDAD-SANTOS, A. 1999.** El papel de los abonos orgánicos en la productividad de los suelos. Simposium Internacional y Primera reunión Nacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos. 18-20 de octubre, Texcoco, UACH, México.
20. **VARGAS B, J. 2007.** Caracterización física, química y microbiológica de un proceso de compostaje de caprinaza. Tesis, Universidad Cooperativa de Colombia, Medicina Veterinaria y Zootecnia.

## X. RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: “Caracterización química y microbiológica de abonos orgánicos a partir de gallinaza y rastrojos de cosecha para la producción agrícola”, tiene como objetivos: **1)** Caracterizar química y microbiológicamente los abonos orgánicos elaborados y **2)** Determinar la relación costo/beneficio de los tratamientos evaluados. El trabajo se realizó en la E.E. “Juan Bernito” –ICT, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 5 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos en estudio fueron los siguientes: T0 (50Kg de malezas + 50Kg de Rastrojo de plátano + 50Kg de Rastrojo de piña + 50 Kg de Cáscara de cacao), T1 (100 Kg de Gallinaza + 100Kg de Malezas), T2 (100Kg de Gallinaza + 100Kg de Rastrojo de plátano), T3 (100 Kg de Gallinaza + 100Kg de Rastrojo de piña) y T4 (100Kg de Gallinaza + 100Kg de Cascara de cacao). A partir de los cuales se evaluaron las siguientes variables: Temperatura, humedad, características químicas y microbiológicas. Los resultados obtenidos indican lo siguiente: El tratamiento que obtuvo las mejores características tanto químicas como microbiológicas fue el tratamiento T2, el cual mostró los siguientes resultados: pH (8.29 %), nitrógeno (1.19 %), fósforo (1.55 %), potasio (1.74 %), calcio (7.11 %), magnesio (0.76 %), hierro (2797.26 ppm) y manganeso (664.17 ppm), hongos (19 556 ufc), bacterias ( $3,8 \times 10^7$  ufc) y nematodos (102 indiv. / 100 g de suelo).

Referente a la relación costo/beneficio, el tratamiento que obtuvo la mayor ganancia fue el T1 con una relación costo/beneficio de 52.46 %, es decir, por cada sol invertido se tuvo una ganancia de S/. 0.48 nuevos soles.

**Palabras Claves:** Abonos orgánicos, malezas, rastrojos de cultivos.

## XI. SUMMARY

This research paper entitled: "Chemical and biological characterization of organic fertilizers from chicken manure and crop stubble on agricultural production, are: 1) Characterize the microbiological and chemical manure produced and 2) determine the cost benefits of the treatments evaluated. The work was carried out in E.E. "Juan Bernito" – ICT. It's a design used a randomized complete block (DBCA) with 5 treatments and 3 replications. The treatments studied were: T0 (50kg of weeds + 50kg of Plantain crop stubble + 50Kg of Pineapple + 50Kg of Shell cocoa), T1 (100Kg of chicken manure + 100 kg of Weed), T2 (100Kg of Chicken manure + 100Kg of Banana crop), T3 (100 kg of Chicken manure + 100Kg of Pineapple crop) and T4 (100Kg of Chicken manure + 100Kg of Shell cocoa). From which the following parameters were evaluated: temperature, humidity, chemical and microbiological characteristics. The results indicate the following: The treatment was the best chemical and microbiological characteristics was the T2, which showed the following results: pH (8.29%), nitrogen (1.19%), phosphorus (1.55%), potassium ( 1.74%), calcium (7.11%), magnesium (0.76%), iron (2797.26 ppm) and manganese (664.17 ppm), fungi (19 556 ufc), bacteria ( $3.8 \times 10^7$  ufc) and nematodes (102 indiv. / 100 g soil).

Regarding the cost / benefit, the treatment had the largest gain was the T1 with a cost / benefit ratio of 52.46%, is for each reversed sun was a gain of S /. 0.48 nuevos soles.

**Key words:** Organic manure, weeds, crop stubble

## ANEXOS

**Cuadro Nº 43.** Cantidad de compost producido en cada tratamiento

BLOQUE	TRATAMIENTO	CANTIDAD INICIAL (Kg)	CANTIDAD FINAL (Kg)	% DE REDUCCIÓN
I	T0	200	41	80.00
II	T0	200	42	79.00
III	T0	200	54	73.00
I	T1	200	122	39.00
II	T1	200	144	28.00
III	T1	200	143	29.00
I	T2	200	82	59.00
II	T2	200	78	61.00
III	T2	200	90	55.00
I	T3	200	104	48.00
II	T3	200	94	53.00
III	T3	200	120	40.00
I	T4	200	84	58.00
II	T4	200	91	55.00
III	T4	200	102	49.00

**Cuadro N° 44.** Temperatura de los tratamientos durante el proceso de compostaje

Semanas de Compostaje	Tratamientos evaluados				
	T0	T1	T2	T3	T4
1	39	49	39	45	38
2	36	41	32	36	33
3	36	38	35	35	33
4	36	37	35	36	34
5	41	44	34	36	34
6	40	44	34	34	33
7	38	40	34	35	32
8	38	40	35	35	35
9	37	40	34	36	32
10	35	38	34	35	34
11	35	36	34	34	34
12	34	34	32	33	33
13	32	33	30	31	31
14	33	34	31	32	32
15	33	35	32	33	33
16	31	32	30	31	32
17	32	32	31	31	31
18	32	33	31	32	31
19	32	32	31	31	31
20	31	32	30	31	30
21	32	32	30	31	30
22	31	31	30	30	30
23	31	31		30	

**Cuadro N° 45.** Humedad de los tratamientos durante el proceso de compostaje

Semanas de Compostaje	Tratamientos evaluados				
	T0	T1	T2	T3	T4
1	48.4	41.4	43	41.6	43.5
2	54.45	42.3	41.9	42.4	45.2
3	60.5	54	52	50.5	51
4	52.3	47.6	47.7	46.2	46.5
5	58.8	53.2	44.7	49.3	45
6	60.1	51.6	43.5	44.8	44.4
7	60	59.1	48.8	50.45	49.22
8	57	57.5	46.4	48.8	46.2
9	54.84	53.5	46	47.4	46.5
10	52.3	51.8	46.4	47.7	46.5
11	52.43	54.3	46.5	48.3	46.5
12	52.84	52.7	46	48.1	45.7
13	52.9	50.7	41.2	45.1	42.5
14	52.9	51.5	43.6	46.4	45.2
15	55.7	54.2	42	47.5	43.8
16	52.8	52.7	40	45	41.5
17	53.8	53.3	39.6	45.6	41.7
18	54.7	54.7	40	43.8	42
19	52.19	53.5	40	43.5	41.6
20	53.11	53.7		42.2	

**Cuadro N° 46.** Costo de producción del tratamiento T0

RUBRO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
<b>A. Costos Directos</b>				
<b>1. HERRAMIENTAS Y MATERIALES</b>				
1. Palana	Unidad	1	20.00/10	2.00
2. Machete	Unidad	2	7.00/5	2.80
3. Rastrillo	Unidad	1	12.00/10	1.20
4. Carretilla	Unidad	1	110.00/12	9.17
5. Manguera	metro	20	1.50/10	3.00
6. Sacos Negros	Unidad	10	1.00	10.00
7. Plástico negro	metro	5	3.00/2	7.50
8. Tubo de 4 pulgadas	Unidad	1	14.00/10	1.40
9. Balanza	Unidad	1	40.00/10	4.00
<b>2. INSUMO</b>				
<b>3. SERVICIOS</b>				
1. Recojo de Malezas	Jornal	1	14.00	14.00
2. Recojo de Rastrojo de Plátano	Jornal	0.5	14.00	7.00
3. Recojo de Rastrojo de Piña	Jornal	0.5	14.00	7.00
4. Recojo de Cáscara de Cacao	Jornal	0.5	14.00	7.00
5. Picado de Rastrojos	Jornal	2	14.00	28.00
6. Hoyos en el Tubo	Jornal	0.25	14.00	3.50
7- Formación de Rumas	Jornal	0.75	14.00	10.50
8- Mantenimiento de Rumas	Jornal	4	14.00	56.00
<b>TOTAL</b>			<b>174.07</b>	

**Cuadro N° 47. Costo de producción del tratamiento T1**

<b>RUBRO</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO S/.</b>	<b>PRECIO TOTAL S/.</b>
<b>A. Costos Directos</b>				
<b>1. HERRAMIENTAS Y MATERIALES</b>				
1. Palana	Unidad	1	20.00/10	2.00
2. Machete	Unidad	2	7.00/5	2.80
3. Rastrillo	Unidad	1	12.00/10	1.20
4. Carretilla	Unidad	1	110.00/12	9.17
5. Manguera	metro	20	1.50/10	3.00
6. Sacos Negros	Unidad	10	1.00	10.00
7. Plástico negro	metro	5	3.00/2	7.50
8. Tubo de 4 pulgadas	Unidad	0.5	14.00/10	1.40
9. Balanza	Unidad	1	40.00/10	4.00
<b>2. INSUMO</b>				
1. Gallinaza	Tonelada	1	10.00	10.00
<b>3. SERVICIOS</b>				
1. Recojo de Malezas	Jornal	2	14.00	28.00
2. Picado de Malezas	Jornal	3	14.00	42.00
3. Traslado de Gallinaza	Saco	10	2.00	20.00
4. Hoyos en el Tubo	Jornal	0.25	14.00	3.50
5. Formación de Rumas	Jornal	1	14.00	14.00
6- Mantenimiento de Rumas	Jornal	4	14.00	56.00
<b>TOTAL</b>			<b>214.57</b>	

**Cuadro N° 48.** Costo de producción del tratamiento T2

RUBRO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
<b>A. Costos Directos</b>				
<b>1. HERRAMIENTAS Y MATERIALES</b>				
1. Palana	Unidad	1	20.00/10	2.00
2. Machete	Unidad	2	7.00/5	2.80
3. Rastrillo	Unidad	1	12.00/10	1.20
4. Carretilla	Unidad	1	110.00/12	9.17
5. Manguera	metro	20	1.50/10	3.00
6. Sacos Negros	Unidad	10	1.00	10.00
7. Plástico negro	metro	5	3.00/2	7.50
8. Tubo de 4 pulgadas	Unidad	0.5	14.00/10	1.40
9. Balanza	Unidad	1	40.00/10	4.00
<b>2. INSUMO</b>				
1. Gallinaza	Tonelada	1	10.00	10.00
<b>3. SERVICIOS</b>				
1. Recojo de Rastrojo de Plátano	Jornal	1	14.00	14.00
2. Picado de Rastrojo de Plátano	Jornal	2	14.00	28.00
3. Traslado de Gallinaza	Saco	10	2.00	20.00
4. Hoyos en el Tubo	Jornal	0.25	14.00	3.50
5. Formación de Rumas	Jornal	1	14.00	14.00
6. Mantenimiento de Rumas	Jornal	3	14.00	42.00
<b>TOTAL</b>			<b>172.57</b>	

**Cuadro N° 49.** Costo de producción del tratamiento T3

RUBRO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
<b>A. Costos Directos</b>				
<b>1. HERRAMIENTAS Y MATERIALES</b>				
1. Palana	Unidad	1	20.00/10	2.00
2. Machete	Unidad	2	7.00/5	2.80
3. Rastrillo	Unidad	1	12.00/10	1.20
4. Carretilla	Unidad	1	110.00/12	9.17
5. Manguera	metro	20	1.50/10	3.00
6. Sacos Negros	Unidad	10	1.00	10.00
7. Plástico negro	metro	5	3.00/2	7.50
8. Tubo de 4 pulgadas	Unidad	0.5	14.00/10	1.40
9. Balanza	Unidad	1	40.00/10	4.00
<b>2. INSUMO</b>				
1. Gallinaza	Tonelada	1	10.00	10.00
<b>3. SERVICIOS</b>				
1. Recojo de Rastrojo de Piña	Jornal	1	14.00	14.00
2. Picada de Rastrojo de Piña	Jornal	2.25	14.00	31.50
3. Traslado de Gallinaza	Saco	10	2.00	20.00
4. Hoyos en el Tubo	Jornal	0.25	14.00	3.50
5. Formación de Rumas	Jornal	1	14.00	14.00
6. Mantenimiento de Rumas	jornal	4	14.00	56.00
<b>TOTAL</b>			<b>190.07</b>	

**Cuadro Nº 50. Costo de producción del tratamiento T4**

RUBRO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
<b>A. Costos Directos</b>				
<b>1. HERRAMIENTAS Y MATERIALES</b>				
1. Palana	Unidad	1	20.00/10	2.00
2. Machete	Unidad	2	7.00/5	2.80
3. Rastrillo	Unidad	1	12.00/10	1.20
4. Carretilla	Unidad	1	110.00/12	9.17
5. Manguera	metro	20	1.50/10	3.00
6. Sacos Negros	Unidad	10	1.00	10.00
7. Plástico negro	metro	5	3.00/2	7.50
8. Tubo de 4 pulgadas	Unidad	0.5	14.00/10	1.40
9. Balanza	Unidad	1	40.00/10	4.00
<b>2. INSUMO</b>				
1. Gallinaza	Tonelada	1	10.00	10.00
<b>3. SERVICIOS</b>				
1. Recojo de Cáscara de Cacao	Jornal	1	14.00	14.00
2. Picada de Cáscara de Cacao	Jornal	2	14.00	28.00
3. Traslado de Gallinaza	Saco	10	2.00	20.00
4. Hoyos en el Tubo	Jornal	0.25	14.00	3.50
5. Formación de Rumas	Jornal	1	14.00	14.00
6. Mantenimiento de Rumas	Jornal	3	14.00	42.00
<b>TOTAL</b>			<b>172.60</b>	

**Cuadro N° 51.** Análisis final de caracterización microbiológica de los tratamientos evaluados (T2 y T4) – Hongos

POBLACION DE HONGOS								
Muestra	Bloque	Tratamiento	GENEROS	Repeticiones			Promedio	ufc/g de suelo
				A	B	C		
Reporte Servicio N° 761-2008	I	T2	Aspergillus	3	6	4	4.333	8666.67
	I	T2	Acremonium (Cephalosporium)	2	0	0	0.667	1333.33
	I	T2	Micelio	1	1	0	0.667	1333.33
	I	T2	Penicillium	0	1	0	0.333	666.67
	I	T2	Fusarium	0	1	1	0.667	1333.33
Reporte Servicio N° 762-2008	I	T4	Fusarium	9	2	6	5.667	11333.33
	I	T4	Aspergillus	2	4	3	3.000	6000.00
	I	T4	Ascomyceto	1	0	0	0.333	666.67
	I	T4	Acremonium (Cephalosporium)	4	0	1	1.667	3333.33
	I	T4	Chaetomium	0	2	0	0.667	1333.33
	I	T4	Penicillium	0	2	1	1.000	2000.00
	I	T4	Micelio	0	1	1	0.667	1333.33
Reporte Servicio N° 763-2008	II	T2	Trichoderma	5	0	0	1.667	3333.33
	II	T2	Acremonium (Cephalosporium)	3	1	1	1.667	3333.33
	II	T2	Penicillium	2	1	0	1.000	2000.00
	II	T2	Fusarium	0	2	3	1.667	3333.33
	II	T2	Aspergillus	0	2	3	1.667	3333.33
	II	T2	Micelio	0	1	0	0.333	666.67
	II	T2	Chaetomium	0	0	2	0.667	1333.33
	II	T2	Gliomastix	0	0	1	0.333	666.67
Reporte Servicio N° 764-2008	II	T4	Fusarium	11	15	12	12.667	25333.33
	II	T4	Aspergillus	3	0	8	3.667	7333.33
	II	T4	Micelio	2	0	0	0.667	1333.33
	II	T4	Penicillium	0	0	1	0.333	666.67
	II	T4	Paecelomices	0	0	1	0.333	666.67
Reporte Servicio N° 765-2008	III	T2	Aspergillus	1	1	5	2.333	4666.67
	III	T2	Fusarium	9	7	9	8.333	16666.67
	III	T2	Micelio	3	2	1	2.000	4000.00
	III	T2	Penicillium	0	2	1	1.000	2000.00
Reporte Servicio N° 766-2008	III	T4	Aspergillus	1	5	3	3.000	6000.00
	III	T4	Penicillium	2	0	0	0.667	1333.33
	III	T4	Fusarium	4	1	5	3.333	6666.67
	III	T4	Micelio	1	3	3	2.333	4666.67
	III	T4	Eurotium	0	2	0	0.667	1333.33

Fuente: Laboratorio de Fitopatología – ICT (2008).

**Cuadro N° 52.** Análisis final de caracterización microbiológica de los tratamientos evaluados (T2 y T4) – Bacterias

POBLACION DE BACTERIAS								
Muestra	Bloque	Tratamientos	T. Bacteria	Repeticiones			Promedio	ufc/g de suelo
				A	B	C		
Reporte Servicio N° 761-2008	I	T2	Aeróbica	1	1	1	1.000	2000000.00
			Anaeróbica	4	7	4	5.000	10000000.00
Reporte Servicio N° 762-2008	I	T4	Aeróbica	1	1	1	1.000	2000000.00
			Anaeróbica	5	1	3	3.000	6000000.00
Reporte Servicio N° 763-2008	II	T2	Aeróbica	1	1	1	1.000	2000000.00
			Anaeróbica	30	72	45	49.000	98000000.00
Reporte Servicio N° 764-2008	II	T4	Aeróbica	1	2	1	1.333	2666666.67
			Anaeróbica	4	7	4	5.000	10000000.00
Reporte Servicio N° 765-2008	III	T2	Aeróbica	1	1	1	1.000	2000000.00
			Anaeróbica	1	1	2	1.333	2666666.67
Reporte Servicio N° 766-2008	III	T4	Aeróbica	1	1	1	1.000	2000000.00
			Anaeróbica	1	3	2	2.000	4000000.00

Fuente: Laboratorio de Fitopatología – ICT (2008).

**Cuadro N° 53.** Análisis final de caracterización microbiológica de los tratamientos evaluados (T2 y T4) – Nematodos

POBLACION DE NEMATODOS								
Muestra	Bloque	Tratamiento	GENEROS	Placas			Max. Ocur.	Indv./100 cc de suelo
				1	2	3		
Reporte Servicio N° 761-2008	I	T2	<i>Rhabditidos</i>	18	16	12	18	120.0
Reporte Servicio N° 762-2008	I	T4	<i>Rhabditidos</i>	4	2	4	4	26.7
Reporte Servicio N° 763-2008	II	T2	<i>Rhabditidos</i>	8	6	8	8	53.3
Reporte Servicio N° 764-2008	II	T4	<i>Rhabditidos</i>	2	0	2	2	13.3
Reporte Servicio N° 765-2008	III	T2	<i>Rhabditidos</i>	20	16	18	20	133.3
Reporte Servicio N° 766-2008	III	T4	<i>Rhabditidos</i>	12	10	14	14	93.3

Fuente: Laboratorio de Fitopatología – ICT (2008).

**Cuadro N° 54.** Análisis final de caracterización química de los tratamientos evaluados

BLOQUES	TRATAMIENTOS	Variables a evaluar														
		ph	C.E. (ds/m)	N	P	K	Ca	Mg	S- SO42	Na	Zn	Cu	Mn	Fe	Cd	B
I	T0	6.86	3.10	1.33	0.16	0.94	0.72	0.29	0.05	0.02	69.35	13.87	321.97	2786.80	0.20	82.85
I	T1	6.88	6.57	1.38	1.07	1.36	5.98	0.71	0.48	0.20	390.36	38.84	578.57	2746.46	2.49	100.32
I	T2	8.46	6.39	1.20	1.61	1.75	7.58	0.76	0.47	0.28	548.73	46.55	634.90	2802.10	2.67	111.08
I	T3	8.35	4.54	0.90	1.23	1.42	6.31	0.72	0.46	0.24	424.48	35.54	601.18	2799.61	2.17	87.25
I	T4	7.68	5.96	1.22	1.47	1.73	7.00	0.75	0.38	0.29	519.95	43.25	620.21	2764.89	2.36	109.29
II	T0	6.87	4.11	1.19	0.15	1.04	0.61	0.29	0.05	0.03	68.13	13.82	328.79	2764.61	0.20	74.13
II	T1	6.84	7.51	1.49	1.08	1.56	5.91	0.71	0.41	0.20	383.23	39.92	632.73	2732.53	1.90	105.28
II	T2	8.28	6.54	1.41	1.77	1.96	7.71	0.79	1.68	0.33	605.34	51.77	640.18	2733.97	2.59	149.50
II	T3	8.47	3.90	0.92	1.37	1.58	5.90	0.74	0.39	0.23	475.29	39.69	701.53	2793.21	1.98	104.20
II	T4	7.67	6.75	1.25	1.39	1.68	6.29	0.75	0.41	0.23	496.24	43.50	664.29	2731.32	2.17	101.93
III	T0	6.80	3.15	0.92	0.10	0.80	0.37	0.22	0.01	0.18	55.87	11.97	261.37	2816.24	0.50	74.90
III	T1	6.62	6.63	1.57	1.04	1.45	4.45	0.67	0.45	0.15	358.98	37.58	586.43	2721.52	1.48	101.50
III	T2	8.14	5.65	0.97	1.27	1.51	6.05	0.73	0.34	0.22	455.64	39.97	717.43	2855.72	2.20	90.21
III	T3	8.06	4.13	0.89	1.04	1.18	6.02	0.69	0.54	0.12	367.82	30.90	605.06	2863.84	2.09	94.26
III	T4	7.57	8.16	1.13	1.46	1.69	7.38	0.75	0.51	0.24	497.04	42.41	607.50	2806.71	2.56	112.00

Fuente: Laboratorio de Suelos del ICT (2008).



# CROQUIS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

