



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA**

**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA DE LOMBRICES EN LA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO CASTING”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del título de:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**AUTOR**

**MANUEL FERNANDO MINTA VALLA**

**Riobamba – Ecuador  
2010**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento a Dios por haberme dado la vida y mantenerme con salud durante el tiempo que duró esta investigación, a mis padres por el apoyo incondicional que me han brindado a través de su sacrificio económico y moral.

Expreso mi gratitud a todos los docentes de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela de Ingeniería Zootécnica por sus sabias enseñanzas en el trayecto de mi formación profesional. Dejo constancia de mi agradecimiento a quienes colaboraron para cristalizar la presente investigación, y de manera muy especial el reconocimiento al Dr. Luis Fiallos O. Ph.D., Director de Tesis quién a dispuesto su tiempo en guiar y apoyarme en el proceso de ejecución de la tesis, siendo un pilar fundamental para el desarrollo de todas las actividades ejecutadas.

## CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Anexos	ix
<b>I. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	1
<b>II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u></b>	3
<b>A. ASPECTOS GENERALES DEL CASTING</b>	3
1. <u>Proceso de transformación en sustrato (casting)</u>	5
2. <u>Composición química</u>	5
3. <u>Ventajas del proceso de elaboración del abono orgánico casting</u>	6
4. <u>Factores importantes para la preparación del casting</u>	8
a. La temperatura	8
b. El pH (acidez)	9
c. El riego	9
d. Humedad	10
e. La aireación	10
5. <u>Determinación de humedad por el método gravimétrico</u>	11
6. <u>Cantidad de casting recomendada por superficie</u>	11
7. <u>Propiedades del casting</u>	12
a. Propiedades químicas	12
b. Propiedades físicas	13
<b>B. HUMUS DE LOMBRIZ</b>	13
1. <u>Antecedentes</u>	13
2. <u>Generalidades del humus</u>	14
3. <u>Características importantes del humus de lombriz</u>	14
4. <u>Composición química</u>	15
5. <u>Desechos vegetales</u>	16
6. <u>Control de pH</u>	17
7. <u>Cosecha de lombrices y humus</u>	17

## **I. INTRODUCCIÓN**

El Ecuador ha sido privilegiado con una gran diversidad de plantas y animales, muchos de ellos endémicos, es decir, que solo existen en esta parte del mundo; razón por la que es considerado un “país mega diverso”, es así que en estos últimos años se a puesto mucho énfasis en cambiar los sistemas tradicionales de fertilización de los cultivos por nuevas alternativas naturales y sostenibles como es el caso de la utilización del fertilizante orgánico casting, por ser una alternativa económica y de fácil preparación para la mayoría de productores. Muchos agricultores tienen la materia prima en sus fincas (estiércoles, residuos de cosecha, subproductos de industrias), pero desconocen las técnicas apropiadas para transformar dichos residuos en valiosos fertilizantes orgánicos, que ayudan a reducir la destrucción de la capa arable, que son producidas por las malas prácticas que se aplican en el cultivo y el uso inadecuado de abonos y pesticidas químicos, los mismos que han provocado una disminución en la productividad de las parcelas campesinas, razón por la cual se busca continuamente la ampliación de los suelos fértiles del bosque y los páramos andinos.

Al incorporar casting al suelo se mejora varias características del mismo como la estructura, consistencia, retención de humedad, entre otros, además de macro y micro nutrientes básicos para las plantas, este incremento deliberado en el suelo asegura la fermentación rápida y una mayor actividad de los microorganismos benéficos, eliminando los microorganismos patógenos. La elaboración del Casting se basa en procesos de estabilización y bio oxidación de material orgánico, que consiste en la reutilización del humus para transformar en abono orgánico casting, que tiene características similares al humus pero con algunas diferencias, esto se consigue gracias a la acción de las lombrices y los microorganismos que ayudan al proceso de transformación.

Es fundamental tener en cuenta que gran parte de suelos de nuestro país están siendo degradadas y erosionadas, convirtiéndose en suelos infértiles, debido a que este ecosistema ha sido fuertemente alterado y destruido por la actividad agrícola en pequeña y gran escala, que han venido conjuntamente relacionadas

con las malas prácticas de cultivo y el uso inadecuado de abonos y pesticidas químicos, los mismos que han provocado una disminución en la productividad de las parcelas, complementados con la poca incorporación de abonos orgánicos al suelo. En la actualidad la mayoría de agricultores utilizan fertilizantes químicos con la finalidad de producir más, obteniendo mayor rentabilidad a corto plazo, este factor con el paso del tiempo hace que el suelo se deteriore, ante esta difícil realidad es necesario la incorporación al suelo de materia orgánica como el casting, el cual contiene grandes cantidades de nutrientes, los mismos que aseguran una agricultura sustentable y lo más importante producir alimentos sanos y de buena calidad, de tal manera que la presente investigación está enfocada a determinar la mejor densidad de siembra para lograr un buen beneficio/costo en la elaboración del abono casting. Por lo anotado anteriormente en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar diferentes densidades de siembra de lombrices (1, 2, 3 y 4 Kg. de lombriz por m<sup>2</sup>) en la producción del abono orgánico casting.
- Conocer la mejor densidad de siembra de lombriz en la elaboración de abono orgánico (casting) y su producción.
- Analizar las características físicas químicas del abono orgánico casting, obtenido en base a la densidad de siembra de las lombrices.
- Determinar el rendimiento económico mediante el análisis de beneficio/costo.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **A. ASPECTOS GENERALES DEL CASTING**

En <http://www.spikerwormandcasting>. (2008), se indica que el casting es un producto orgánico que contiene ricas proporciones de nutrientes solubles en agua. Esta es una razón principal de ser capaz de proporcionar resultados increíbles en la producción. El casting permite que las plantas de manera rápida y fácil absorban todos los nutrientes esenciales y elementos en forma sencilla, de modo que necesitan sólo un mínimo esfuerzo para obtenerlos, esto no sucede en el caso de la mayoría de los otros fertilizantes, a pesar de que puede tener muchos nutrientes,

En <http://www.fubiomi.org>. (2008), se señala que el casting gracias a su acción microbiana hace que sea asimilable para las plantas, materiales inertes como, fósforo, calcio, potasio, magnesio y oligoelementos, por lo que contiene un balance mineral apropiado en sus partículas, de esta forma mejora la disponibilidad de alimento para las plantas y actúa como un complejo fertilizador natural. Ya que los niveles de macro nutrientes y micro elementos de los suelos favorecen su disponibilidad y asimilación por las plantas, beneficiando a que las plantas sean resistentes a las plagas y enfermedades, inhibiendo el desarrollo de bacterias y hongos fitopatógenos. Ya que es un excelente sustrato para la germinación de las semillas por lo que contiene ácidos húmicos, enzimas de crecimiento, hormonas, vitaminas, y antibióticos.

En <http://www.fubiomi.org..php>. (2008), se indica que los residuos orgánicos pueden ser procesados y fragmentados más rápidamente por los gusanos de tierra, que lo transforman en un material estable, no tóxico, con buena estructura, alto potencial nutritivo, fertilizante económico para el suelo y abono que ayudan al crecimiento de las plantas. El casting es un fino material, muy similar al humus pero con algunas diferencias ya que este es producto de la reutilización del humus con una estructura óptima, porosidad, ventilación, drenaje y capacidad de

retención de humedad. Sistemas de baja, media y alta tecnología son disponibles y fácilmente adaptables a diferentes tipos de residuos.

<http://www.infoagro.com>. (2009), manifiesta que 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 olvidarnos la importancia que tiene en 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. El casting es muy apreciado por los agricultores y es de calidad superior a otros abonos orgánicos por las características benéficas que aportan al suelo las cuales son:

- Coloración pardo negruzca con olor suave peculiar a tierra húmeda, característico de este producto, posee una solubilidad en agua, empleándose para la fertilización líquida, esto posibilita que pueda ser empleada en cultivos hidropónicos y otros. Es un compuesto estable y puede ser almacenado en condiciones óptimas alrededor de 6 meses, a diferencia de otros abonos tanto químicos como orgánicos; no son transmisores de agentes patógenos
- Mejora la retención y penetración de agua, además aumenta la aireación cuando es mezclada. En comparación con la composición química de otras materias orgánicas empleadas como fertilizantes, se observa un porcentaje de elementos tales como nitrógeno, fósforo y potasio.
- Ayuda a la formación de suelo, enriquece el suelo con microorganismos benéficos, regenerando su vida microbiana y su micro fauna, además de incrementar la mineralización, por lo que mejora las características fisiológicas de las plantas, tiene actividad fito/hormonal, favoreciendo el crecimiento de las raíces, sobre todo en la germinación de semillas.

## **1. Proceso de transformación en sustrato (casting)**

En <http://bioabitat.terra.org.php>. (2009), se afirma que las lombrices toman trozos de material y luego del pasaje por el tracto digestivo, el alimento no puede ser ya reconocido. El bolo fecal es llamado "casting", lugar éste muy propicio para el desarrollo de bacterias benéficas, porque las lombrices circundan el casting, con material pegajoso de carbohidratos muy húmedos, polisacáridos y algo de proteínas, siendo un medio excelente para la producción y desarrollo de las bacterias útiles para el suelo.

En <http://bioabitat.terra.org/index.php>. (2009), se reporta que una cuestión no dilucidada es, si las bacterias patógenas pueden progresar en el casting, si todos los microorganismos benéficos están ausentes. Ciertamente, las bacterias coliformes humanas, pueden desarrollarse en este material, si sólo los coliformes están presentes, pero si en el casting están los microorganismos de rutina, aquellas no progresan, porque las enzimas de las bacterias coliformes no son tan competitivas como las de las bacterias normales del suelo o del compost maduro y por lo tanto los coliformes mueren por falta de alimento o escasez de espacio.

## **2. Composición química**

López, B. (2007), manifiesta que las lombrices consumen humus y el proceso de eliminación de este alimento transformado da origen al casting, estos animales se alimentan de desechos previamente fermentados (compostas orgánicas), biodegradables, tales como: excretas de animales (vaca, cerdo, conejo, caballo, ovino y aves principalmente), residuos vegetales (tallos de plátano, cascarilla de arroz, pulpa de café, frutas, vegetales, bagazo, estopa de coco, etc.). Al estudiar la composición química del casting hay que tener en cuenta que algunos valores son típicos, y pueden variar mucho en función del material empleado para hacer el casting. En el cuadro 1. Se indica la composición química de este abono orgánico:

Cuadro 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CASTING.

INDICADORES	VALORES	INDICADORES	VALORES
ph	6.5 - 7.2	% CãO	1.0
% M.O	30 – 50	% MgO	0.5 - 1.5
% Ácidos Húmicos	2.5 - 6.5	% SO <sub>4</sub>	0.3 - 0.8
% Ácidos Fúlvicos	1.0 - 2.5	Cloro (Cl) Total	0.05 - 0.1
% N <sub>2</sub>	1.0 - 2.0	Sodio (Na) Total	0.1 - 0.2
% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.5 - 1.5	p.p.m Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	400 – 1200
% K <sub>2</sub> O	0.3 - 1.1	p.p.m MnO	150 - 300
Relación C/N	8 - 10/1	p.p.m CuO	40 - 120
% Humedad	20 – 30	p.p.m ZnO	150 - 300
Bacterias Benéficas	107 - 108 u.f.c	p.p.m Bo	10 - 50

Fuente: <http://www.fubiomi.org>. (2008).

### **3. Ventajas del proceso de elaboración del abono orgánico casting**

En <http://www.spikerwormandcasting>. (2008), se indica que son varios los beneficios que aporta el casting a los suelos. A continuación mencionamos los más importantes:

- Aumenta la capacidad de retención del agua en el suelo, por lo cual se ahorra durante el riego disminuyendo su consumo.
- Su estabilidad estructural, facilita que los suelos mejoren la estructura ante la aplicación del casting.
- Los niveles de materia orgánica se ven incrementado por su capacidad de intercambio catiónico y suministrando a las plantas sustancias fito/hormonales (auxinas, giberelinas, citoquininas, etc.).

- La capacidad de retención de agua del suelo, por lo que disminuye el consumo de agua de riego. No exige inversiones económicas muy altas en obras de infraestructura rural, la porosidad del suelo favoreciendo la permeabilidad del agua y la aireación.
- Las actividades de diferentes enzimas del suelo que favorecerán la disponibilidad de los nutrientes para las plantas.
- Potencia la capacidad de intercambio iónico, lo cual eleva la fertilidad de los suelos y su disponibilidad de nutrientes asimilables por las plantas.
- El casting de lombriz es un fertilizante orgánico que tiene todos los efectos de un abono natural que viene directamente de la naturaleza sin alteraciones en absoluto.
- Mejora el pH en suelos ácidos, evitando la absorción de elementos contaminantes por las plantas. Se pueden elaborar en la mayoría de los ambientes y climas donde se realicen actividades agropecuarias.
- El casting tiene capacidad para inactivar o suprimir microorganismos patógenos mediante producción de antibióticos a través de sus microorganismos; competición inter/específica entre patógenos y microorganismos benéficos; aumento de la predación y el parasitismo de los microorganismos; producción de enzimas que destruyen las paredes celulares de los fito/patógenos; cambios en las condiciones ambientales del suelo que inhiben patógenos; inducción de la resistencia de las plantas a los fito/patógenos.
- Tiende a fijar los niveles de elementos pesados en el suelo evitando su traslocación a los animales y plantas o bien su lixiviación hacia capas más inferiores.
- Se facilita el manejo del volumen de abono, su almacenamiento, su transporte y la disposición de los materiales para elaborarlo (se puede elaborar en pequeños o grandes volúmenes, de acuerdo con las condiciones económicas y con las necesidades de cada productor).

- Así como la abundancia de nutrientes disponibles, son factores fundamentales que proporcionan una perfecta combinación de las necesidades nutricionales. Esto permite a las plantas como sea necesario para alimentarse durante semanas, meses y años en el tiempo, dependiendo de la planta,
- Ayuda a la formación de suelo, enriquece el suelo con microorganismos benéficos, regenerando su vida microbiana y su micro fauna, además de incrementar la mineralización, por lo que mejora las características fisiológicas de las plantas, tiene actividad fito/hormonal, favoreciendo el crecimiento de las raíces, sobre todo en la germinación de semillas. El crecimiento de las plantas es estimulado por una serie de fito/hormonas y fito/reguladores naturales que se activan a través de los abonos fermentados.
- Posee una solubilidad en agua, empleándose para la fertilización líquida, esto posibilita que pueda ser empleada en cultivos hidropónicos y otros. Los abonos orgánicos activan una serie de rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas y de bioprotección.(<http://www.colprocah.com>2009).

#### **4. Factores importantes para la preparación del casting**

##### **a. La temperatura**

En <http://www.colprocah.com>.(2009), se manifiesta que la temperatura es otro de los factores que incluye en la reproducción, producción (casting) y fecundidad de las capsulas, una temperatura entre 20 a 26 grados centígrados es considerada óptima, lo que conlleva al máximo rendimiento de las lombrices. Cuando la temperatura desciende de 20 grados centígrados hasta 15 grados centígrados las lombrices entran en un periodo de latencia, dejando de reproducirse, crecer y producir casting, además que alarga el ciclo evolutivo, puesto que los huevos no eclosionan y pasan más tiempo encerrados como embriones, hasta que se presentan las condiciones del medio favorable.

## **b. pH (acidez)**

Cando, M. (1996), determina que para medir el pH se toma una muestra de sustrato húmedo y se le introduce el papel tornasol en el centro. Se deja reposar durante unos 30 segundos comprobando que la tira a cambiado de color se compara con una escala de colores donde cada uno corresponde a un grado distinto de pH. Basta con introducir una punta en el material y un indicador con una aguja permitirá hacer una lectura con regular exactitud.

En <http://www.reboreda.es>. (2008), se manifiesta que el pH mide lo alcalino o ácido del sustrato. El pH es un factor que depende de la humedad y temperatura, si estos dos últimos factores son manejados, adecuadamente, podríamos controlar el pH siempre y cuando el sustrato contengan pH alcalino. La lombriz acepta sustratos con pH de 5 a 8.4, o a su vez pasados esta escala la lombriz entra en una etapa de dormancia.

## **c. Riego**

En <http://www.simas.org.ni>. (2009), se reporta que el riego además de garantizar la humedad requerida por el suelo, garantiza la adecuada temperatura, sobre todo en los meses de intenso calor, por lo que se recomienda en lugar de uno o dos riegos largos en el día, aplicar varios de corta duración. Se deberá procurar regar solamente los 10 cm. superiores para evitar que el exceso de agua produzca el lavado del humus y por consiguiente se pierdan los nutrientes. *Hay que tomar en cuenta que este abono mejora la retención y penetración de agua.*

*Cando, M. (1996), manifiesta que la humedad del medio es optima cuando al apretar un puñado de material totalmente húmedo con la mano no caen gotas de agua. Las lombrices pueden sobrevivir con menos humedad pero disminuyen su actividad de trabajo. Una humedad superior al 85% es perjudicial ya que se compactan los tratamientos y disminuyen la aireación. Por otra parte los riegos*

*excesivos arrastran las proteínas perdiendo el alimento parte de su valor nutricional.*

#### **d. Humedad**

En <http://www.colprocah.com>.(2009), se indica que la humedad es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción y fecundación de las cápsulas o cocones, una humedad superior al 85% es muy dañina para las lombrices, haciendo que estas entren en un periodo de dormancia en donde se afecta la producción de casting. Las condiciones más favorables para que la lombriz se reproduzca, es con una humedad del 80%, siendo aceptable hasta el 70%, debajo de este porcentaje de humedad es una condición desfavorable, por otro lado los niveles de humedad inferiores al 55%, son mortales para las lombrices, pero hay que tomar en cuenta que el casting mejora la retención y penetración de agua, además aumenta la aireación cuando es mezclada.

Carrera, S. (1998), afirma que la prueba para medir el porcentaje de humedad del sustrato se conoce como prueba de puño, la cual consiste en agregar una cantidad de materia que alcanza en el puño de la mano, posteriormente se aplica fuerza, lo normal de un brazo y si toma la forma del puño, es que la humedad está en un 80% aproximadamente.

#### **e. Aireación**

López, B. (2007), reporta que la presencia del oxígeno o una buena aireación es muy necesaria para que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación del abono orgánico. Se calcula que como mínimo debe existir de un 5% a un 10% de concentración de oxígeno en los macroporos de la masa. Sin embargo cabe recalcar, que cuando los microporos se encuentran en estado anaeróbico ósea (sin oxígeno) debido a un exceso de humedad, ello puede perjudicar la aireación del proceso y, en consecuencia, se obtiene un producto de

mala calidad, que al incorporar al suelo no actuaría normalmente evitando el desarrollo normal del cultivo.

##### **5. Determinación de humedad por el método gravimétrico**

En <http://www.tmecc.org>. (2008), se indica que el método se basa principalmente en la medición o determinación de la cantidad de agua expresada en gramos que contiene una muestra de humus. Esta masa de agua se hace referencia de la masa del humus de lombriz húmeda de la muestra obtenida. La determinación de la masa de agua se realiza por la diferencia en peso entre la masa de humus húmedo y la masa de humus seco. Se considera como humus de lombriz seco aquél secado a la estufa a  $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$  por un lapso de 24 horas, hasta finalmente obtener un peso constante, que este vendría a ser la materia seca.

##### **6. Cantidad de casting recomendada por superficie**

En <http://www.manualdelombricultura>. (2008), se indica que el casting es una forma de humus, que sirve como fertilizante biológico y que además proporciona compuestos fito/estimulantes que favorecen el crecimiento de las plantas, posee gran cantidad de materia orgánica, por lo que favorecen la fertilidad del suelo, incrementan la actividad microbiana de este, facilitando el transporte de nutrientes a la planta a través de las raíces. Además aumenta la productividad en los cultivos de los pastizales, porque es un abono orgánico, al ser un producto natural, este se adapta a cualquier tipo de cultivo. En forma general muchos autores de acuerdo a experiencias en el campo ponen en consideración incorporar al suelo aproximadamente de 1.5 toneladas por hectárea de abono orgánico casting, pero también tenemos a continuación algunas recomendaciones de acuerdo al tipo de cultivo establecido, como se puede ver claramente en el cuadro 2.

Cuadro 2. DOSIS DE CASTING POR SUPERFICIE DE CULTIVO.

Variedad	Cantidad
Praderas	600 g/m <sup>2</sup>
Frutales	1.5 Kg/árbol
Hortalizas	1 Kg/m <sup>2</sup>
Césped	0.5 Kg/m <sup>2</sup>
Ornamentales	100 g/planta
Semilleros	20%
Abonado de fondo	120-150 L/m <sup>2</sup>
Transplante	0.5-1 Kg/árbol
Recuperación de terrenos	2000-2500 L/ha
Setos	100 g/planta
Rosales y leñosas	0.5Kg/m <sup>2</sup>

Fuente: [http:// www.manualdelombricultura](http://www.manualdelombricultura). ( 2008).

## 7. Propiedades del casting

### a. Propiedades químicas

- Incrementar la disponibilidad del nitrógeno, fósforo y azúcar, fundamentalmente el nitrógeno.
- Incrementar la eficiencia de la fertilización particularmente nitrógeno.
- Estabilizar la reacción del suelo, debido a su alto poder de almohadilla.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a la capacidad de filtración.

- Priva el crecimiento de hongos y bacteria que afecta a la planta, (<http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.htm> 2008).

## **b. Propiedades físicas**

- Incrementar la capacidad de conservación de humedad en el suelo.
- Mejora la porosidad y ventilación del suelo.
- Mejorar la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos y peligrosos de los suelos sueltos y arenosos, por consiguiente mejora su porosidad.
- Reduce el desgaste del suelo.
- Confiere un color oscuro y en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica, (<http://www.infoagro.com/abonos>. 2008).

## **B. HUMUS DE LOMBRIZ**

### **1. Antecedentes**

Chacon, G. (1999), manifiesta que en la antigüedad Aristóteles, en el año 384-322 A.C, llamó a la lombriz como el intestino de la tierra. Este autor tenía interés por las lombrices., sus libros más famosos, “El Origen de las especies por Medio de la Selección Natural” y el “Origen del Hombre”, más tarde escribió otro libro titulado: “La Formación de la Cubierta Vegetal, a través de la Acción de las Lombrices de Tierra” esta obra sería el inicio de una serie de investigaciones que hoy han transformado a la lombricultura en una actividad zootécnica de mucha importancia, que nos permite mejorar la producción agrícola, ya que las lombrices de tierra desempeñan un importante papel en la ecología del suelo. Las lombrices de tierra son también una fuente de alimento para muchos animales y constituyen el principal alimento de los topos y las musarañas.

## **2. Generalidades del humus**

El mismo Chacon, G. (1999), manifiesta que el humus es un compuesto rico en nutrimentos minerales y bacterias que permite una acción restauradora del suelo. Es el mismo suelo que actúa como soporte, más los excrementos de la lombriz que contienen: 5 veces más nitrógeno, 7 veces más fósforo, 5 veces más potasio, 2 veces más calcio que el material orgánico que ingirieron. Posee fito/hormonas que favorecen el crecimiento de la planta, otra característica es que las hortalizas que se cultivan con ese abono contienen más minerales y vitaminas.

Tineo, A. (1994), comenta que el humus es un coloide carente reestructura cristalina, es decir amorfa; muy compleja, esencialmente de naturaleza lignoproteica, de elevado peso molecular, polímera y sin organización biológica, de color oscuro, con una relación de C/N aproximadamente de 10 a 12, posee una elevada capacidad de intercambio catiónico.

## **3. Características importantes del humus de lombriz**

En <http://www.humus.com>.(2009), se indica que entre las características más importantes del humus de lombriz se pueden indicar las siguientes:

- Alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos. Su acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de la nutrición, cuya actividad residual en el suelo llega hasta cinco años.
- Alta carga microbiana (40 mil millones por gramo seco) que restaura la actividad biológica del suelo.
- El humus de la lombriz está compuesto principalmente por el carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos. Las cantidades de estos elementos dependerán de las características químicas del sustrato que dieron origen a la alimentación de lombrices.

- Es un fertilizante bioorgánico activo, emana en el terreno una acción biodinámica y mejora las características organolépticas de las plantas, flores y frutos.
- Opera en el suelo mejorando la estructura, haciéndolo más permeable al agua y al aire, aumentando la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas en forma sana y equilibrada.
- Su pH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las plantas. La química del humus de lombriz es tan equilibrada que nos permite colocar una semilla directamente en él sin ningún riesgo.
- El humus es un producto con altas posibilidades de comercialización en el mundo entero, pero su calidad es un factor importante para obtener los mejores precios del mercado; los que pueden fluctuar desde 100 a 250 dólares la tonelada, dependiendo del mercado y de la relación oferta-demanda del mismo.

#### **4. Composición química**

Aranda, D. (1995), afirma que el humus de lombriz es una sustancia negra de naturaleza ácida, que da al suelo una mejor estructura, a la vez que suministra sustancias nitrogenadas indispensables para el desarrollo de la planta, en todos sus estados fenológicos, es decir en prefloración, floración y postfloración. Así mismo, retiene por mayor tiempo la humedad del suelo (absorbe varias veces su propio peso, hinchándose y desecándose, da estabilidad a los agregados). al inicio de la descomposición, parte del carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno se disipan rápidamente en forma de agua, dióxido de carbono, metano y amoníaco, pero los demás componentes se descomponen lentamente y permanecen en forma de humus. La composición química del humus varía porque depende de la acción de organismos vivos del suelo, como bacterias, protozoos, hongos y ciertos tipos de escarabajos, pero casi siempre contiene cantidades variables de proteínas y ciertos ácidos urónicos combinados con ligninas y sus derivados. El humus es un material homogéneo, amorfo, de color oscuro e inodoro. Los

productos finales de la descomposición del humus son sales minerales, dióxido de carbono y amoníaco, que se incorporan al suelo cuando son aplicados en sus formas tanto primitivas como más complejas. En el cuadro 3. Se muestra claramente la composición química que presenta el humus de lombriz.

Cuadro 3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL HUMUS.

Nutrientes	Cantidad
Nitrógeno total	1.80 - 2.2 %
Fósforo	0.75 - 1.6 %
Potasio	3.20 - 5.6 %
Calcio	2.60 - 4.6 %
Magnesio	0.64 - 0.8 %
Hierro	85 mg/l
Cobre disponible	80 mg/Kg
Zinc	165 mg/Kg
Manganeso	400 mg/Kg
Boro	67.5 mg/Kg
Carbono orgánico	39.9 %
C/N	13.70
Carga microbiana	2x10 E12 porgr(m/s)

Fuente: <http://www.ecimed@infomed.sld.cu>, (2008).

##### **5. Desechos vegetales**

En <http://www.mayacert.com/boletines>.(2009), se indica que los desechos vegetales constituyen una fuente rica de nutrientes y alimento de los

microorganismos, son diversas las fuentes que se podrían emplear como materia prima entre ellas están: rastrojos de cultivos, hortícola, zanahoria, lechuga, etc.,

Mazarello, N. (1983), manifiesta que entre los residuos de origen vegetal están hojas, pastos, flores, tallos, pajas, frutas, verduras y resto de plantas generados en procesos agroindustriales. Todos estos materiales pueden ser utilizados en la alimentación animal siempre y cuando realicen un proceso precompostaje, que es necesario previo a ser facilitado a las lombrices.

## **6. Control de pH**

Beijoo, N. (2001), menciona que el valor de pH del sustrato para el buen desarrollo de las lombrices debe estar comprendido entre 6,5 y 7,5 siendo los valores óptimos 6,8 y 7,2. Para determinar el pH de una sustancia orgánica se puede utilizar papel tornasol.

## **7. Cosecha de lombrices y humus**

<http://www.manualdelombricultura.com>. (2008), se dice que para la cosecha de lombrices es necesario que las camas estén llenas, realizándose de la siguiente forma: se retrasa la alimentación por lo menos 4 días, luego se les ofrece alimentos en cantidad normal, la lombriz se concentra en la superficie, esto sucede cada 2 o 3 días después de haber puesto el alimento en capa de 10cm, una vez poblada la superficie se procede a retirar manualmente, introduciendo los dedos de la mano y retirando el sustrato, este procedimiento se repite de 2 veces más para sustraer el 98% de la población de lombrices.

En <http://www.manuallombricultura.com>. (2008), se manifiesta que una vez cosechada las lombrices se procede a retirar la materia orgánica con carretillas y si no se usa al instante se puede almacenar en sacos que tengan aireación y bajo sombra, teniendo cuidado que la humedad no baje a un 40%, puesto que todavía hay actividad microbiana que es la que le da la calidad al humus, como uno de los

mejores fertilizantes orgánicos del mundo.

Suquilanda, M. (2003), comenta que después de la cosecha de las lombrices, se deberá extender el humus sobre una superficie plana a fin de extraer el exceso de humedad y poder manipularlo. Seguidamente se debe pasar por una zaranda para eliminar los desechos gruesos y darle mejor presentación si es que el material va a ser utilizado en la elaboración de sustrato o si es que va a ser va a ser destinado a la venta. En el último caso se procede a su envasado en bolsas de polietileno.

## **C. LOMBRIZ DE TIERRA**

### **1. Características generales**

Terranova, E. (2001), reporta algunas características de la lombriz de tierra, las cuales se mencionan a continuación:

- Es de color rojo oscuro y respira por medio de su piel.
- Mide de 6 a 8 cm. de largo, de 3 a 5 milímetros de diámetro y pesa aproximadamente 1 gramo
- No soporta la luz solar, una lombriz expuesta a los rayos del sol muere en unos pocos minutos.
- Vive aproximadamente unos 15 años y puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones, hasta 1.500 lombrices al año.
- La lombriz californiana avanza excavando en el terreno a medida que come, depositando sus deyecciones y convirtiendo este terreno en uno mucho más fértil que el que pueda lograrse con los mejores fertilizantes artificiales.

## 2. Generalidades

Carrera, S. (1998), manifiesta que las lombrices de tierra son de una gran importancia económica, porque con su actividad cavadora de tierra, en su estado natural, participan en la fertilización, aireación y formación del suelo, la realidad es que por carecer de dientes y mandíbulas no pueden destruir las raíces, porque su alimentación es micrófaga. Las principales características que reportan estos animales son:

- Es extraordinariamente prolífera; madura sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida. Deposita cada 7 a 10 días una cápsula o huevo con un contenido que fluctúa de 2 a 20 embriones que a su vez después de 14 a 21 días de incubación eclosiona, originando lombrices en condiciones de moverse y nutrirse de inmediato.
- Condiciones ambientales: su óptimo desarrollo alcanzan en temperatura que oscilan entre 19 - 20°C, humedad 85%, es decir que necesitan vivir en un suelo húmedo que contenga materia orgánica. La producción normal por lombriz es de 1.500 lombrices, pH adecuado es de 5, también se desarrollan de 6.5 - 7.5. Las lombrices de tierra rehuyen la luz del día, pero con frecuencia salen a la superficie durante la noche para alimentarse y expulsar sus detritus es decir que le temen a la luz, ya que los rayos ultravioleta las matan, la producción de humus es de 60% humus - 40% alimento, la producción comercial se debe manejar como cualquier tipo de producción animal.
- Alimentación y digestión: La lombriz de tierra es un animal omnívoro, es decir que come de todo: animales, vegetales y minerales, antes de comer tejidos vegetales los humedece con un líquido parecido a la secreción del páncreas humano, lo cual constituye una predigestión, cuando la lombriz cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa la tierra con la faringe evaginada o bulbo musculoso. Digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición y vuelve a la superficie a expulsar por el ano. Es decir digieren la materia nutritiva presente en ésta, y depositan los restos en la superficie del suelo o en sus túneles.

### 3. Clasificación de las lombrices

Suquilanda, M. (2003), manifiesta que se conocen aproximadamente 8000 especies de lombrices, pero solo 3500 de ellas han sido estudiadas y clasificadas, de estas 3500 especies unas pocas han sido domesticadas y adaptadas para cultivarlas como se pueden apuntar algunas de ellas a continuación:

- Lombriz roja (*Eisenia foetida*)
- Lombriz de nariz marrón/Lombrices hulu Rojas Gonder
- Super lombrices gigantes oro de California
- Lombrices bailarinas de Hawai
- Super Lombriz
- Lombrices Enanas.

### 4. Morfología de la lombriz

Reino:	Animal
Subreino:	Metazoos
Tipo	Anélido
Clase	Oligoqueto
Grupo:	Annelida
Orden:	Opisthoro
Familia:	Lumbricidae
Género:	<i>Eisenia</i>
Especie:	<i>Foetida</i>

El mismo Suquilanda, M. (2003), manifiesta que la *Eisenia foetida* es la lombriz más conocida y empleada en más de 80% de los criaderos del mundo, Habita en los primeros 50 cm. del suelo, por tanto es muy susceptible a cambios climáticos. Es fotofóbica, los rayos ultravioletas pueden perjudicarla gravemente, además de la excesiva humedad, la acidez del medio y la incorrecta alimentación. Son hermafroditas, no se autofecundan, por tanto es necesaria la cópula, la cual ocurre cada 7 o 10 días.

## **5. Cualidades del excremento de la lombriz**

<http://www.manualdelombricultura.com>. (2008), menciona que los excrementos de la lombriz contienen:

- 5 veces más nitrógeno
- 7 veces más fósforo
- 5 veces más potasio
- 2 veces más calcio que el material orgánico que ingerieron.

## **6. Clasificación de las lombrices desde el punto de vista ecológico**

Ferruzzi, C. (1994), afirma que desde el punto de vista ecológico a las lombrices se las puede clasificar en:

- Epigeas: que son las que viven sobre la superficie del suelo, se alimentan de materia orgánica y producen humus.
- Endogeas: que son las más conocidas, viven dentro del suelo cavan galerías horizontales y comen y defecan tierra.
- Anecicas: que viven dentro del suelo, cavan galerías verticales y durante la noche suben a la superficie del suelo alimentándose de materia orgánica.

## **D. AGUA**

En <http://www.em.iespana.es>. (2009), se dice que el efecto del agua es crear las condiciones favorables para el desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica durante el proceso de la fermentación. También tiene la propiedad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono. Tanto el exceso como la falta de humedad son perjudiciales para la obtención de un buen abono orgánico.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO**

El presente trabajo experimental se realizó en el Programa de Lombricultura y Abonos Orgánicos de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, perteneciente al cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, ubicado aproximadamente a 1 ½ Km en la Panamericana Sur, y a una altura de 2754 m.s.n.m.

#### **B. UNIDADES EXPERIMENTALES**

Para la ejecución de la presente investigación se evaluaron 4 densidades de siembra de lombriz por m<sup>2</sup> (1, 2, 3 y 4 kg de lombriz por m<sup>2</sup>) + 50kg de humus por cada tratamiento, con 3 repeticiones, obteniendo un total de 12 unidades experimentales con el área de 1m<sup>2</sup>.

#### **C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES**

En el desarrollo de la presente investigación se utilizaron los siguientes equipos y materiales.

##### **1. De campo**

- Tratamientos
- Azadón
- Papel tornasol
- Termómetro
- Pala
- Balanza
- Balde de plástico

- Rastrillo
- Materia orgánica humus
- Registro de campo
- Agua
- Overol

## 2. De laboratorio

- Escritorio
- Computadora
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Balanza
- Material de oficina (libreta de apuntes, esferos, lápiz, borrador)

## D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizaron 4 densidades de siembra de lombriz por m<sup>2</sup> (1, 2, 3 y 4 Kg de lombriz por m<sup>2</sup>), desde el inicio de la elaboración del casting. Se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar, con 3 repeticiones; con un tamaño de la unidad experimental (TUE) de 50 Kg de humus por cada tratamiento. Siendo la fuente de variación la densidad de siembra. Este diseño se ajustó al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo Tratamiento

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto de los tratamientos i.

$B_j$  = Efecto del bloque j.

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental.

En el cuadro 4. Se describe el esquema del experimento que se ha empleado en la investigación:

Cuadro 4. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

Tratamientos	Código	Repeticiones	T.U.E.	Cantidad (Kg)
1 kg de lombriz	T1	3	50 Kg./humus	150
2 kg de lombriz	T2	3	50 Kg/humus	150
3 kg de lombriz	T3	3	50 Kg/humus	150
4 kg de lombriz	T4	3	50 Kg/humus	150
TOTAL (Kg)				600 Kg.

T.U.E: Tamaño de la unidad experimental, 50 Kg. por tratamiento.  
Fuente: Minta, F. (2009).

## E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Las variables en estudio fueron:

- El número de lombrices inicial y final.
- Cantidad de materia orgánica inicial y final.
- Humedad y materia seca del producto final.
- pH del producto cada 15 días.
- Análisis químico del casting.
- Temperaturas internas y externas del sustrato en el proceso de elaboración del abono orgánico (8:00, 12:00 y 16:00).
- Evaluación económica de beneficio/costo.

## F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBA DE SIGNIFICANCIA

Los resultados experimentales de la presente investigación fueron sometidos a los siguientes análisis:

- Análisis de varianza ADEVA, para las diferencias ( $p < 0,01$  y  $0,01$ )
- La separación de medias se realizó por medio de la Prueba de Tukey, a un nivel de significancia  $p < 0,01$ .
- Análisis de regresión.

En el cuadro 5. Se describe el análisis de varianza empleado en el presente trabajo investigativo:

Cuadro 5. ESQUEMA DEL ADEVA.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	11
Bloques	2
Tratamientos	3
Error	6

## G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 1. Descripción del experimento

En el presente trabajo se utilizó 600 Kg. de humus, los mismos que fueron distribuidos bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar, con un tamaño de la unidad experimental de 50 Kg.

- En primer lugar se dispuso de tratamientos completamente adecuados, con piso de cemento y con paredes de ladrillo para que nos facilite la mezcla de la materia orgánica.
- Se procedió a colocar en 12 espacios de 1 m<sup>2</sup> para cada uno, 50 Kg. de materia orgánica humus comenzando por la base del tratamiento y posterior a ello colocamos o sembramos las lombrices, las mismas que fueron distribuidas: 1, 2, 3, 4 Kg. por m<sup>2</sup> con tres repeticiones para cada uno de los tratamientos respectivamente las mismas que fueron encargadas de transformar el abono orgánico, denominado casting.
- Luego de haber colocado la materia orgánica y las lombrices, se procedió a regar agua, realizando este trabajo con la ayuda de una regadera para que la humedad sea homogénea, una manera de controlar la humedad de la mezcla fue mediante la prueba del puño, es decir se tomo una muestra y se la apretó con la mano; al abrir la mano se mantuvo la forma dejando húmeda la mano, esto fue un indicador de que la mezcla estuvo con una cantidad de agua adecuada.
- Luego de que la elaboración del casting se completo, se sometió a diferentes análisis de laboratorio, para determinar la calidad del casting respecto a su composición química de macro nutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio), el contenido de humedad y materia seca, etc.

## H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

### 1. Número de lombrices y cantidad de materia orgánica inicial y final

Al inicio y al termino del ensayo se realizó el pesaje de la cantidad de humus y la cantidad de lombrices que se iba a utilizar en cada uno de los tratamientos respectivamente, con el objetivo de determinar la mejor densidad de siembra y al finalizar la investigación se logró determinar la calidad de macro nutrientes presentes en el abono orgánico casting.

## **2. Humedad y materia seca del producto**

La humedad del sustrato se midió utilizando una técnica sencilla de campo denominada prueba del puño, la cual consistió en tomar con la mano una cantidad de materia orgánica y presionar fuerte, de esta forma si al abrir la mano se mantiene la forma del puño controlamos que no falta agua, ya que este líquido fue vital para el normal desempeño de las lombrices.

## **3. pH del producto**

Se registraron los cambios de pH que se fueron presentando diariamente en todo el proceso de transformación con el uso de un papel tornasol, el mismo que permitió comprobar si las lombrices están produciendo y reproduciéndose adecuadamente en un ambiente ácido o básico.

## **4. Análisis químico del casting**

Al término del presente trabajo se debió someter una muestra representativa de cada tratamiento (1kg) al análisis de laboratorio, el mismo que nos reportó la calidad de abono orgánico en cuanto a macro nutrientes presentes por tratamiento de acuerdo a las densidades de siembra que se efectuó.

## **5. Temperaturas internas y externas del casting**

La toma de datos se realizó diariamente, para registrar las variaciones de temperatura que se dieron en el medio ambiente, y humedad de la materia orgánica que se encontró depositado en el tratamiento, esta actividad se realizó en diferentes tiempos (8:00, 12:00 y 16:00), mediante el uso de un termómetro, considerando que la temperatura fue uno de los factores que más afectan al desempeño de las lombrices en transformar la materia orgánica.

## **5. Evaluación económica Beneficio/Costo**

Para calcular el beneficio/costo se debió someter cada unidad experimental a un

análisis económico, para conocer cuál de los tratamientos fue el mejor, de esta manera recomendar a los agricultores que estén inmersos en esta área. La fórmula de beneficio/costo es la siguiente:

$$B/C = \frac{\text{Beneficio USD}}{CT}$$

Donde:

B/C= Beneficio costo

Beneficio= Ingresos totales – Costos totales

C.T= Costos totales (Todos los costos fijos y variables utilizados en el proyecto).

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **A. NÚMERO Y PESO INICIAL Y FINAL LOMBRIZ/m<sup>2</sup>**

#### **1. Número inicial lombriz/m<sup>2</sup>**

Las medias registradas del número inicial de lombrices por efecto de las diferentes densidades de siembra para la elaboración de abono orgánico casting presentaron un promedio general de 8260,83 unidades, no obstante dentro de esta variable los mejores resultados se determinaron en los tratamientos a los que se aplicó una densidad de siembra de 4 Kg de lombriz /m<sup>2</sup> (T4), con medias de 13158 unidades, en comparación del tratamiento T1 (1 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>), que evidenció valores de 3315 lombrices/m<sup>2</sup>; mientras que contenidos intermedios fueron reportados por los tratamientos Con una densidad de siembra de 2 y 3 Kg/m<sup>2</sup> de lombriz con valores de 6522,3 y 10048 animales respectivamente, lo que determina que ha mayor densidad de siembra mayor será el número de lombrices dentro de las parcelas experimentales, (Cuadro 6).

#### **2. Número final lombriz/m<sup>2</sup>**

Al realizar el análisis de varianza del número final de lombrices se registró diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), entre las medias de los tratamientos, observándose que en el tratamiento sembrado a mayor densidad el número de lombrices fue mayor y que correspondió al tratamiento T4 cuyas medias fueron de 9501,33; que al ser cotejadas con la referencia del tratamiento T1 que fue de 2407 unidades es superior; y además, son estadísticamente diferentes a los reportes de los tratamientos T2 y T3, cuyo valor fue de 4715,7 y 7282 lombriz/m<sup>2</sup> respectivamente, como se puede ver en el cuadro 6. Al comparar los reportes del número inicial de lombrices con el final podemos ver que se registró un marcado descenso de población correspondiente al 27,57% en promedio para los tratamientos en estudio, como se ilustra en el gráfico 1.

Cuadro 6. EVALUACIÓN DEL NÚMERO Y PESO INICIAL Y FINAL DE LOMBRICES PRODUCIDAS A DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO CASTING.

VARIABLES	DENSIDADES DE SIEMBRA				CV	$\bar{x}$	Prob.	Sign.
	1Kg de lombriz	2Kg de lombriz	3Kg de lombriz	4 Kg de lombriz				
	T1	T2	T3	T4				
Nº de lombrices inicial	3315,0	6522,3	10048,0	13158,0		8260,83		
Nº de lombrices final	2407,0 a	4715,7 b	7282,0 c	9501,33 d	2,08	5976,50	0.0005	**
Peso de lombrices final (Kg)	0,73 a	1,45 b	2,18 c	2,89 d	3,72	1,81	0.0002	**

$\bar{x}$ : Media general.

Prob. >0,01 no existen diferencias estadísticas.

Prob. <0,01 existen diferencias altamente significativas.

Letras iguales no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey (P<0.05).

Fuente: Minta, F. (2010).

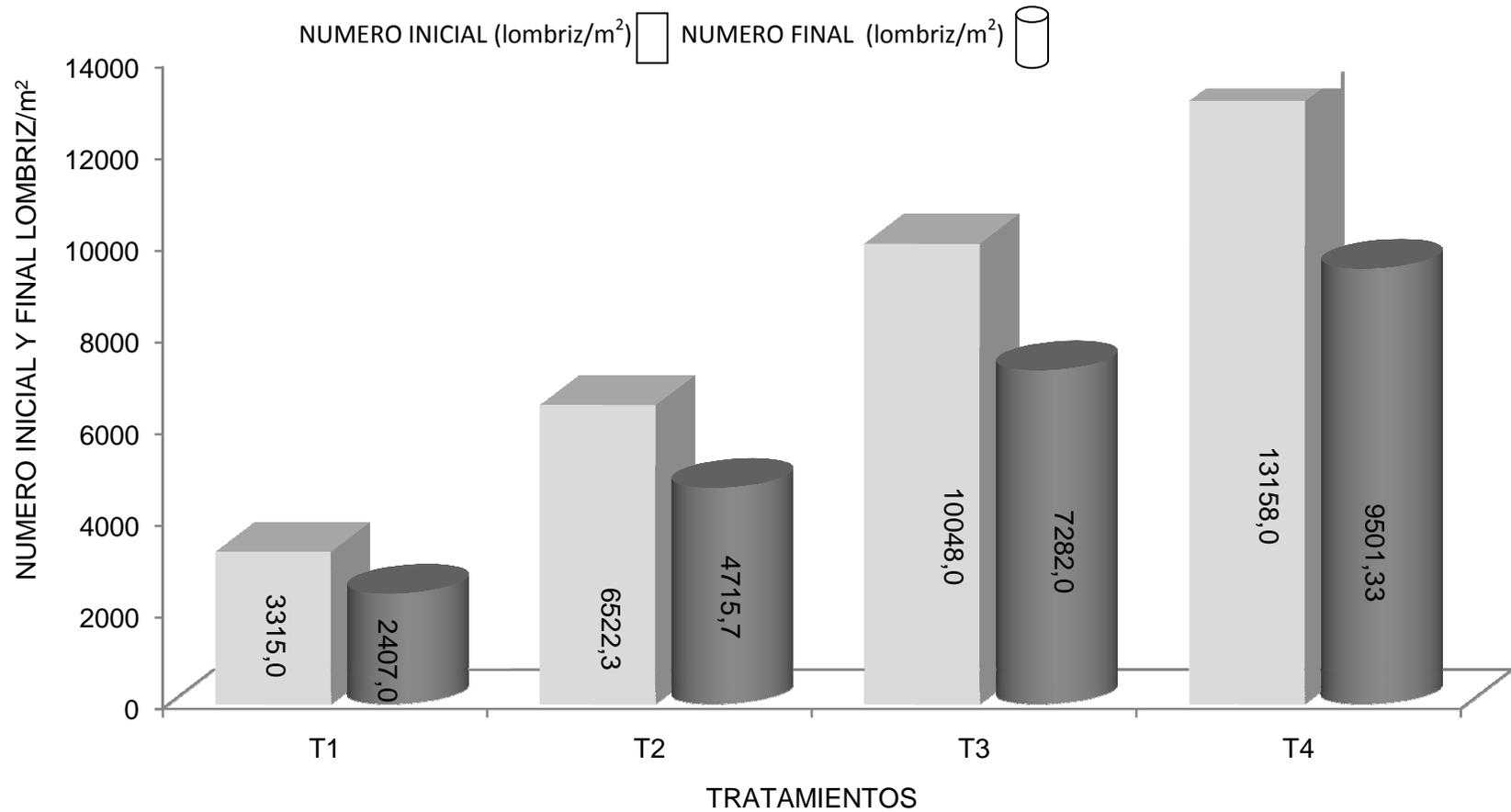


Gráfico 1. Número inicial y final de lombrices aplicando diferentes densidades de siembra en la producción de abono orgánico casting.

Comparando los resultados obtenidos, con los reportados por León, P. (2002), en su estudio de diferentes sistemas de aceleración para la descomposición orgánica y producción de humus de lombriz roja en donde señalan promedios de 11197,8 lombriz/m<sup>2</sup> se puede ver claramente que son inferiores lo que pudo deberse a lo manifestado por Fiallos, L. (2009), que señala que en la época de producción del casting en esta investigación, las lombrices no dispusieron de las temperaturas adecuadas para su desarrollo, y por ende los compuestos nitrogenados proveniente del desecho de las lombrices crearon un ambiente y no permitió el desarrollo de estos seres vivos, provocando la muerte de las lombrices y finalmente la disminución de su población. Otro factor importante pudo haber sido la competencia por alimento ya que en el tiempo de experimentación no se reabasteció al sustrato de humus provocando un marcado déficit de nutrientes especialmente de la materia orgánica, ya que esta especie requiere de altas concentraciones de este componente como medio de vida y alimentación, para poder crecer y reproducirse.

### **3. Peso final de lombriz/m<sup>2</sup>**

Los valores medios obtenidos del peso final de las lombrices reportaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), entre los tratamientos, alcanzando los mejores pesos las lombrices del tratamiento T4, con medias de 2,89 Kg, mientras que los animales criados bajo una densidad de siembra de 2 y 3 Kg lombriz/m<sup>2</sup>, reportaron medias de 1,45 y 2,18 Kg respectivamente y que son diferentes estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P < 0.01$ ), en tanto que el tratamiento T1 (0,73 Kg/m<sup>2</sup>), fue el que registró los pesos más bajos de la experimentación. Para determinar el comportamiento de esta variable hay que tomar como referencia que el peso inicial para cada uno de los tratamientos fue las diferentes densidades de siembra (1, 2, 3 y 4 Kg lombriz/m<sup>2</sup>), por lo tanto podemos ver claramente que existió un descenso promedio de 0,27; 0,55; 0,82; y 1,11 Kg de lombriz para los tratamientos T1, T2, T3 y T4, respectivamente lo que está en proporción directa con el número de lombrices ya que los tratamientos con mayor número de animales fueron las que mayores pesos reportaron, y por consiguiente todos registraron descensos en su rendimiento de biomasa.

En la investigación se registró un promedio del peso lombriz  $m^2$  de 0.7 g; los cuales, guardan relación con las respuestas de Basantes, J. (2002), quien al realizar el “Estudio comparativo de diferentes alturas de cama y frecuencia de volteo para la producción de humus de lombriz roja” registró pesos finales de la lombriz de 0,8 g y Vimos, C. (2000), quien al probar “Diferentes niveles de estiércol fresco de bovino más residuos orgánicos en la alimentación de lombrices” reportó pesos de 0,5.

## **B. ANALISIS BROMATOLÓGICO DEL CASTING**

### **1. Contenido final de materia orgánica**

Al evaluar el contenido final de materia orgánica en el casting se registró diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ), entre las medias de los tratamientos, obteniéndose un descenso en cada uno de ellos y principalmente en el tratamiento T4, como se reporta en el cuadro 7, con valores medios de 17,35%; en tanto que en el tratamiento T1 que fue el que mayor contenido de materia orgánica registró las medias fueron de 20,17% y que difieren estadísticamente del resto de tratamientos de acuerdo a Tukey, especialmente del tratamiento T2 y T3 cuyas medias fueron de 19,06 y 18,65%, en su orden, como se ilustra en el gráfico 2 y que se encuentra por debajo del contenido de materia orgánica del casting que infiere valores entre 20 a 30%.

Tomando en consideración los valores obtenidos del contenido de humedad por Basantes, J. (2002), y León, P. (2002), quienes registraron medias de 50,4% y 22,8% en su orden y que son superiores a los de la presente investigación se puede indicar que estas variaciones pudieron deberse a las condiciones climáticas reinantes en los períodos de producción, pero que en todo caso, las respuestas obtenidas se encuentra entre las indicadas, y que esta disminución paulatina se presentó a medida que se elevó la densidad de siembra este comportamiento se debe a lo manifestado por Ferruzzi, C. (1987), que señala que las lombrices para alimentarse consumen trozos de material que forma su

Cuadro 7. EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL ABONO ORGÁNICO CASTING PROCEDENTE DE LA SIEMBRA DE LOMBRICES A DIFERENTES DENSIDADES.

VARIABLES	DENSIDADES DE SIEMBRA				CV	$\bar{x}$	Prob	Sign.
	1Kg de lombriz	2Kg de lombriz	3Kg de lombriz	4 Kg de lombriz				
	T1	T2	T3	T4				
Porcentaje de materia orgánica, (%).	20,17 a	19,06 b	18,65 b	17,35 c	3,9	18,8	0,02	*
Porcentaje de humedad, (%).	53,81 a	53,0 ab	51,83 b	47,32 c	1,12	51,50	0,002	**
Porcentaje de materia Seca, (%).	46,19 a	46,97 ab	48,17 b	52,68 c	1,2	48,5	0,0017	**

CV: Coeficiente de variación.

$\bar{x}$ : Media general.

Sign.: Significancia.

Prob. >0,01: Existen diferencias estadísticas.

Letras iguales no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey (P<0.05).

Elaborado: Minta, F. (2010).

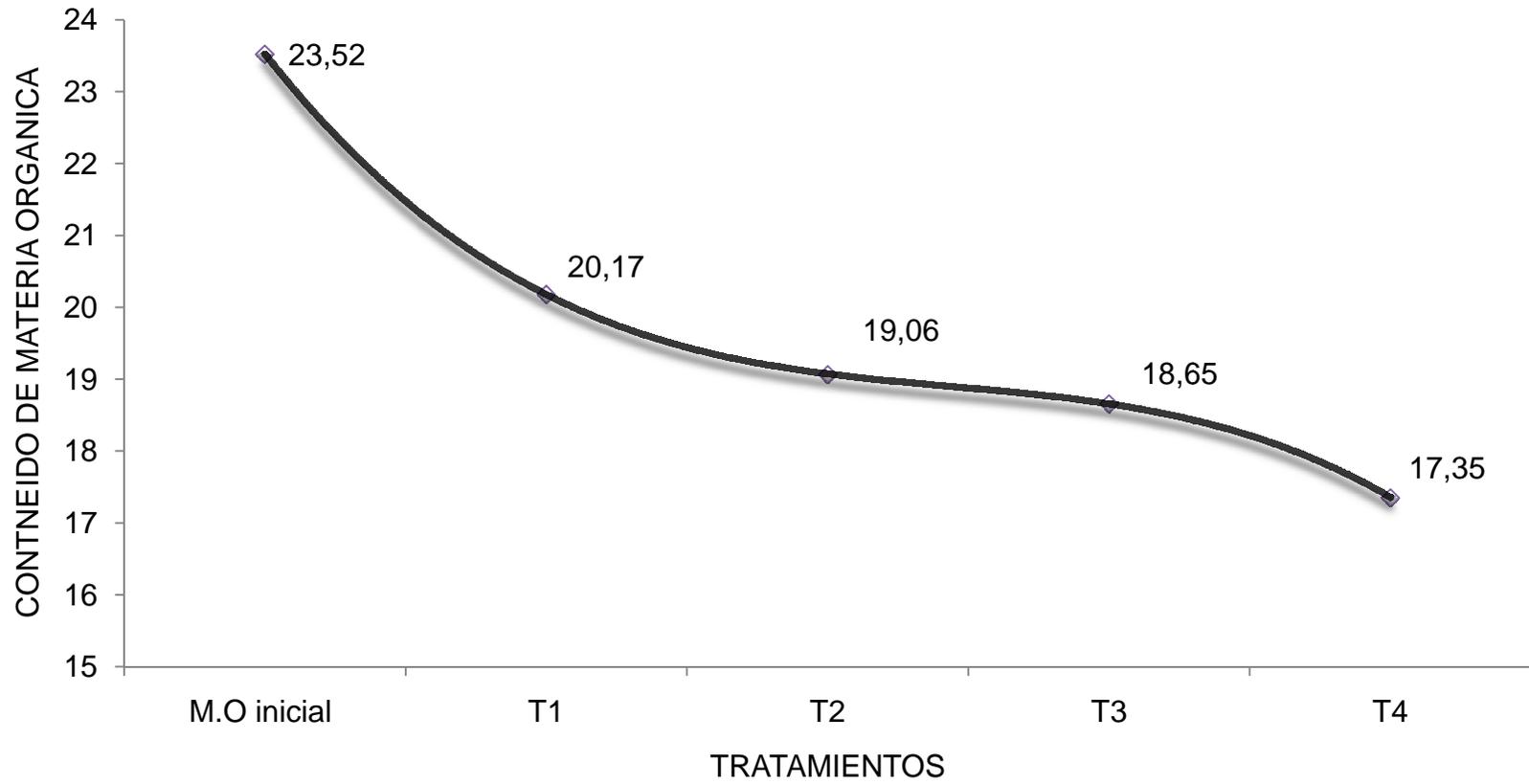


Gráfico 2. Contenido de materia orgánica inicial y final del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades.

lecho, (humus), el que es muy rico en materia orgánica, necesario para el normal desarrollo de sus funciones vitales; por lo tanto se observó que a mayor densidad de siembra mayor consumo del sustrato y por lo tanto menor contenido de materia orgánica en el casting, y mayor presencia de bacterias benéficas para el suelo, es decir que el mejor tratamiento sería el T4, porque ha existido una mineralización más adecuada de la materia orgánica y por lo tanto se ha producido un casting más refinado y de mejor calidad.

## **2. Porcentaje de humedad**

El contenido de humedad del casting se vio afectado por el efecto de las diferentes densidades de siembra aplicadas al tratamiento, por cuanto entre las medias establecidas se registraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), encontrándose el menor contenido de humedad que corresponde a 47,32% en el tratamiento T4; elevándose a medida que disminuye la densidad de siembra en el tratamiento T1 que reportó medias de 53,81%. Lo que es corroborado con las aseveraciones de López, J. (2000), quien señala que el casting es un fino material, producto de la reutilización del humus con una estructura óptima, porosidad, ventilación, drenaje que aumenta la capacidad de retención del agua en el suelo, lo cual ahorra el agua de riego disminuyendo su consumo, y que en la investigación se registró, gracias a la materia seca del sustrato casting en donde existió mayor consumo de agua que fue provisto en el riego, que pudo deberse a las temperaturas altas que al medio día tuvieron que soportar; por lo tanto, el contenido de humedad final del casting fue menor en el tratamiento con mayor número de lombrices, como se ilustra en el gráfico 3.

Al comparar los resultados obtenidos en la investigación con los reportados por Basantes, J. (2002), que infiere medias para humedad de 43,02% podemos ver que estos son ampliamente superiores, ya que el contenido medio de humedad de nuestra investigación fue de 51,5%, pero estas respuestas diferentes no solo pueden deberse al efecto que tienen los abonos orgánicos, sino también a las condiciones medio ambientales que se presentaron durante la época de siembra de las lombrices y obtención del casting.

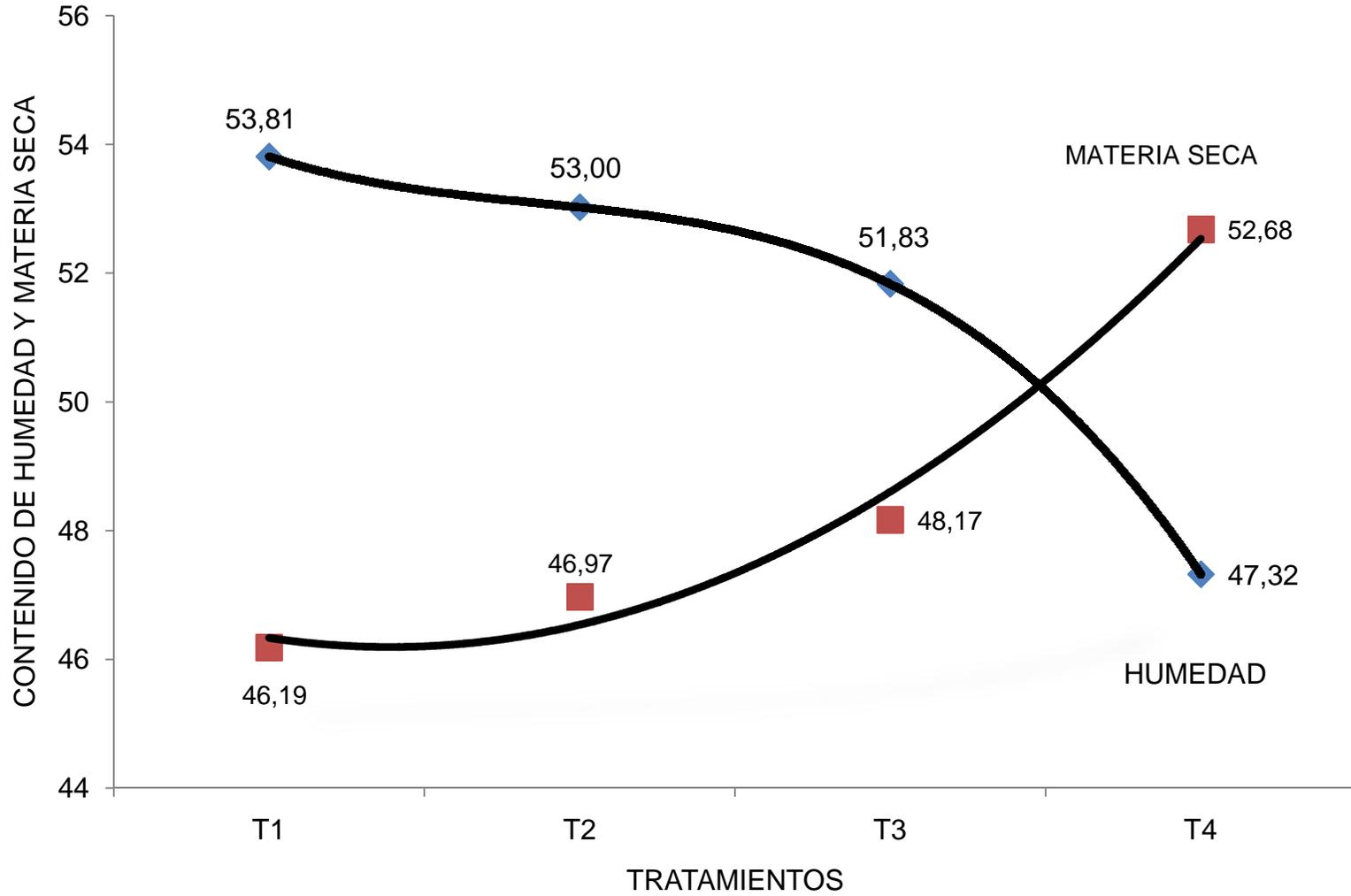


Gráfico 3. Contenido de humedad y materia seca del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades

### **3. Porcentaje de materia seca**

Al analizar el contenido de materia seca del casting se registraron diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ), entre las medias de los tratamientos, encontrándose el porcentaje más alto de materia seca de la investigación en los tratamientos que fueron sembrados a mayores densidades es decir 4 Kg/ lombriz  $m^2$  (T4), con medias de 52,68%; valores que difieren estadísticamente ( $P < 0,05$ ), con las respuestas determinadas por los tratamientos T2 y T3 (46,97 y 48,17%, respectivamente), en comparación del tratamiento T1 que presenta el menor contenido de materia seca es decir 46,19%. Por lo que se puede afirmar que al sembrar a densidades más altas como es el caso del tratamiento T4, existió mayor competencia de las lombrices por el agua, lo que influyó sobre el contenido de materia seca del casting. Basantes, J. (2002), reporta un contenido de materia seca del humus de 56,98%, que es superior al calculado en esta investigación (48,5%), lo que pudo deberse a que el casting presentó mayor contenido de humedad y como es inversamente proporcional a la materia seca esta es inferior.

### **C. pH DEL PRODUCTO CADA 15 DÍAS**

Como se puede ver en el cuadro 8, en la fase inicial de la investigación es decir a los 15 días de haber sembrado las lombrices a diferentes densidades, se encontró que el pH del producto fue de 7,71 en promedio sin que se observen diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ), entre los diferentes tratamientos, los cuales compartieron rangos de significancia de acuerdo a la prueba de Tukey, aunque numéricamente se registró una cierta superioridad en el tratamiento T3 con medias de 7,83, para luego ubicarse los tratamientos T1, T2 y T4 que reportaron un valor de 7,67. Pero como se observa no cambió su carácter cercano a la neutralidad.

Los resultados obtenidos son inferiores a los reportados por Basantes, J. (2002), quien al producir humus registró un pH a los 15 días de de 8,1 (alcalino), inferioridad que pudo deberse a lo manifestados por Monreal, L. (1998), quien

Cuadro 8. pH DEL PRODUCTO CADA 15 DIAS EN LA OBTENCIÓN DEL ABONO ORGÁNICO CASTING PROCEDENTE DE LA SIEMBRA DE LOMBRICES A DIFERENTES DENSIDADES.

PARAMETROS	DENSIDADES DE SIEMBRA				CV	$\bar{x}$	Prob	Sign.
	1Kg de lombriz	2Kg de lombriz	3Kg de lombriz	4 Kg de lombriz				
	T1	T2	T3	T4				
A los 15 días	7,67 a	7,67 a	7,83 a	7,67 a	4,19	7,71	0,32	ns
A los 30 días	7,50 a	7,50 a	7,50 a	7,50 a	0,00	7,50	0,56	ns
A los 45 días	7,17 a	7,17 a	7,17 a	7,17 a	0,00	7,17	0,89	ns
A los 60 días	7,00 a	7,00 a	7,00 a	7,17 a	2,05	7,04	0,74	ns
A los 75 días	7,10 a	7,20 a	7,13 a	7,10 a	1,81	7,13	0,23	ns
A los 90 días	7,00 a	7,17 a	7,33 a	7,00 a	3,31	7,13	0,15	ns
A los 105 días	7,33 a	7,17 a	7,33 a	7,50 a	3,77	7,33	0,19	ns

CV: Coeficiente de variación.

$\bar{x}$ = media general.

Sign: Significancia.

Prob. >0,01 no existen diferencias estadísticas.

Letras iguales no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey (P<0.05).

Elaborado: Minta, F. (2010).

indica que una característica del casting es la de mejorar el pH en suelos ácidos, y que los requerimientos para convertirse en un abono completo debe ser de 6.5 a 7.2; ya que, la lombriz vive en sustratos con pH de 5 a 8,4; fuera, de esta escala, la lombriz entra en una etapa de latencia. Con pH alcalino en el sustrato (>8) puede desarrollarse una plaga conocida en el mundo de la lombricultura como planaria.

Al realizar el análisis de varianza del pH a los 30 y 45 días de investigación no se registraron diferencias estadística ( $P > 0.05$ ), entre las medias, con un valor promedio en los distintos tratamientos de 7,50 y 7,17 respectivamente, que se acerca a la neutralidad, es decir que no existió variación del pH, únicamente se puede registrar un descenso a medida que transcurre el desarrollo de las lombrices, en relación a la evaluación inicial.

A los 60 días de investigación se registró el mismo comportamiento estadístico que para la fase anterior sin presentar diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), reportándose valores de 7 para los tratamientos T1, T2 y T3, es decir presentaron un carácter neutro, en tanto que para el tratamiento T4 se registró un incremento hasta ubicarse en 7,17; pese, a esta superioridad numérica encontrada no se alteró su carácter neutro. Según reportes de Basantes, J. (2002), quien al producir humus alcanzó a los 60 días de investigación un pH promedio de 7,48; que es cercano a la neutralidad, podemos ver que es superior a nuestros reportes que registran una media de 7,07.

A los 75 días de investigación el pH del casting no registró diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ), estableciéndose, que los mejores resultados fueron registrados en una densidad de siembra de 2 Kg/lombriz/m<sup>2</sup> (7,20), seguidas por el tratamiento T3 que reportaron valores medios de 7,13; para por ultimo ubicarse el tratamiento T1 y T4 con un pH de 7,10, manteniéndose su tendencia a la disminución y su cercanía a la neutralidad. Este comportamiento del pH es similar al reportado por Basantes, J. (2002), quien registró medias a los 75 días de investigación de 7,48 que en la escala del pH corresponde a neutro, es decir que tanto en los reportes de la investigación citada como en nuestro trabajo

se procuró un ambiente adecuado para el desarrollo normal de la lombriz ya que está vive en sustratos con pH de 5 a 8,4.

La evaluación del pH a los 90 días de investigación del casting registró un ligero descenso del pH en relación a las fases anteriores, reportándose valores medios de 7,33 para el tratamiento T3, y que no difieren estadísticamente del tratamientos T2 que presenta una media de 7,17; en comparación, del tratamiento T1 que fue el que menor reporte de pH evidenció (7), continuando con su carácter neutro. Estos resultados obtenidos son superiores a los reportados por Basantes, J. (2002), quien registra que en esta fase de investigación el pH promedio se ubicó en 7,53; este comportamiento se debe a lo señalado en <http://www.reboreda.es>. (2008), que indica que el pH es un factor que depende de la humedad y temperatura, si estos dos últimos factores son manejados, adecuadamente, podríamos controlar el pH, lo que nos ayudara a proporcionar al las lombrices el medio adecuado para su desarrollo.

Por último a los 105 días de investigación registrar el pH un ligero ascenso en su comportamiento específicamente en el tratamiento T4, que fue el valor más alto con 7.50 (neutro), seguido del tratamiento T1 y T3 con medias de 7,33 para cada uno de los casos, en tanto que en el tratamiento T2, registró los valores más bajos de la experimentación (7,17), pero sin reportar diferencias estadísticas, entre las medias de los tratamientos.

En el gráfica 4, se puede apreciar el comportamiento del pH del producto en función del intervalo cada 15 días en la toma de datos, en las diferentes densidades de siembra de lombrices (1, 2, 3 y 4 Kg lombriz/m<sup>2</sup>), evidenciándose un comportamiento inversamente proporcional entre el pH del casting y las diferentes fases de investigación, ya que a medida que esta se desarrolla el pH en el casting disminuye. Mediante el análisis de regresión se determinó una tendencia cuadrática, altamente significativa para cada uno de los tratamientos apreciándose que en la primera etapa existió un leve descenso, que fue progresivo hasta los 30 días registrándose valores promedios comprendidos entre 0.0054 y 0.005 gramos; posteriormente a partir, de los 45 a 75 días ocurrió una

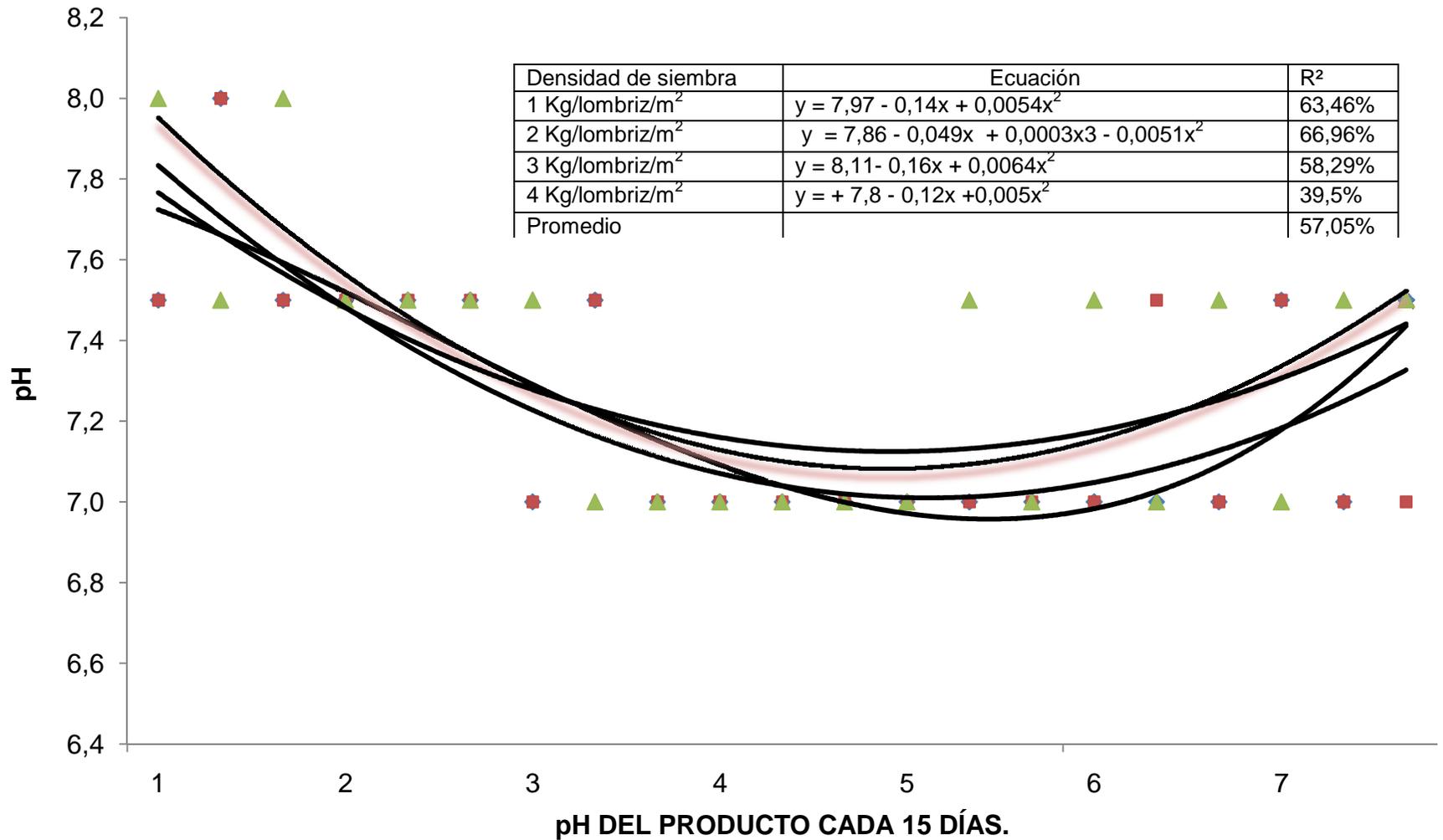


Gráfico 4. pH del producto cada 15 días en la obtención del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades.

mayor disminución del pH, que fue a razón de 0.14 y 0.12 con referencia al incremento anterior, para finalmente en la etapa de los 75 a los 90 días evidenciar una tendencia superior a la etapa media que fue de 7,97 a 7,8. Con un coeficiente de regresión del 57,07%, con lo que se puede afirmar que el pH descendió a medida que transcurrió el tiempo de una forma gradual lo que se debió a lo manifestado por Santamaría, R. (1996), que indica que debido al aumento progresivo del porcentaje de nitrógeno y fósforo, cuyo origen son ácido úrico y compuestos fosfatados que son desechados por la lombriz producto de su metabolismo, los cuales al ser de carácter ácido disminuyen el pH del medio en el que se encuentran, (sustrato), y la producción de estos desechos es continua, debido a que el metabolismo del animal no se detiene y estos productos al ser retenidos por el tratamiento aumentan su concentración con el transcurso del tiempo disminuyendo más aun el pH en los distintos intervalos del tiempo, por esto se puede decir que el descenso del pH es proporcional al tiempo transcurrido.

#### **D. ANALISIS QUIMICO DEL CASTING**

##### **1. pH**

En el cuadro 9, los resultados promedios del pH determinados en el casting no presentaron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ), entre si, pero si se reportó una cierta superioridad numérica para el tratamiento T4 con valores medios de 7,77 seguidos de los tratamientos T2 y T3 con medias de 7,70 y 7,67 en su orden, en comparación del tratamiento testigo que registró las respuestas más bajas de la investigación y que fueron de 7,63, y carácter cercano a la neutralidad, para cada una de los tratamientos, (gráfico 5). Este comportamiento se debe a lo manifestado por Beijoo, N. (2001), que indica que esta disminución en el pH se debió a que las lombrices comenzaron a secretar ácido úrico y compuestos fosfatados que en presencia de agua actúan como ácidos neutralizando en parte el pH alcalino del tratamiento, y por lo tanto ocurrió un leve descenso en su valoración, pero no cambio su carácter ligeramente alcalino ya que una característica del casting es la de mejorar el pH en suelos ácidos,

Cuadro 9. ANALISIS QUÍMICO DEL ABONO ORGÁNICO CASTING PROCEDENTE DE LA SIEMBRA DE LOMBRICES A DIFERENTES DENSIDADES.

VARIABLES	DENSIDADES DE SIEMBRA				CV	$\bar{x}$	Prob.	Sig
	1Kg de lombriz T1	2Kg de lombriz T2	3Kg de Lombriz T3	4 Kg de Lombriz T4				
pH	7,63 a	7,70 a	7,67 a	7,77 a	0,72	7,69	0,02	ns
Contenido de Nitrógeno, (%).	1,86 a	1,87 b	1,88 b	1,90 c	0,57	1,88	0,003	**
Contenido de Fosforo, (%).	0,77 a	0,78 b	0,79 b	0,81 c	1,35	0,79	0,04	*
Contenido de Potasio, (%).	2,42 a	2,54 b	2,56 b	2,59 c	1,97	2,53	0,03	*
Contenido de Magnesio, (%).	0,68 a	0,67 a	0,70 a	0,71 a	4,77	0,69	0,59	ns
Contenido de Calcio, (%).	2,85 a	2,88 a	2,90 b	2,93 b	0,77	2,89	0,04	**
Relación C/N, (%).	11,70 a	10,92 b	10,54 b	9,90 c	3,39	10,76	0,0009	**
Conductibilidad Eléctrica	0,67 a	0,70 a	0,80 a	0,83a	9,16	0,75	0,78	ns

CV: Coeficiente de variación

$\bar{x}$ : Media general

D:E: decisión estadística

Prob. >0,01 no existen diferencias estadísticas.

Letras iguales no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey (P<0.05).

Elaborado: Minta, F. (2010).

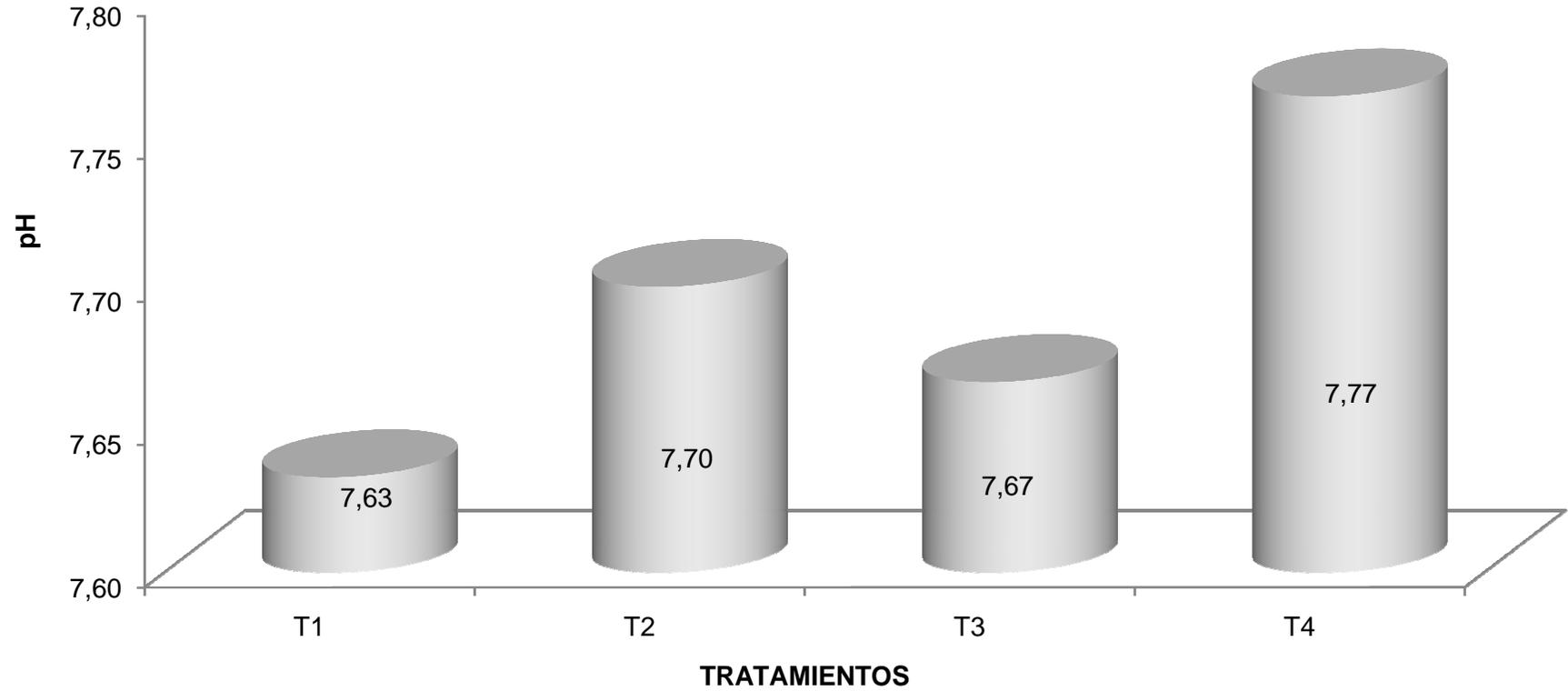


Gráfico 5. pH del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades (1, 2, 3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

evitando la absorción de elementos contaminantes, el humus presenta un efecto homeostático, ya que modera los cambios de acidez y neutraliza los compuestos orgánicos tóxicos que llegan a él por contaminación, lo cual mejora la resistencia de las plantas. El pH es un factor que depende de la humedad y temperatura, si estos dos últimos factores son manejados, adecuadamente, podríamos controlar el pH, siempre y cuando el sustrato contengan pH alcalino. La lombriz acepta sustratos con pH de 5 a 8.4, pasados estos límites la lombriz entra en una etapa de somnolencia.

## **2. Contenido de Nitrógeno**

Al efectuar el análisis del contenido de nitrógeno del casting, se reportaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.01$ ), estableciéndose el mayor contenido de este elemento en el tratamiento T4 con valores medios de 1,90% y que desciende a 1,87 y 1,88% en los tratamientos T2 y T3 respectivamente en comparación con el tratamiento T1, que difiere estadísticamente del resto de tratamientos, y que registraron los contenidos de nitrógeno más bajos de la experimentación con 1,86%, pero sin embargo se encuentran dentro de los parámetros requeridos que son de 1.0 a 2.0%.

Los reportes antes mencionados concuerdan con lo reportado por Basantes, J. (2002), que al producir humus de lombriz roja con diferentes alturas de cama y frecuencias de volteo, registra medias para el contenido de nitrógeno de 1,9%. Este comportamiento de la variable se debe a lo manifestado por Monreal, L. (1998), quien indica que en la digestión de la materia orgánica como productos se obtienen compuestos nitrogenados no asimilables como es el caso del ácido úrico, amoníaco entre otros, los cuales tienen un contenido alto de nitrógeno pero al ser no asimilables son desechados por la lombriz, entonces al digerir la materia orgánica este animal genera dichos compuestos nitrogenados depositándolos en su medio. Lo que se evidencia a escala mayor en el tratamiento T4 ya que al haber mayor número de lombrices los compuestos nitrogenados desechados también son mayores y por ende el incremento de este compuesto en el casting fue mayor, (gráfico 6).

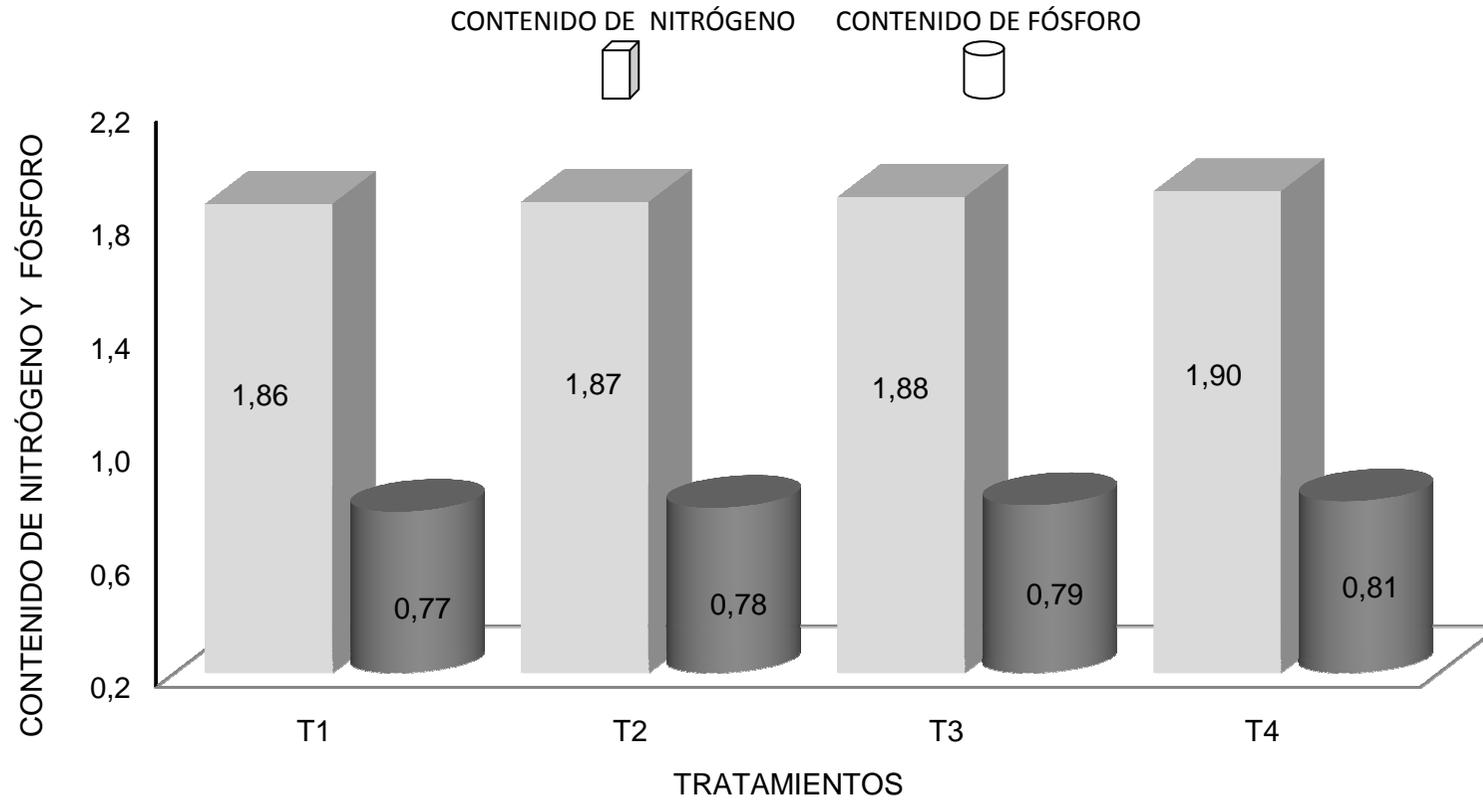


Gráfico 6. Contenido de Nitrógeno y Fósforo del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades (1, 2,3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

El análisis de regresión demuestra que el comportamiento del contenido de nitrógeno obtuvo una ecuación de regresión lineal positiva altamente significativa, esto quiere decir que a medida que se incrementa la densidad de siembra de las lombrices el nitrógeno también se incrementa en 0,015 decimas, alcanzado su pico máximo al incluir 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>. El coeficiente de determinación nos indica que los cambios del contenido de nitrógeno están influenciados por las densidades de siembra en 58,70%; mientras que el 41,3% restante corresponde a otros factores no considerados en la investigación, (Grafico 7).

### **3. Contenido de fósforo**

El contenido de fósforo en el casting reportó diferencias estadísticamente significativas observándose un comportamiento similar al del nitrógeno presentado el contenido más alto en el tratamiento T4, (0.81%), en comparación del tratamiento testigo que fue el de menor contenido de fosforo con valores de 0,77%, y que no difieren estadísticamente de los tratamientos T2 y T3 cuyas medias fueron de 0,78 y 0,79%, compartiendo con ellos el mismo rango de significancia de acuerdo a Tukey ( $P < 0.05$ ).

Al comparar las respuestas obtenidas en el presente trabajo, con las reportadas por León, P. (2002), quien al realizar el “ Estudio de diferentes sistemas de aceleración para la obtención de humus de lombriz roja “, registró contenidos medios de fósforo de 0,82%, se determinó que los resultados alcanzados son inferiores a los referidos por dicho autor, lo que puede deberse a lo que señala Gross, A. (1998), quien manifiesta que el ascenso en el contenido del fosforo del casting se debe a que en el metabolismo de la lombriz se consume ATP (adenosintrifosfato) que es la fuente química de energía, entonces en el biocatabolismo de este compuesto se genera ADP (adenosindifosfato) más un excedente que es un fosfato el cual es desechado del organismo del animal lo que provoca el incremento de fósforo en el casting, que es proporcional al número de las lombrices y al descenso de la materia orgánica; es decir, que a mayor número de lombrices que consumen un mayor porcentaje de materia orgánica se genera un mayor contenido de desechos fosforilados ya que el casting tiende a

Grafico 7. Análisis de Regresión del contenido de nitrógeno en el abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades (1, 2,3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

fijar los niveles de elementos pesados en el suelo evitando su traslocación a los animales y plantas o bien su lixiviación hacia capas más inferiores. El análisis de regresión determinó una tendencia lineal positiva estadísticamente significativa ( $P < 0.013$ ), con una ecuación para el contenido de fósforo =  $0,76 + 0.012x$ ; donde se infiere que a medida que se incrementa la densidad de lombrices aplicadas, el contenido de fosforo también se incrementa en 0.0012 decimas. Determinándose una influencia de 62,03%, en tanto que el 37,97% restante depende de otros factores no considerados en la investigación, (Gráfico 8).

#### **4. Contenido de cenizas**

El análisis de las cenizas del casting estuvo conformado por el contenido de Potasio, Magnesio y Calcio, que al reportar el mismo comportamiento se los pudo englobar al momento de analizarlos, registrándose a mayor densidad de siembra el tratamiento T4, fue el que obtuvo mayor contenido de cenizas, con diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ), para el potasio y calcio, con valores en potasio de 2,59%; calcio de 2,93% y magnesio de 0,71%, como se observa en el gráfico 9, mientras que los reportes más bajos se presentaron en el tratamiento T1 con medias para el Potasio de 2,42 %; Calcio 2,85 % y Magnesio de 0,68%, pero hay que tomar en cuenta que estos elementos no intervinieron en la digestión de la lombriz, (Gráfico 9).

Además Cooke, G. (1995), reporta que un factor que interviene en el incremento del contenido de cenizas es el tipo de agua regada en el tratamiento que en algunos casos como es el nuestro tiene como procedencia el suministro municipal (agua potable), la cual como es conocida tiene una alta dureza, esto quiere decir que contiene carbonatos de calcio, magnesio y potasio en gran cantidad los cuales tienden a sedimentarse en el tratamiento incrementando así el porcentaje de estos minerales en el análisis químico del casting que gracias a su acción microbiana hace que estos materiales inertes como, es el caso del fósforo, calcio potasio, magnesio y oligoelementos sean más asimilable por las raíces de las plantas, por lo que se considera que el casting contiene un balance mineral apropiado en sus partículas.

Grafico 8. Análisis de Regresión del contenido de fosforo en el abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades (1, 2,3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

Gráfico 9. Contenido de cenizas del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades (1,2,3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

## 5. Relación Carbono /Nitrógeno

En el análisis de varianza de la relación Carbono/Nitrógeno del abono orgánico casting se registraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), entre las medias de los tratamientos, reportándose una mayor relación C/N, con respuestas de 11,70%, en el tratamiento T1, la que fue disminuyendo para el tratamiento T2 con 10,92%, en tanto que los valores más bajos de la investigación fueron en el tratamiento con mayor densidad de siembra (T4), con medias de 9,90%, difiriendo estadísticamente del resto de tratamientos, (Gráfico 10).

Los valores determinados de la relación Carbono/Nitrógeno demuestran ser inferiores a los reportados por Basantes, J. (2001), que utilizó diferentes métodos de obtención de humus, registrando una relación carbono/nitrógeno de 19/1, lo que se debe a lo que señala Menéndez, J. (1996), que manifiesta que esta medición química es el resultado de la división entre el porcentaje de carbono y nitrógeno, estableciéndose que el carbono se ve reflejado en el contenido de materia orgánica y esta variable se encuentra en el numerador de esta división, por lo que al disminuir el contenido de carbono también disminuirá el resultado de dicha división, de manera similar al incrementar el denominador que en este caso es el nitrógeno disminuirá el resultado de la división, el mismo que afecta las características del suelo; puesto que, al no tener una relación C/N óptima, el nitrógeno en el suelo no será asimilado en su totalidad ya que el carbono actúa como un reactivo limitante, que impide o limita a que el nitrógeno sea absorbido por el suelo. El nitrógeno en estado libre se halla en la atmósfera y sólo ciertas bacterias pueden alimentarse de él; y en estado combinado en forma mineral y constituye el alimento básico de las plantas, mientras que en forma orgánica la planta no puede absorber directamente el nitrógeno. Se puede confirmar en la ilustración que presenta el gráfico 11, una tendencia de carácter lineal negativa altamente significativa ( $P < 0.004$ ), con una ecuación de  $R/C = 12,21 - 0.58X$ , lo que indica que a medida que elevamos la densidad de siembra de lombrices en el tratamiento, la relación Carbono Nitrógeno disminuye, presentándose una ecuación de  $y = 12.21 - 0.58x$ , y un coeficiente de determinación de 63.76%.

Gráfico 10. Relación carbono nitrógeno del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades (1, 2,3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

Gráfico 11. Análisis de Regresión de la relación carbono nitrógeno del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades (1, 2,3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

## 6. Conductibilidad eléctrica

Como se ilustra en el gráfico 12, el análisis de varianza de la conductibilidad eléctrica determinó que a medida que se eleva la densidad de siembra de las lombrices esta variable también se incrementa ya que partiendo de 0.67 mmhos/cm; que corresponde al tratamiento T1 sube a 0.70, 0.80 y 0,83 mmhos/cm, para los tratamientos T2, T3 y T4 respectivamente, siendo este último el que mejor respuesta reporta, sin presentar diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ), entre las medias de los tratamientos, por lo que no cambia el carácter no salino del casting, ya que se aceptan rangos que van de 0.4 a 1.2.

De acuerdo a lo manifestado por Trejo, V. (1994), quien indica que la conductibilidad eléctrica es un parámetro directamente proporcional con la cantidad de sales presentes en el tratamiento y como puede ver el contenido de sales (Ca, Mg y K), se elevaron, este efecto se explica, debido a que al existir una gran cantidad de sales en un medio, al aplicarles una carga esta se ioniza generando compuestos que actúan como cátodos y ánodos, los cuales pueden transportar un flujo de electrones generando una corriente eléctrica y a medida que la concentración de estos iones aumenta la intensidad de la corriente es mayor, evidenciándose en un aumento de la conductibilidad eléctrica, lo cual potencia la capacidad de intercambio iónico, elevando la fertilidad de los suelos y su disponibilidad de nutrientes asimilables por las plantas, pero este incremento no fue suficiente para que se deje de catalogar al tratamiento como no salino como se presentó en el análisis inicial del humus.

Gráfico 12. Conductibilidad eléctrica del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades (1, 2,3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

## **E. TEMPERATURAS INTERNAS Y EXTERNAS DEL SUSTRATO EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL ABONO ORGÁNICO**

### **1. Temperatura interna del sustrato a los 30 días**

El análisis de varianza de la temperatura interna del sustrato a los 30 días de investigación no reportaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), entre las medias de los tratamientos, como se observa en el cuadro 10, aunque numéricamente se registró las mejores respuestas para el tratamiento T2, con medias de 17,80°C en promedio durante el día, en comparación del tratamiento testigo que fue el que reportó las temperaturas más bajas de la investigación con promedios diarios de 17,53°C, y que no difieren estadísticamente de los tratamientos T3 y T4 que registraron medias de 17,63 ; 17,57 °C en su orden. Para el cálculo de esta variable se tomó como referencia la temperatura interna del tratamiento tanto en la mañana (15,34°C); como en el medio día (19,45 °C) y en la tarde (18,11°C), como se ilustra en el gráfico 13, con lo cual se obtiene un promedio día. La temperatura del sustrato a los 30 días de investigación registradas (17,63°C) son inferiores a las obtenidas por Basantes, J. (2002), quien registra una temperatura promedio de 20,89°C, inferioridad que pudo deberse principalmente a las variaciones en las condiciones medioambientales del sector y que además también están por debajo de los requerimientos de temperatura para el crecimiento y reproducción de la lombriz que fluctúan entre de 19 - 25°C, con lo que podemos ver que en este mes de investigación los animales se desarrollaron a una temperatura inferior a la requerida lo que se reflejó en el número final de lombrices por tratamiento, (Cuadro 10).

### **2. Temperatura externa del sustrato a los 30 días**

Como se ilustra en el Gráfico 13, el análisis de la temperatura externa a los 30 días de investigación no reportó diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ), entre las medias de los tratamientos, pero si se registró diferencias

Cuadro 10. TEMPERATURAS INTERNAS Y EXTERNAS DEL ABONO ORGÁNICO  
CASTING PROCEDENTE DE LA SIEMBRA DE LOMBRICES A  
DIFERENTES DENSIDADES.

Gráfico 13. Temperatura interna y externa del sustrato a los 30 días, en el proceso de elaboración del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades (1, 2,3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

numéricas por cuanto con la aplicación del T3, registró las temperaturas más altas 19,26 °C, en tanto que las temperaturas externas más bajas fueron reportadas en los tratamientos T1 y T2 con medias de 19,15°C, y que comparten rangos de significancia con los resultados del tratamiento T4 ( 19,24°C).

Los valores de esta variable cuando las mediciones se tomaron al medio día fluctuaron entre 23,27 y 23,71°C, considerándose a estos como temperaturas óptimas para el normal desarrollo de las lombrices, descendiendo en la mañana en el orden de 16,40 a 16,68 °C, lo que provocó un microclima bastante inferior a los requerimientos de la lombriz, ya que según <http://www.colprocah.com>.(2009), que manifiesta que la temperatura es otro de los factores que incluye en la reproducción, producción de las capsulas y que una temperatura entre 20 a 26 °C, es considerada recomendable, lo que conlleva al máximo rendimiento de las lombrices. Cuando la temperatura desciende de 20° C hasta 15°C las lombrices entran en un periodo de latencia, lo que se vio reflejada directamente en la población de lombrices al final de la investigación.

### **3. Temperatura interna del sustrato a los 60 días**

Las temperaturas internas del sustrato a los 60 días de investigación, no difieren estadísticamente ( $P>0.05$ ), entre las medias determinadas, por efecto de las diferentes densidades de siembra (1,2,3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>), aplicadas al tratamiento, sin embargo se establecieron pequeñas diferencias numéricas por cuanto la respuesta más alta le corresponde al tratamiento T1 cuyo promedio fue de 17,57°C con variaciones que correspondieron a temperaturas bajas en la mañana ( 14,78 a 14,96°C) y altas al medio día (19,38 a 19,83°C); frente, a la temperatura registrada por el tratamiento T3 cuyos valores fueron en promedio de 17,24°C, siendo los más bajos de la experimentación, hay que tomar en cuenta que este mes del año se registraron cambios climáticos, con picos demasiado marcados de temperatura ya que en la mañana fueron muy bajas, con un promedio de 14.88°C, al medio día se elevaron significativamente llegando a registrar valores de 19 a 20 °C mientras que en la tarde el promedio fue de 17.79°C, como se ilustra en el gráfico 14.

Gráfico 14. Temperatura interna y externa del sustrato a los 60 días en el proceso de elaboración del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades (1, 2,3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

Los valores determinados en la investigación son ligeramente inferiores a los registrados por Basantes, J. (2002), quien reporta temperaturas a 60 días de investigación de 19,79°C; cuya diferencia se debió a las variaciones en el clima, ya que las condiciones adversas del planeta y específicamente el calentamiento global, sequias prolongadas, temperaturas más bajas de lo normal, entre otras, influyen significativamente sobre la vida del animal provocando de acuerdo a lo que manifiesta Trejo, V. (1994), que las lombrices cuando no se desarrollan en condiciones medioambientales adecuadas dejan de reproducirse, crecer y producir casting, además se alarga su ciclo evolutivo, puesto que los huevos no eclosionan y pasan más tiempo encerrados en las capsulas como embriones, hasta que se presentan las condiciones del medio favorable, influyendo directamente sobre el conteo y peso de los animales al final de la investigación.

#### **4. Temperatura externa del sustrato a los 60 días**

Al analizar la temperatura externa a los 60 días de investigación, que no existen diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos ( $P > 0.05$ ), como se puede ver en el grafico 15, registrándose que en la evaluación diaria los valores más altos le correspondió al tratamiento T1 con 18,40°C, en tanto que el valor más bajo fue registrado en los tratamientos T2 y T4 con 18,35°C. Esto se debió principalmente por la poca o mucha presencia de luz solar, que está relacionada con las condiciones medioambientales de la época de investigación.

Si comparamos todas las temperaturas obtenidas durante el experimento, con lo mencionado por Cando, M. (1996); que reporta que al sustrato, debe mantener dentro de los parámetros de temperatura que oscilan entre 19 a 20 °C, los valores del experimento en este mes de investigación fue cercano a estos requerimientos; ya que fuera de estos rangos de temperatura las lombrices entran en una etapa de reposo, sin embargo hay que tomar en cuenta que las temperaturas externas no influyeron directamente en el proceso del casting, ya que más bien está ligado al comportamiento climático del medio ambiente.

## **5. Temperatura interna del sustrato a los 90 días**

En la evaluación de la temperatura interna a los 90 días de investigación, las respuestas fueron similares para los tratamientos, ya que las diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ), registrándose la temperatura interna más alta en el sustrato del tratamiento T1 (17,35°C), mientras que la más baja fue reportada en el tratamiento T3 con medias de 16,94°C, pero que al cotejarlas con las necesidades de temperatura de las lombrices ya que para su normal desenvolvimiento fluctúan temperaturas entre 19 y 20°C, en tanto que los resultados que se obtuvo son inferiores, considerándose que la toma de datos se realizó diariamente, para registrar las variaciones de temperatura que se dieron en el medio ambiente, lo cual nos ayudo para controlar la humedad de la materia orgánica que se encontró depositado en el sustrato, (Gráfico 15).

Basantes, J. (2002), al comparar diferentes sistemas alturas de cama y frecuencias de volteo para la obtención de humus de lombriz roja reportó una temperatura promedio a los 90 días de investigación de 15,49°C, y que es inferior a los valores encontrados en la presente investigación, esto posiblemente se debe a lo manifestado por Chacon, G. (1999), quien reporta que al existir temperaturas más bajas de lo sugerido, provocan la proliferación de lombrices endogeas que son las más conocidas, viven dentro del suelo, cavan galerías horizontales y comen y defecan únicamente tierra, lo que se vio reflejada sobre el contenido de materia orgánica del casting que no alcanzó los límites sugeridos, por lo que se puede decir que los cambios en las condiciones ambientales del suelo inhiben la proliferación de lombrices benéficas que enriquezcan este abono.

## **6. Temperatura externa del sustrato a los 90 días**

Las medias de la temperatura externa del sustrato a los 90 días de investigación (grafico 16), no fueron diferentes estadísticamente ( $P>0.05$ ), entre si, por efecto de las diferentes densidades de siembra aplicadas al sustrato, observándose la mayor temperatura externa en el sustrato del tratamiento T1, con medias de 18,40°C, y que no difiere del resto de densidades de siembra especialmente de

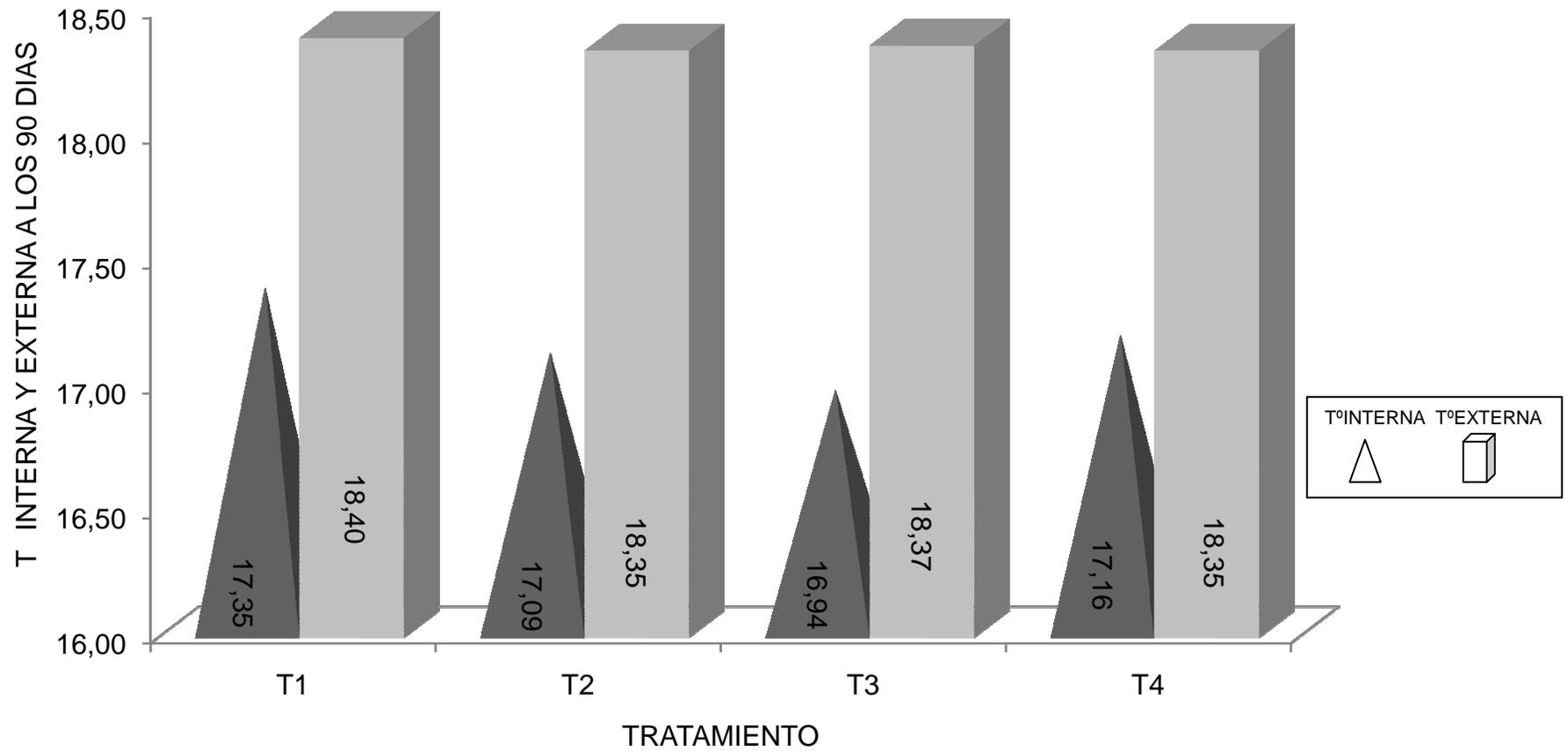


Gráfico 15. Temperatura interna y externa del sustrato a los 90 días, en el proceso de elaboración del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades (1, 2,3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

los tratamientos T2 y T4 que además de compartir rangos de significancia de acuerdo a Tukey ( $P < 0.01$ ), también registraron la misma temperatura promedio ( $18,35^{\circ}\text{C}$ ), y que además fueron las más bajas de la investigación.

En tanto que en el tratamiento T3 se registró un leve ascenso de la temperatura externa ( $18,37^{\circ}\text{C}$ ), en relación a los tratamientos antes descritos. Pese a que en este mes del año se notó un ligero incremento de la temperatura externa en relación a los meses anteriores no alcanza a cubrir los requerimientos ambientales para el normal desarrollo de las lombrices especialmente de las Anecicas que son las que viven dentro del suelo, cavan galerías verticales y durante la noche suben a la superficie del suelo alimentándose de materia orgánica, para de esta manera producir casting de mejor calidad, por lo tanto al abono producido, tiende a mineralizarse por lo que en el análisis químico se reportaron altos contenidos de minerales especialmente de Nitrógeno, Fósforo y Potasio y bajos contenidos de materia orgánica.

## **7. Temperatura interna del sustrato a los 120 días**

Como se observa en el Gráfico 16, la valoración de la temperatura interna en el sustrato a los 120 días de investigación, no reportó diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ), entre las medias de los tratamientos por efecto de la densidad de siembra aplicada al sustrato, observándose la temperatura interna más alta en el tratamiento de los tratamientos T2 y T3, que además de compartir rangos de significancia de acuerdo a la prueba de Tukey, también registraron la misma respuesta es decir  $17,95^{\circ}\text{C}$ , en comparación del tratamiento T4, que mostraron las temperaturas más bajas de la investigación ( $17,90^{\circ}\text{C}$ ).

De acuerdo a estos reportes analizados podemos ver que a medida que pasa el tiempo la temperatura especialmente interna van elevándose, pero estos márgenes no son suficientes como para conseguir el desarrollo normal de las lombrices que se encuentra entre  $19$  a  $20^{\circ}\text{C}$ .

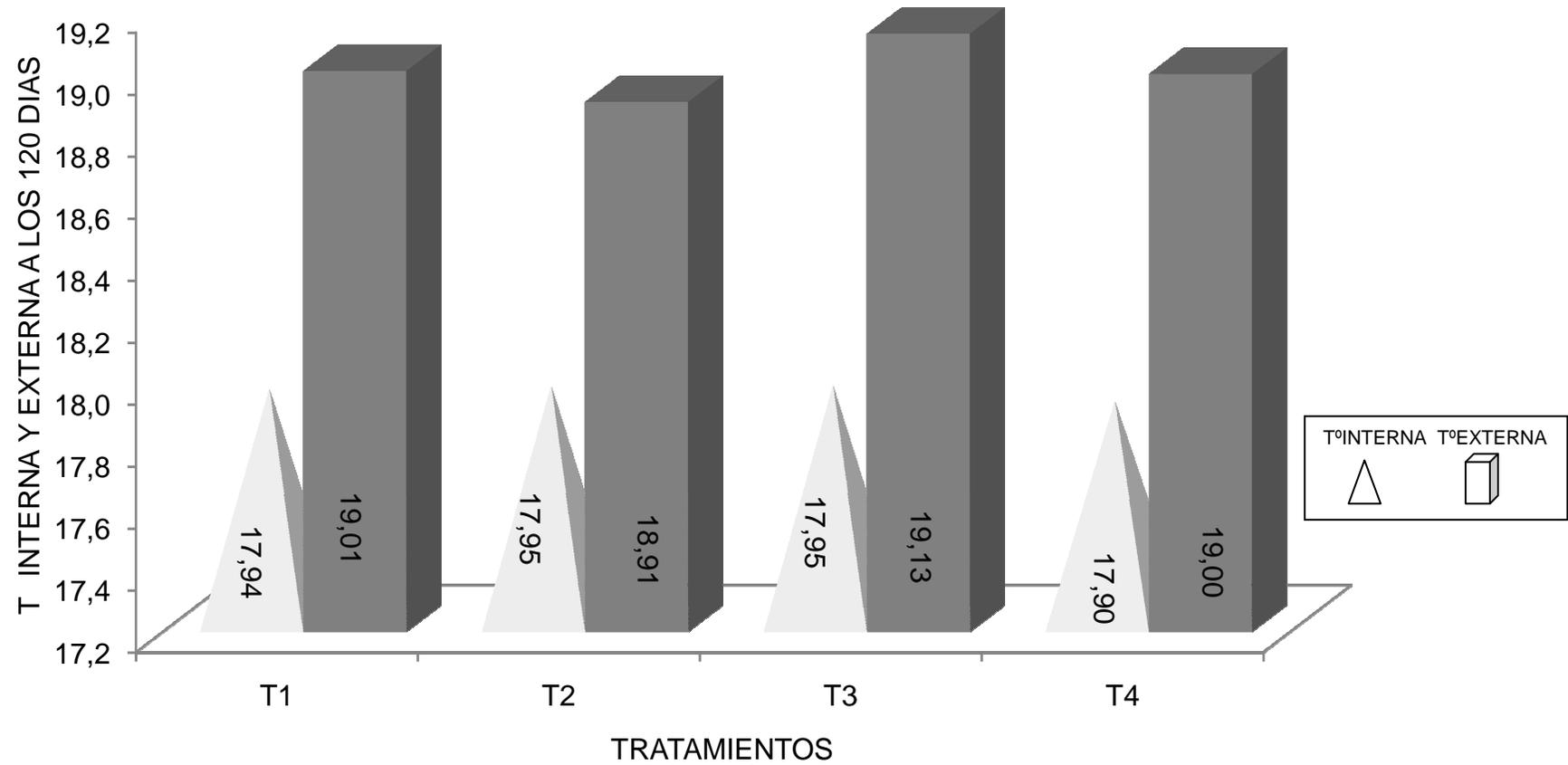


Gráfico 16. Temperatura interna y externa del sustrato a los 120 días en el proceso de elaboración del abono orgánico casting procedente de la siembra de lombrices a diferentes densidades (1, 2,3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

Al respecto en <http://bioabitat.terra.org/index.php>. (2009), se manifiesta que a temperaturas optimas las lombrices tienden a consumir mayor cantidad de materia orgánica presente en el tratamiento y que después del proceso dedigestión devuelven al sustrato un material rico en este elemento como es el casting que es un producto orgánico que contiene abundantes proporciones de nutrientes solubles en agua, esta es una razón principal de ser capaz de proporcionar resultados increíbles en la producción, pero al no disponer de estas condiciones climáticas únicamente entran en periodos largos de aletargamiento que además de influir en la cantidad de casting elaborado también la calidad se ve desmejorada, por lo que deberemos proporcionar de un microclima favorable para evitar estos inconvenientes como pueden ser procurarles un efecto invernadero a los sustratos Temperaturas por encima de los 35°- 40°C o por debajo de los 4°C le resultan mortales para el animal.

#### **8. Temperatura externa del sustrato a los 120 días**

Las medias de la temperatura externa del sustrato a los 120 días de investigación no fueron diferentes estadísticamente ( $P>0.05$ ), entre si, presentado mayores valores en el sustrato del tratamiento T3 (19,13°C), seguidas de los tratamientos de los tratamientos T1 y T4, cuyas temperaturas externas fueron de 19,01 y 19°C, mientras que los valores más bajos fueron los registrados en los tratamientos del tratamiento T1 (18,91°C). Al evaluar el comportamiento de las temperaturas externas durante la experimentación se reportó que a medida que se desarrollo la investigación estas se fueron elevando pero muy ligeramente hasta llegar al final en que las respuestas alcanzaron los requerimientos necesarios de temperatura en las lombrices y por lo tanto únicamente en este mes se puede decir que se produjo la suficiente materia orgánica, minerales y pH necesarios para enriquecer al casting y que se convierta en un abono completo ya que es el resultado de la descomposición del humus hasta el punto de refinarlo, convirtiéndole en un polvo de coloración pardo negruzca con olor suave peculiar a tierra húmeda, característico de este producto, posee una solubilidad en agua, empleándose para la fertilización líquida, esto posibilita que pueda ser empleada en cultivos hidropónicos y otros.

## F. ANALISIS ECONÓMICO

Al realizar el análisis económico beneficio/costo que se describe en el cuadro 11, tomando en consideración los egresos e ingresos para la obtención del abono orgánico casting, se estableció que la mayor rentabilidad se alcanzó en el tratamiento T1, con el cual se registró un beneficio/costo de 1.12, que representa que por cada dólar invertido, se espera obtener una rentabilidad de 12 centavos, cantidad que se reduce en las respuestas alcanzadas al utilizar los diferentes tratamientos, con rentabilidades entre el 6 y 7 % cuando se emplearon densidades de siembra de 2 y 3 Kg/lombriz/m<sup>2</sup> respectivamente , en cambio con el empleo de 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>, su utilidad es de apenas el 3%, respuestas que se deben a que se produjo menor cantidad de casting en este tratamiento, por existir un mayor número de lombrices con necesidades biológicas las mismas que disminuyen la producción y transformación de humus a casting.

Cuadro 11. ANALISIS ECONÓMICO DEL ABONO ORGANICO CASTING ELABORADO A DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA DE LOMBRICES (1 ,2 3 y 4 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>).

DETALLE	CANTIDAD	COSTO		DENSIDADES DE SIEMBRA			
		UNITARIO	TOTAL	1Kg lombriz/m <sup>2</sup> T1	2Kg lombriz/m <sup>2</sup> T1T2	3Kg lombriz/m <sup>2</sup> T1T3	4Kg lombriz/m <sup>2</sup> T1T4
<b>EGRESOS</b>							
Compra de lombrices	30 kilos	4	120	12	24	36	48
Compra de Humus	600 Kilos		33,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Compra del termómetro	1	15	15	3,75	3,75	3,75	3,75
Compra del pH metro	1 cajas	15	15	3,75	3,75	3,75	3,75
Compra de pintura	2 litros	2	4	1	1	1	1
Compra de clavos	1 libra	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Compra de romanilla	1	5	5	1,25	1,25	1,25	1,25
Total egresos				30,33	42,33	54,33	66,33
<b>INGRESOS</b>							
Venta de lombrices	21,72 Kg	5,5	97,74	11,99	23,87	35,915	47,685
Venta de casting	502,5	0,17	85,425	21,93	21,08	22,1	20,315
Total ingresos				33,92	44,95	58,015	68
<b>B/C</b>				1,12	1,06	1,07	1,03
Contenido Lombrices /tratamiento	kilogramos	3		6	9	12	
Cantidad de Humus/tratamiento	kilogramos	150		150	150	150	
Producción de lombrices	kilogramos	129		124	130	119,50	
Producción de casting	kilogramos	2,18		4,34	6,53	8,67	

Elaborado: Minta, F. (2010).

## V. CONCLUSIONES

1. Al evaluar el análisis bromatológico del casting se determinó que el tratamiento T1 registró los más altos contenidos de materia orgánica con (20,2%) y humedad (53,8%), en tanto que el tratamiento T4 reportó el mayor contenido de materia seca (52,68%).
2. El pH del sustrato cada 15 días, no registró diferencias estadísticas, observando que los resultados del tratamiento T4 se acercan más a la neutralidad, especialmente a los 60 días con (7,17), 75 días (7,10) y a los 90 días (7).
3. Al valorar las temperaturas internas del sustrato a los 30 días se determinó que el mayor valor alcanzó el tratamiento T2 (17,80°C), y la temperatura externa más baja registraron los tratamientos T1 y T2 (19.15°C). En tanto que la mayor temperatura interna del sustrato a los 120 días reportaron los tratamientos T2 y T3 (17.95°C), y la temperatura externa más baja el tratamiento T2 (18.91°C).
4. El análisis químico del casting registró el mayor contenido de nitrógeno (1,90%), fósforo (0,81%) en el tratamiento T4, y los valores más bajos para nitrógeno (1,86%) y fósforo (0,77%) en el tratamiento T1.
5. En el análisis del contenido de ceniza, registraron diferencias estadísticamente significativas, observándose en el tratamiento T4 el mayor porcentaje de Potasio (2,59%), Calcio (2,93%) y Magnesio (0,71%), en tanto que el tratamiento T1 registró los valores más bajos de potasio con 2,42% y calcio 2,85%.
6. El mayor índice de beneficio/costo presentó el tratamiento T1 con 1,12 es decir que por cada dólar invertido obtendremos una rentabilidad de 12 centavos y el tratamiento T4 el menor índice de beneficio/costo con 1,03.

## **VI. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos del comportamiento del casting elaborado a diferentes densidades de siembra de lombrices, se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar densidades de siembra de 3 Kg/lombriz/m<sup>2</sup>, como una alternativa para la obtención de casting, a ser utilizado en la fertilización orgánica ya que en la presente investigación obtuvo los mayores rendimientos, productivos, nutritivos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, como económicos.
2. Fomentar la elaboración del casting en los sistemas de producción pecuaria ya que se trata de un abono proveniente de las lombrices; de fácil obtención y que contiene nutrientes necesarios para mejorar la productividad agrícola.
3. Incentivar el uso eficiente del abono orgánico casting, entre los agricultores, ya que si aplicamos en los suelos vamos a obtener productos sanos y de mejor calidad que los producidos tradicionalmente.

## VII. LITERATURA CITADA

1. ARANDA, D. 1995. Manejo de las lombrices para la producción de abono orgánico de la pulpa del café. 1a ed. Jalapa, México. Edit. FIMOICAFE. pp 10, 20, 43, 49,63. COOKE, G. 1996. Fertilización para rendimientos máximos sn. México, México. Editorial Continental. pp 454-455.
2. BASANTES, J. 2002. Estudio comparativo de diferentes alturas de cama y frecuencias de volteo para la producción de humus de lombriz (*Eisenia foétida*). Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp. 49- 53.
3. BEIJOO, N. 2001 La lombricultura una alternativa orgánica. Boletín informativo. Editorial Universidad Nacional Loja , Ecuador.
4. CANDO, M. 1996 La crianza de lombriz roja. 2a ed. Quito , Ecuador. Edit Albatros. pp 59 – 78.
5. CHACON, G. 1999. Manual de lombricultura. 1a ed. Quito, Ecuador. Edit. Maneru. Pp. 78 – 86.
6. FERRUZZI, 1987. Manual de lombricultura 2a ed. Madrid, España. Edit Mundi Prensa. pp. 98 – 109.
7. FIALLOS, L. 2004. Referencias verbales. Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH. Riobamba, Ecuador .
8. GROSS, A. 1998. Guía práctica de fertilización. 7a ed. Madrid, España. Edit. Ministerio de Agricultura. pp 14 - 25.

9. <http://bioabitat.terra.org/index.php>. 2009. Martínez, E. Características del casting.
10. <http://bioabitat.terra.org.php>. 2009. Ferrari, A. Estudio de la temperatura ideal para el desarrollo de las lombrices.
11. <http://bioabitat.terra.org/index.php>. 2009. Sánchez, A. Antecedentes y composición del humus que producen las lombrices.
12. <http://www.casting.com>. 2009. López, A. Cualidades del excremento de la lombriz.
13. <http://www.colprocah.com>. 2009. Aranda, D. E. Eñl pH sugerido para la producción de casting.
14. <http://www.ecimed@infomed.sld.cu>. 2008. Correa, H. Manual de la composición del compostaje para la producción de casting.
15. <http://www.em.iespana.es>. 2009. Henao, Y. Clasificación y alimentación de las lombrices.
16. <http://www.fubiomi.org>. 2008. Hernández, M. Proceso de transformación del casting en el sustrato.
17. <http://www.fubiomi.org..php>. 2008. Sánchez, A. Ventajas del proceso de elaboración del abono orgánico casting, para los suelos. Factores importantes a tomarse en cuenta para la preparación del casting.
18. <http://www.humus.com>. 2009. Hernández, M. Cría, manejo y cosecha de lombrices y humus.
19. <http://www.infoagro.com/abonos>. 2008. Restrepo, E. Características importantes del humus de lombriz.

20. <http://www.infoagro.com>. 2009. Elorza, P. Estudio de la densidad de siembra de las lombrices.
21. <http://www.manualdelombricultura.com>. 2008. Página Oficial de la Lombriz de tierra.
22. <http://www.manualdelombricultura.com>. 2008. Clasificación desde el punto de vista ecológico de las lombrices.
23. <http://www.manuallombricultura.com>. 2008. Arroyave H. Características generales de la lombriz de tierra.
24. <http://www.mayacert.com/boletines>. 2009. Ceron J. Los desechos vegetales que enriquecen el sustrato.
25. <http://www.reboreda.es>. 2008. Barois, I. Determinación de humedad del sustrato por el método gravimétrico.
26. <http://www.simas.org.ni>. 2009. Allieri, L. El riego, la humedad y aireación ideales para el buen desarrollo de la lombriz de tierra.
27. <http://www.spikerwormandcasting.com>. 2008. López, J. Aspectos generales del casting.
28. <http://www.tmecc.org>. 2008. Carpio, J. Propiedades químicas y físicas del humus de lombriz.
29. LEÓN, P. 2002. Estudio de diferentes sistemas de aceleración para la descomposición orgánica y producción de humus de lombriz roja (*Eisenia foétida*). Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp. 30-45.
30. LÓPEZ, B. 2007. Estudio del efecto de diferentes niveles de abono

orgánico (humus), en la producción de forraje y semilla de Pasto Avena (*Arrhenatherum elatius*), aplicado en forma basal Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp. 29 -45.

31. LÓPEZ, J. 2000. Transformación de desechos orgánicos contaminantes por la lombriz de tierra. 1a ed. Veracruz, México. Edit. Universidad Veracruzana. pp. 19-56.
32. MAZARELLO, N. 1983 Allevamento deddizio de lombrichi. 1a edición. Milano, Italia. Edit Vecche. pp 96 – 126.
33. MENÉNDEZ, J. 1986. Manual de alimentación animal. 2a ed. México, México D.F. Edit. LIMUSA, S.A, pp. 136 – 145.
34. MONREAL, L. 1998. Biblioteca práctica agrícola y ganadera. 1a ed. Barcelona, España. Edit. Océano. pp 25-48.
35. SANTAMARIA, R. 1996. Aspectos Biotecnológicos del proceso vermicomposteo y su aplicación agronómica. Veracruz, México. Edit. Universidad Veracruzana. pp. 96 – 100.
36. TERRANOVA, E 2001, Enciclopedia Agropecuaria Ecológica. 2a ed. Bogotá, Colombia. pp 12 – 29.
37. TINEO, A 1994. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas. sn. Madrid, España. Edit. LIMUSA. pp 45 – 51.
38. TREJO, V. 1994. Procesamiento de la basura urbana. 3a ed. México, México D.F. Edit. TRILLAS. pp 74 – 89.

39. VIMOS, C. 2000. Comparación de diferentes niveles de estiércol fresco de bovino. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp 30 – 40.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. NÚMERO DE LOMBRICES INICIAL.

## a. Resultados experimentales

tratamientos	Repeticiones			Suma	Media
	I	II	III		
T1	3346	3512	3087	9945	3315
T2	6377	6498	6692	19567	6522,3
T3	10212	10038	9894	30144	10048
T4	12988	13384	13102	39474	13158
Suma bloques	32923	33432	32775	99130	8260,8

## b. Análisis de varianza

F. Var	G.L.	SC	CM	FC	FT		Sign.
					0,05	0,01	
Total	11	164255645,67	14932331,42				
Bloques	2	59386,17	29693,08	0,8	5,14	10,9	ns
Tratamientos	3	163979567	54659855,7	1513,48	4,76	9,8	**
Error	6	216692,50	36115,42				

CV	2,30
MG	8260,83
Sx	54,860

## c. Separación de medias por Tukey

Trat.	Medias	Grupo
T1	3315,00	a
T2	6522,33	b
T3	10048,00	c
T4	13158,00	d

