

**EFFECTO DE CINCO DOSIS CRECIENTES DE LOMBRICOMPOST  
Y ESTIÉRCOL FRESCO BOVINO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y  
EL VALOR NUTRITIVO DE *Brachiaria brizantha* cv. TOLEDO  
BAJO CONDICIONES CONTROLADAS, SANTA CLARA, SAN  
CARLOS.**

**Andrea Víquez Rojas**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía como  
requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería  
Agronomía.

**Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Sede Regional San Carlos**

**Santa Clara, San Carlos**

**2006**

**EFFECTO DE CINCO DOSIS CRECIENTES DE LOMBRICOMPOST Y  
ESTIÉRCOL FRESCO BOVINO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y VALOR  
NUTRITIVO DE *Brachiaria brizantha* cv. TOLEDO BAJO CONDICIONES  
CONTROLADAS, SANTA CLARA, SAN CARLOS.**

**ANDREA VÍQUEZ ROJAS**

**APROBADO POR MIEMBROS DEL JURADO EXAMINADOR**

Ing. Wilfrido Paniagua Madrigal; MGA.

---

Asesor

Ing. Milton Villarreal Castro; Ph.D.

---

Jurado

Ing. Carlos Ramírez Vargas; Lic.

---

Jurado

Ing. Fernando Gómez Sánchez; MAE.

---

Coordinador de Trabajos  
Finales de Graduación

Ing. Olger Murillo Bravo; MSc.

---

Director Escuela de  
Agronomía

**2006**

## DEDICATORIA

A Dios Padre Todopoderoso,  
que me ha demostrado  
que todo en la vida ocurre  
en el momento correcto.

*“Hasta ahora, ustedes  
no han pedido nada  
en mi nombre:  
pidan y recibirán,  
para que su alegría  
sea completa”.*

*Juan 16:24*

## **AGRADECIMIENTO**

A mi mamá y a mi papá por todos los años dedicados a sus hijos, por su confianza y apoyo a través de mis estudios, y por enseñarme a luchar con mis propias manos por alcanzar mis sueños y vencer mis miedos.

A mi asesor Wilfrido Paniagua por el tiempo que dedicó a mi trabajo, a los profesores Milton Villarreal, Jorge Camacho y Carlos Ramírez por su desinteresada ayuda y oportunos comentarios. A todos los trabajadores de la lechería y a Marlencita por todas sus atenciones y disposición a ayudarme cuando lo necesitara.

A mis amigas del alma Karla, Ghiselle y Stephenie por alegrar mi paso por el TEC y seguir alegrándome la vida. A Caro, por tanto cariño y haber sido mi mejor compañera de cuarto, y a Raquel por tantas horas que pasamos juntas haciendo trabajos y estudiando, aunque nunca llegáramos a ser mejores promedios.

A mis compañeros de licenciatura que a pesar de molestar tanto los llevo con mucho cariño en mis recuerdos.

A Raymond, gracias por tantos años de amor, chineos y apoyo incondicional, nos hemos mantenido unidos a pesar de todo.

# TABLA DE CONTENIDO

1	<a href="#">INTRODUCCIÓN</a>	1
1.1	<a href="#">Objetivos</a>	2
1.1.1	<a href="#">Objetivo general</a>	2
1.1.2	<a href="#">Objetivos específicos</a>	2
1.2	<a href="#">Hipótesis técnica</a>	2
2	<a href="#">REVISION DE LITERATURA</a>	3
2.1	<a href="#">Características de la especie brizantha CIAT 26110</a>	3
2.1.1	<a href="#">Siembra de pasto Toledo</a>	4
2.1.2	<a href="#">Valor nutritivo de Brachiaria brizantha cv. Toledo</a>	5
2.2	<a href="#">Calidad nutritiva de las pasturas</a>	6
2.2.1	<a href="#">Contenido de proteína cruda (PC)</a>	6
2.2.2	<a href="#">Contenido de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD)</a>	6
2.3	<a href="#">Abonos Orgánicos</a>	7
2.3.1	<a href="#">Importancia de los abonos orgánicos</a>	7
2.3.2	<a href="#">Propiedades de los abonos orgánicos</a>	8
2.4	<a href="#">Lombricompost</a>	9
2.4.1	<a href="#">Preparación de lombricompost</a>	10
2.5	<a href="#">Estiércol bovino</a>	11
3	<a href="#">MATERIALES Y METODOS</a>	13
3.1	<a href="#">Localización del experimento</a>	13
3.2	<a href="#">Condiciones climáticas</a>	13
3.3	<a href="#">Período experimental</a>	15
3.4	<a href="#">Material experimental</a>	15
3.5	<a href="#">Tratamientos experimentales</a>	16
3.6	<a href="#">Unidad experimental</a>	17
3.7	<a href="#">Procedimiento</a>	18
3.7.1	<a href="#">Análisis de suelo</a>	18

3.7.2	<a href="#">Análisis de abonos orgánicos</a>	18
3.7.3	<a href="#">Siembra</a>	19
3.7.4	<a href="#">Transplante</a>	19
3.7.5	<a href="#">Fertilización</a>	19
3.7.6	<a href="#">Manejo del agua</a>	19
3.7.7	<a href="#">Muestreos</a>	20
3.8	<a href="#">Variables a evaluar</a>	20
3.8.1	<a href="#">Producción de materia seca</a>	20
3.8.2	<a href="#">Porcentaje de proteína cruda</a>	20
3.8.3	<a href="#">Determinación de fibra neutro y ácido detergente</a>	20
3.9	<a href="#">Análisis de los datos</a>	20
4	<a href="#">RESULTADOS Y DISCUSIÓN</a>	21
4.1	<a href="#">Efecto de las dosis crecientes de lombricompost y boñiga fresca sobre la producción de materia seca de Brachiaria brizantha cv. Toledo</a>	21
4.1.1	<a href="#">Producción de materia seca a los 30, 60 y 90 días después del transplante</a>	21
4.1.2	<a href="#">Producción promedio de materia seca de Brachiaria brizantha cv. Toledo</a>	24
4.1.3	<a href="#">Efecto de la fuente orgánica sobre la producción de materia seca de Brachiaria brizantha cv. Toledo a los 30, 60 y 90 ddt.</a>	25
4.1.4	<a href="#">Tendencia de la producción de Brachiaria brizantha cv. Toledo de las fuentes orgánicas fertilizadoras a los 30, 60 y 90 ddt.</a>	28
4.1.5	<a href="#">Efecto de la fecha de muestreo sobre la producción de materia seca de Brachiaria brizantha cv Toledo a los 30, 60 y 90 ddt.</a>	32
4.1.6	<a href="#">Contenido (%) de materia seca de Brachiaria brizantha cv. Toledo a los 30, 60 y 90 ddt.</a>	33
4.2	<a href="#">Efecto de las dosis crecientes de lombricompost y boñiga fresca de bovino sobre el porcentaje de proteína cruda (PC), fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) de Brachiaria brizantha cv. Toledo</a>	37
4.2.1	<a href="#">Contenido de PC en el Pasto Toledo a los 30, 60 y 90 ddt.</a>	37
4.2.2	<a href="#">Contenido de FAD y FDN en el Pasto Toledo a los 30, 60 y 90 ddt.</a>	39

<a href="#">5</a>	<a href="#">CONCLUSIONES</a>	43
<a href="#">6</a>	<a href="#">RECOMENDACIONES</a>	44
<a href="#">7</a>	<a href="#">LITERATURA CITADA</a>	45
<a href="#">8</a>	<a href="#">ANEXOS</a>	48

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N°	Título	Página
<u>1</u>	<u>Contenido de nutrientes totales en el suelo, lombricompost y boñiga fresca. Santa Clara San Carlos. 2006.</u>	15
<u>2</u>	<u>Contenido de nutrientes más disponibles en el suelo, el lombricompost y la boñiga fresca. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	16
<u>3</u>	<u>Fuentes de variación y grados de libertad para el estudio del efecto de cinco dosis crecientes de lombricompost y estiércol fresco de ganado bovino sobre la producción y calidad nutritiva de Brachiaria brizantha cv. Toledo bajo condiciones controladas, Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	16
<u>4</u>	<u>Descripción de los once tratamientos de la evaluación de seis dosis crecientes de lombricompost y boñiga bovina en condiciones controladas. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	17
<u>5</u>	<u>Contenido de PC en el pasto Toledo según el tratamiento y muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	38
<u>6</u>	<u>Porcentaje de FND contenido en el pasto Toledo según el tratamiento y muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	40
<u>7</u>	<u>Porcentaje de FAD contenido en el pasto Toledo según el tratamiento y muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	42

## LISTA DE FIGURAS

Figura N°	Título	Página
<u>1</u>	<u>Promedios mensuales de precipitación y humedad relativa registrados durante el período del ensayo. Instituto Metereológico Nacional, Estación Metereológica de Santa Clara Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	14
<u>2</u>	<u>Promedios mensuales de temperatura registrados durante el período del ensayo. Instituto Metereológico Nacional, Estación Metereológica de Santa Clara. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	14
<u>3</u>	<u>Disposición del material experimental dentro del invernadero, ITCR, Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	18
<u>4</u>	<u>Producción de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo en el primer muestreo (30 ddt) obtenido por cada tratamiento. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	22
<u>5</u>	<u>Producción de MS de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo obtenido por cada tratamiento en el segundo muestreo (60ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	23
<u>6</u>	<u>Producción de MS de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo obtenido por cada tratamiento en el tercer (90 ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	24
<u>7</u>	<u>Producción promedio por tratamiento de MS de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo bajo condiciones controladas. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	25
<u>8</u>	<u>Producción de MS del Pasto Toledo según las fuentes orgánicas en el primer muestreo (30 ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	26
<u>9</u>	<u>Producción de MS del Pasto Toledo según las fuentes orgánicas en el segundo muestreo (60 ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	27

<u>10</u>	<u>Producción de MS del Pasto Toledo según las fuentes orgánicas en el tercer muestreo (90 ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	28
<u>11</u>	<u>Comportamiento del peso seco del Pasto Toledo según los tratamientos de lombricompost durante el primer muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	29
<u>12</u>	<u>Comportamiento del peso seco del Pasto Toledo según los tratamientos de lombricompost durante el segundo muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	29
<u>13</u>	<u>Comportamiento del peso seco del Pasto Toledo según los tratamientos de lombricompost durante el tercer muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	30
<u>14</u>	<u>Comportamiento del peso seco del Pasto Toledo según los tratamientos de boñiga fresca durante el primer muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	31
<u>15</u>	<u>Comportamiento del peso seco del Pasto Toledo según los tratamientos de boñiga fresca durante el primer muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	31
<u>16</u>	<u>Comportamiento del peso seco del Pasto Toledo según los tratamientos de boñiga fresca durante el primer muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	32
<u>17</u>	<u>Tendencia del peso seco del pasto Toledo durante cada muestreo por efecto de los tratamientos. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	33
<u>18</u>	<u>Contenido de MS de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo en el primer muestreo obtenido por cada tratamiento. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	34
<u>19</u>	<u>Contenido de MS de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo por tratamiento en el segundo muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	35
<u>20</u>	<u>Contenido de MS de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo por tratamiento en el tercer muestre. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	36

<u>21</u>	<u>Tendencia del contenido de MS del Pasto Toledo promedio de todos los tratamientos para cada muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	36
<u>22</u>	<u>Tendencia del porcentaje de PC promedio de todos los tratamientos para cada muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	39
<u>23</u>	<u>Tendencia del porcentaje de FND promedio de todos los tratamientos para cada muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	41
<u>24</u>	<u>Tendencia del porcentaje de FAD promedio de todos los tratamientos para cada muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.</u>	42

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de cinco dosis crecientes de lombricompost y boñiga fresca sobre la producción y el valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo se realizó un ensayo bajo condiciones controladas, Santa Clara, San Carlos; entre los meses de octubre del 2005 a enero del 2006. El ensayo consistió en la prueba de once tratamientos correspondientes a cinco dosis crecientes de lombricompost y boñiga fresca más un testigo absoluto, cada tratamiento fue replicado cuatro veces y asignados según un diseño irrestricto al azar.

Los tratamientos fueron aplicados junto a una mezcla 1:1 de suelo y arena y colocados dentro de macetas donde posteriormente se transplantaron dos plantas de Pasto Toledo. Los tratamientos consistieron en dosis de 249, 499, 748, 998 y 1247 gramos de lombricompost por maceta y 344, 688, 1032, 1376 y 1720 gramos de boñiga fresca por maceta. Las variables a estudiar fueron la producción de materia seca (MS), el contenido de proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD). Se realizaron tres muestreos cada treinta días; el material recolectado fue pesado y secado en un horno de aire forzado por 96 horas a 55 °C, luego de equilibrarse con la humedad ambiental por 12 horas se determinó la producción de MS. Para la determinación del contenido de PC, FND y FAD se enviaron muestras de Pasto Toledo por tratamiento de cada fecha de corte, previamente molidas en un molino Wiley con una criba de 1 mm, a los laboratorios de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos RL. Los resultados obtenidos indicaron que no existían diferencias significativas en la producción de MS por efecto del tratamiento durante el primer muestreo a los 30 después del transplante (ddt) ( $P=0,0865$ ), ni en el segundo muestreo (60 ddt) ( $P=0,2940$ ), ni durante el tercer muestreo (90 ddt) ( $P=0,5259$ ). Solo se encontraron diferencias significativas en la producción de MS del pasto Toledo por efecto del uso de tratamientos de lombricompost y el control en el primer muestreo ( $P=0,0343$ ); no se encontró otro efecto debido a la fuente orgánica utilizada en ninguno de los muestreos. La producción de MS de Pasto Toledo bajo la influencia de las dosis crecientes de lombricompost no mostró un patrón de tendencia determinado durante el primer, segundo y tercer muestreo. Por otro lado al utilizar los tratamientos que incluían boñiga fresca se encontró que, la

tendencia de la producción de MS durante el primer muestreo fue cuadrática ( $P=0,0269$ ), para el segundo muestreo fue lineal ( $P=0,0033$ ) o cuadrática ( $P=0,0323$ ) y para el tercero fue lineal ( $P=0,0315$ ). El contenido de MS de la planta indicadora solo se vio afectado por los tratamientos durante el tercer muestreo (90 ddt) ( $P=0,0049$ ), el mayor contenido de MS fue de 22,28% obtenido por el tratamiento 8. El contenido de PC tendió a decrecer en presencia de la boñiga fresca durante el segundo muestreo, mientras que en el caso del testigo y el lombricompost este tendió a crecer de un muestreo a otro. El contenido de FND de esta *Brachiaria* tendió a incrementarse en presencia de lombricompost y del testigo de un muestreo a otro, mientras que disminuyó en presencia de boñiga fresca durante el segundo. El contenido de FAD tendió a disminuir durante el segundo muestreo sin importar la fuente orgánica utilizada.

**Palabras claves:** *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) lombricompost, estiércol (boñiga) fresco, fuentes orgánicas.

## ABSTRACT

With the objective to evaluate the effect of five increasing doses of lombricompost and fresh manure on the production and nourishing value of *Brachiaria brizantha* cv. Toledo a test was carried out under controlled conditions, Santa Clara, San Carlos; between October, 2005 to January, 2006. The test consisted of the proof of eleven treatments corresponding to five increasing doses of lombricompost and fresh manure, more an absolute witness; every treatment was answered four times and assigned according to a design of not restricted random.

The treatments were applied close to a mixture 1:1 of soil and sand, and placed inside handles where later were transplanted two plants of Pasture Toledo. The treatments consisted of doses of 249, 499, 748, 998 and 1247 grams of lombricompost for handle and 344, 688, 1032, 1376 and 1720 grams of fresh manure for handle. The variables to studying were the production of dry matter (MS), the content of raw protein (PC), fiber neutral detergent (FND) and fiber acid detergent (FAD). Three samplings were realized every thirty days; the recollected material was weighed and dried in an oven of air forced for 96 hours 55 °C and after remaining 12 hours to environmental temperature were weighed again and determined the MS production. As for the determination of the content of PC, FND and FAD samples of Pasture Toledo for treatment of every date were sent to the laboratories of the Asociación de Productores de Leche Dos Pinos RL, previously ground in a mill Wiley with a sieve of 1 mm.

The obtained results indicated that significant differences did not exist in MS production for effect of the treatment during the first sampling 30 days after transplant (ddt) ( $P=0,0865$ ), not in the second sampling (60 ddt) ( $P=0,2940$ ), and not during the third sampling (90 ddt) ( $P=0,5259$ ). Significant differences were just founded in MS production of pasture Toledo for effect of the use of the lombricompost treatments and the use of the witness, in the first sampling ( $P=0,0343$ ); not other effect because of the organic source was found in neither other sample. MS production of Pasture Toledo under the influence of the increasing doses of lombricompost was at random during the first, second and third sampling, since it was not found a trend that could describe the behavior of the information. The trend of MS production for treatments that included fresh

manure during the first sampling was quadratic ( $P=0,0269$ ); for the second sampling was linear ( $P=0,0033$ ) or quadratic ( $P=0,0323$ ), and for the third sampling was linear ( $P=0,0315$ ). The content of MS was affected just by the treatments during the third sampling (90 ddt) ( $P=0,0049$ ). The content of PC decreased during the second sampling in the presence of fresh manure and it tended to rise in the third sample, mean while the contend of PC increased in presence of lombricompost and the witness during the three samplings. The FDN content in this *Brachiaria* tended to increase in the presence of lombricompost and the witness sampling to sampling, but it tended to decrease during the second sample when fresh manure was used. The FAD tended to decrease during the second sample no matter the organic source that was used.

**Key words:** *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, dry matter (MS), raw protein (PC), fiber neutral detergent (FND), fiber acid detergent (FAD), lombricompost, fresh manure, organic sources.

# 1 INTRODUCCIÓN

La ganadería de leche y carne como actividades productivas actualizan los componentes productivos inherentes, como medio para favorecer el valor agregado de sus productos en el mercado, nacional e internacional.

La alimentación bovina es un factor de gran relevancia para equilibrar la relación costo-beneficio de la finca ganadera. Por ende, las alternativas nutricionales alejadas de los alimentos balanceados requieren de especial dedicación por parte de instituciones y empresas pecuarias, que respaldados por la investigación, generen pautas y normas de manejo que favorezcan la sostenibilidad económica de los sistemas productivos pecuarios.

El forraje a pesar de ser el componente de menor costo en un plan de producción cárnica o láctea puede tener un impacto sobre la rentabilidad de la actividad, ya que el efecto de la calidad de este material maximiza la misma, lo que resulta en el mejoramiento del nivel de ingreso económico y el poder adquisitivo del sector ganadero.

Para optimizar la producción de pasto es necesario efectuar un manejo muy eficiente, integrando diferentes tecnologías, tanto de manejo como de utilización de insumos. La fertilización resulta una práctica de gran impacto productivo en las praderas, mejorando la producción de materia seca y el valor nutritivo del forraje. El resultado de la fertilización permite alcanzar esquemas viables desde el punto de vista productivo y económico. Ello explica la creciente expansión de la aplicación de fertilizantes en prácticas como el rejuvenecimiento de pasturas degradadas (Dimas *et al.*, 2000).

Existen diferentes fuentes de fertilizantes que se convierten en alternativas para la producción de pasturas. Sin embargo, se debe dar más importancia a la utilización de los materiales de origen orgánico como fuentes fertilizantes en el campo de los forrajes. Especialmente, porque el uso de estos materiales puede permitir al productor integrar más su actividad al reciclar los subproductos orgánicos hasta insumos aprovechables. Por estas razones, en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de cinco dosis crecientes de lombricompost y estiércol fresco de bovino sobre la producción y el valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo bajo condiciones controladas.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Cuantificar el efecto de cinco dosis de lombricompost y estiércol fresco bovino sobre la producción de materia seca en *Brachiaria brizantha* cv. Toledo.
- Determinar el efecto de cinco dosis de lombricompost y estiércol fresco bovino sobre el valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo.

## **1.2 Hipótesis técnica**

El uso de diferentes fuentes de fertilizantes orgánicos así como diferentes dosis de lo mismos resulta en producciones y valor nutritivo del forraje *Brachiaria brizantha* cv. Toledo diferentes.

## 2 REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Características de la especie *brizantha* CIAT 26110

La accesión *B. brizantha* CIAT 26110 fue recolectada el 15 de mayo de 1985 por G. Keller-Grein, investigador del CIAT, con la colaboración de técnicos de ISABU, la institución nacional de investigación de Burundi (Africa). El sitio de recolección está situado en el km 36 entre Bubanza y Bukinyama en el estado de Cibitoke, a 2° 53' de latitud sur y 26° 20' de longitud este, a 1510 m.s.n.m., con una precipitación, promedio anual, de 1710 mm. En septiembre de ese mismo año esta accesión fue registrada en el Banco de Germoplasma en el CIAT con el número 26110. En Costa Rica fue introducida en 1988 y liberada en 2001 como Pasto Toledo. En Brasil, el *B. brizantha* pasto Toledo fue liberado por una empresa comercial como MG5 cultivar Victoria (Lascano *et al.*, 2002).

El Pasto Toledo que derivó directamente de la accesión *B. brizantha* CIAT 26110 es una gramínea perenne que crece formando macollas y puede alcanzar hasta 1,60 m de altura. Es una planta de tallos vigorosos que enraízan a partir de los nudos al entrar contacto con el suelo, lo cual favorece el cubrimiento y el desplazamiento lateral de la gramínea. Las hojas son lanceoladas con poca pubescencia y de una longitud de hasta 60 cm y 2.5 cm de ancho. La inflorescencia es producida por el tallo y puede medir hasta 50 cm de longitud, generalmente con cuatro racimos de 8 a 12 cm y una hilera de espiguillas sobre ellos (Lascano *et al.*, 2002).

El Pasto Toledo se adapta a condiciones de trópico subhúmedo, con períodos secos entre 5 y 6 meses y precipitaciones de 1600 mm anuales, y en el trópico muy húmedo con precipitaciones anuales superiores a 3500 mm (Lascano *et al.* 2002). Su desarrollo en suelos ácidos de baja fertilidad es aceptable, pero su mejor desempeño se da en suelos de mediana a buena fertilidad. Tolera suelos arenosos y persiste en suelos mal drenados, aunque este último puede reducir su crecimiento (Casasola, 1998).

Esta *Brachiaria* no es resistente al ataque de cercópidos (Homoptera: Cercopidae) conocidos comúnmente como 'salivazo' de los pastos (Cardona *et al.*, 2000). Se ha observado que esta gramínea tolera ataques de *Rhizoctonia*

*sp.* y otros hongos presentes en el suelo como *Pythium sp.* y *Fusarium sp.*, comunes en zonas húmedas (Zúñiga, 1997).

El cultivar Toledo produce rendimientos anuales de forraje cercanos a las 30 toneladas de materia seca por hectárea, siendo superiores a los de otros cultivares de *Brachiaria* y similares a los encontrados con pasto Guinea (*Panicum maximum*) (Lascano *et al.*, 2002).

Lobo y Díaz (2001) reportan que el pasto Toledo tiene una producción sobresaliente, 3300 kg MS cada cinco semanas durante la época de lluvia, que equivale a 94 kg MS ha/día. Otros pastos del género *Brachiaria* como el pasto Ruzzi (*B. ruzizensis*) y el pasto Diamantes 1 (*B. brizantha* CIAT 6780), producen diariamente 24 kg MS/ha y 68 kg MS/ha, respectivamente. El pasto Brunca (*B. dictyoneura*) reporta a los 28 días de rebrote una producción de 2 438 kg MS/ha y el pasto La Libertad (*B. brizantha*) una producción de 3 900 kg MS/ha a los 21 días de rebrote (Lobo y Díaz, 2001).

### **2.1.1 Siembra de pasto Toledo**

El Pasto Toledo se establece por medio de semilla gámica, la cual generalmente es de buena calidad dando como resultado plántulas con alto poder de desarrollo. También se puede propagar por material vegetativo, siendo, en este caso, necesario seleccionar cepas con raíces para alcanzar un mayor éxito en el establecimiento (Lascano *et al.*, 2002).

La cantidad de semilla a utilizar depende de los porcentajes de pureza y germinación y del método de siembra. En suelos previamente arados y rastrillados la cantidad de semilla será menor en comparación con siembras al voleo en suelos con cero o mínima labranza. La cantidad final varía entre 3 y 4 kg/ha para una semilla con un valor cultural de 60% (por ej., 80% de pureza y 75% de germinación). El alto vigor de las plántulas y el crecimiento agresivo inicial de este cultivar le permiten competir adecuadamente con las malezas durante la fase de establecimiento, siendo posible un primer pastoreo controlado entre 3 y 4 meses después de la siembra. (Lascano *et al.*, 2002).

### **2.1.2 Valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo**

Este cultivar alcanza concentraciones de proteína cruda (PC) en las hojas de 13%, 10% y 8% a edades de rebrote de 25, 35 y 45 días, respectivamente. En estas mismas edades, la digestibilidad *in vitro* de la MS presenta niveles de 67%, 64% y 60% (Lascano *et al.*, 2002).

Debido a que el Pasto Toledo presenta un rápido crecimiento después del pastoreo se recomienda manejar pasturas con altas cargas animales y pastoreos frecuentes, ya que de otra forma el contenido de PC puede alcanzar niveles inferiores al 7 %. (Lascano *et al.*, 2002).

En la estación CIAT-Quilichao, Colombia, se llevó a cabo un estudio con ganado lechero en la época lluviosa, donde se comparó el cultivar Toledo con otras accesiones del género *Brachiaria*, y se determinó que la producción de leche fue más alta en vacas que pastaban Toledo (*B. brizantha* CIAT 26110) y el híbrido *Brachiaria* cv. Mulato, en comparación con la producción alcanzada pastando *B. decumbens* cv. Basilisk (Ávila *et al.*, 2002). Sin embargo, en otros ensayos donde se ha dejado sobremadurar el forraje del Pasto Toledo, la producción de leche ha sido entre 10% y 15% más baja que en *B. decumbens* cv Basilisk, debido al menor nivel de PC en el follaje del Pasto Toledo (Lascano *et al.*, 2002).

Por otro lado Gamboa (2004), encontró valores de PC a una edad de 90 días de 10,1 % para el Pasto Toledo, de 9,9 % para el Pasto Diamantes 1, de 10,3 % para el Pasto Peludo (*B. decumbens* CIAT 606) y de 11,5 % para el Pasto Mulato (*B. híbrido* CIAT 36061), todos en etapa de establecimiento. Para estos mismos pastos Lobo y Díaz (2001), reportan valores de PC de 11 % a los 42 días en el caso de Dimantes 1, de entre 13,4 y 8,7 % a edades de entre 25 y 45 días para el Toledo y de 12% a los 28 días para el pasto Peludo. Estos mismos autores (Lobo *et al.*, 2001) reportan una producción de 68 kg MS/ha/día para el pasto Diamantes, de hasta 49 kg MS/ha/día para el pasto Taner (*B. radicans*), y de 94 kg MS/ha diaria para el pasto Toledo en época de lluvia.

## **2.2 Valor nutritivo de las pasturas**

Dentro del concepto de calidad forrajera las determinaciones de digestibilidad, energía y proteína son los mejores parámetros para realizar comparaciones, plantear conclusiones y llevar adelante programas nutricionales. Además los análisis de componentes de los forrajes como FDN y FDA pueden ser utilizados para evaluaciones y comparaciones directas o para determinaciones indirectas de la digestibilidad o calidad de los materiales y de la energía que son capaces de aportar (Bassi 2000). De tal forma que contar con cada uno de estos datos es imprescindible para llevar a cabo las diversas tomas de decisiones necesarias para aumentar el nivel productivo de la empresa agropecuaria.

### **2.2.1 Contenido de proteína cruda (PC)**

La capacidad de aportar proteínas por parte de los forrajes es un parámetro de calidad. Las proteínas están constituidas, en promedio, por un 16 % de nitrógeno. De tal forma que si se conoce la cantidad de éste que posee un alimento se puede inferir su contenido proteico. Los análisis se basan en este criterio para realizar las determinaciones. Una vez evaluado el contenido nitrogenado se multiplica el valor obtenido por 6,25, para transformar ese 16 % de nitrógeno en cantidad de proteína (Bassi, 2000).

El análisis más difundido para determinación de proteína cruda a partir del contenido de nitrógeno fue propuesto por Kjeldhal, pero existen otros que basan su desarrollo en el mismo fundamento con técnicas más recientes. Tal es el caso de la metodología propuesta por Dumas, mucho más moderna y menos contaminante (Bassi, 2000).

### **2.2.2 Contenido de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD)**

La fibra es un producto analítico con características nutricionales que describe a aquellos componentes del forraje de baja solubilidad en un sistema de solventes específicos (detergente ácido y neutro) y son relativamente menos digestibles que el almidón. Este sistema reconoce dos fracciones: la primera fracción corresponde al contenido celular, compuesta por carbohidratos no estructurales, lípidos, la mayor parte de proteínas y fibra soluble. La segunda fracción (insoluble en detergente neutro-fibra ácido detergente) corresponde a

la pared celular insoluble cuya disponibilidad esta controlada por las características estructurales que ligan a la celulosa, hemicelulosas y lignina (Ramírez *et al.*, 2002).

## **2.3 Abonos Orgánicos**

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque debido a su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000). Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980).

En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas; someter el terreno a un intenso laboreo y compresión mecánica tiende a deteriorar la estructura. Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Castellanos, 1982).

### **2.3.1 Importancia de los abonos orgánicos**

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos (Cervantes, 2000).

No se puede negar la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental. Con estos abonos, se aumenta la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales se aportan posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos.

Por otro lado, la fabricación de los abonos orgánicos es de gran relevancia en el manejo de los desechos, ya que reduce el volumen y la demanda de oxígeno de estos, mejora sus características físicas y facilita su

manipulación; al mismo tiempo se reduce la cantidad de patógenos perjudiciales para humanos, animales y plantas (Coyne, 2000).

Actualmente, se están buscando nuevos productos en la agricultura, que sean totalmente naturales. Existen incluso empresas que están buscando en distintos ecosistemas naturales de todas las partes del mundo, sobre todo tropicales, distintas plantas, extractos de algas, etc., que permitan desarrollar tecnologías de avanzada en la producción de fertilizantes de origen orgánico; además de buscar distintos sistemas que les permiten crecer y protegerse de enfermedades y plagas a estas plantas (Cervantes, 2000).

### **2.3.2 Propiedades de los abonos orgánicos**

Según Cervantes (2000), los abonos orgánicos tienen unas propiedades que ejercen unos determinados efectos sobre el suelo, que hacen aumentar la fertilidad de este. Básicamente, actúan en el suelo sobre tres tipos de propiedades:

#### Propiedades físicas

- El abono orgánico por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes.
- El abono orgánico mejora la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- Mejoran la permeabilidad del suelo, ya que influyen en el drenaje y aireación de este.
- Disminuyen la erosión del suelo, tanto hídrica como eólica.
- Aumentan la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega, y retienen durante mucho tiempo el agua en el suelo durante el verano.

#### Propiedades químicas

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

### Propiedades biológicas

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

## **2.4 Lombricompost**

Formado por la fusión entre sustancias minerales y orgánicas, el suelo es un medio especial, un biotipo extraordinario para numerosos organismos que alberga al grueso de la biomasa del planeta. Dentro de la macrofauna del suelo, el grupo más importante es el de las lombrices de tierra. Las numerosas tareas que cumplen fueron estudiadas por Darwin y luego continuadas y profundizadas desde hace 40 años. Su número puede ser considerable, más de diez millones por hectárea que equivale a más de 2 toneladas de lombrices. A menudo en las praderas hay más biomasa de lombrices que de vacas. Sus acciones sobre el suelo son de dos clases: mecánicas y químicas (Bravo, 2003). Un residuo orgánico, con el adecuado laboreo, inoculación y compostización, que es puesto como sustrato y hábitat para la lombriz californiana, es transformado por ésta, en una extraordinaria enmienda fertilizadora. La acción de la lombriz en su proceso digestivo produce un agregado notable de bacterias que actúan sobre los nutrientes macromoleculares, elevándolo a estados directamente asimilables por las plantas, lo cual se manifiesta en notables respuestas de las cualidades organolépticas de frutos y flores, como así también resistencia a los agentes patógenos. El humus de lombriz, favorece la formación de micorrizas y acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color. Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas al ataque de plagas y patógenos como también la resistencia a las heladas. Así también, la acción de la lombriz, en su contacto físico con el sustrato, transmite con su mucosa particulares características que favorecen al estado coloidal del producto final para su acción dinamizadora de los suelos de cultivo. La acción microbiana emergente del humus de lombriz hace asimilable para las plantas materiales inertes como fósforo, calcio, potasio, magnesio,

como también microelementos, fijando microorganismos simbióticos y el nitrógeno atmosférico. Entre otras características fisiológicas de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*), las glándulas calcíferas de estos organismos segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido-básico, tendiendo a neutralizar los valores del pH. Estas y otras particularidades inherentes al proceso digestivo de la lombriz, hace que el producto por ella elaborado tenga una acción como enmienda, fertilizadora y fitosanitaria muy superior a un compost. También el humus de lombriz tiene un mayor tiempo de elaboración, condicionado a los inalterables ritmos biológicos de la lombriz (Bravo, 2003).

Entre otras de sus características el lombricompost no se fermenta ni se pudre gracias a su gran bioestabilidad, pues contiene una elevada carga enzimática y bacteriana. Este producto correctamente aplicado influye directamente sobre la germinación y desarrollo de plantas aumentando la resistencia a plagas e impidiendo el desarrollo de hongos indeseables y económicamente perjudiciales. A su vez, se ha calculado que el humus de lombriz rinde cinco a seis veces más que el estiércol común y su utilización rebaja hasta un 40% los costos de fertilización (Ubarri, 2003)

En cuanto al valor nutritivo del lombricompost producido en ITCR, existen reportados porcentajes de N, P, K de 2,5; 1,7 y 1,2 respectivamente, y porcentajes de 4,7% de Ca, 1% de Mg y 0,9% de Fe (Castillo, 2002).

#### **2.4.1 Preparación de lombricompost**

El proceso de producción de lombricompost de acuerdo a las condiciones en las que se lleva a cabo en el Instituto Tecnológico de Costa Rica es la siguiente: primero, se remueven materiales que han sido elaboradas previamente en el proceso de compostaje, esto para liberar espacio y establecer la nueva composta y de esa manera se pueda realizar sin que se tengan obstáculos que limiten el trabajo, pero esa remoción se hace con el fin de que la composta tenga una buena circulación de aire y se mezclen los materiales entre sí, y como consecuencia ocurra una degradación mayor y homogénea de las compostas (Castillo, 2002).

Siguiendo el paso anterior se pone una capa delgada de aserrín (de un cm) que va a ser el encargado de absorber la humedad que puedan contener

los distintos materiales y evitar escurrimientos. Posteriormente se coloca el lirio acuático, la cantidad total promedio que se utiliza en la composta es de 2,3 m<sup>3</sup>, mismo que es llevado en un cubo desde la laguna de oxidación del ITCR, dicho cubo tiene una capacidad de 0,5 m<sup>3</sup>. Se colocan cuatro capas conteniendo cada una todos los materiales mencionados anteriormente. A continuación sigue una capa de pasto y sobre ella una cantidad de estiércol de vaca equivalente a 800 kg aproximadamente (Castillo, 2002).

Una vez que la composta ha sido terminada se deja en el sitio hasta cumplir una semana e inicia su desplazamiento hacia delante con el fin de mezclar los materiales y permitir la aireación de la composta, éste movimiento se da cada semana y tiene el propósito ya mencionado, hasta que finalmente cumple con las seis semanas (Castillo, 2002).

Al final del proceso de compostaje, a la sexta semana, los materiales utilizados durante el proceso quedan de manera intacta durante una semana, en la cual se presentan diversos cambios químicos, físicos y biológicos que hacen de las compostas un material apto para la alimentación de las lombrices y de esa manera obtener el abono orgánico (Castillo, 2002).

## **2.5 Estiércol bovino**

La importancia del estiércol como fertilizante orgánico y fuente de fertilidad del suelo ha sido reconocida en todos los tiempos por parte de agricultores y ganaderos.

Incluso el estiércol más barato y peor preparado contiene ciertas sustancias que jamás podrán ser sustituidas por fertilizantes químicos; no obstante, su contenido de nutrientes para la planta varía de forma notable según su procedencia, preparación, oportunidad y sistema de aplicación en el suelo (Juscafresa, 1980).

La edad y características de cada animal o especie, la naturaleza de los alimentos, las condiciones ambientales donde se desenvuelven los animales, la duración del almacenamiento y del manejo del estiércol son factores que pueden alterar por completo su contenido químico y su poder fertilizante (Juscafresa, 1980).

El estiércol, comparado con los fertilizantes químicos, resulta ser relativamente pobre en nutrientes, pero el valor de la materia orgánica que

contiene ofrece una incomparable riqueza, que difícilmente puede lograrse con ninguno de los fertilizantes inorgánicos (Juscafresa, 1980).

Bertcsh (1998) indica que un estiércol bovino posee una composición aproximada de 1,6% de N, 1,2% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,8% de K<sub>2</sub>O, 2,2% de CaO y 1,1% de Mg. Por otro lado, Lampkim (2001) reporta que el estiércol bovino puede tener composiciones de nutrientes de 0,6% de N, 0,3% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 0,7% de K<sub>2</sub>O, con un contenido aproximado de 25% de materia seca. Además, este mismo autor afirma que una vaca lechera de 500 kg produce hasta 41 kg de heces y orina al día, lo que significaría una gran disposición de material para abonamiento.

### **3 MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Localización del experimento**

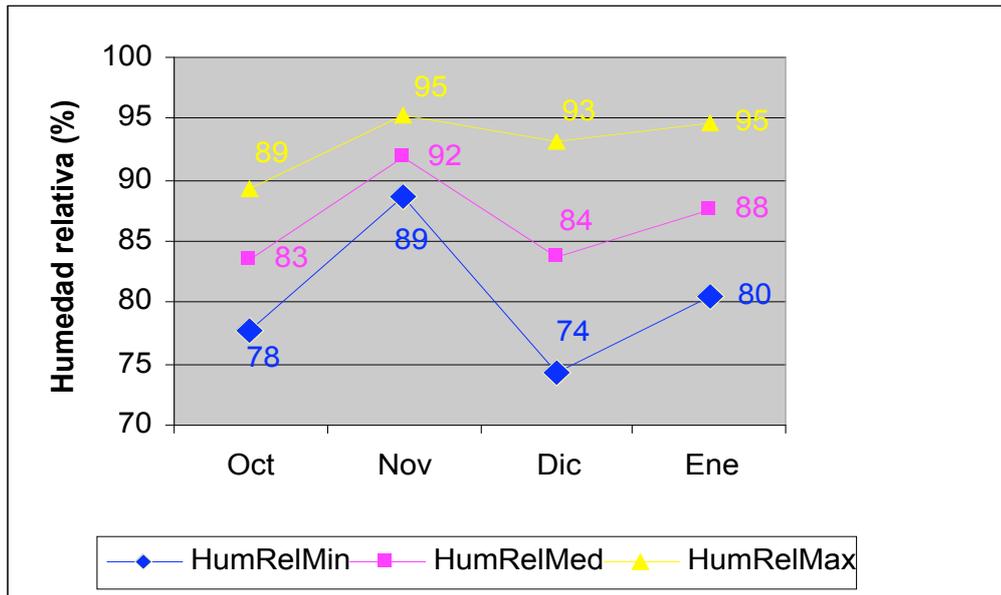
La investigación se llevó a cabo en la provincia de Alajuela, cantón San Carlos, distrito de Florencia, caserío de Santa Clara. Específicamente, el área experimental estuvo ubicada en Finca La Esmeralda, propiedad del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Santa Clara se encuentra situada geográficamente entre 10° 20' latitud norte y 84° 32' longitud oeste a una altura de 170 msnm.

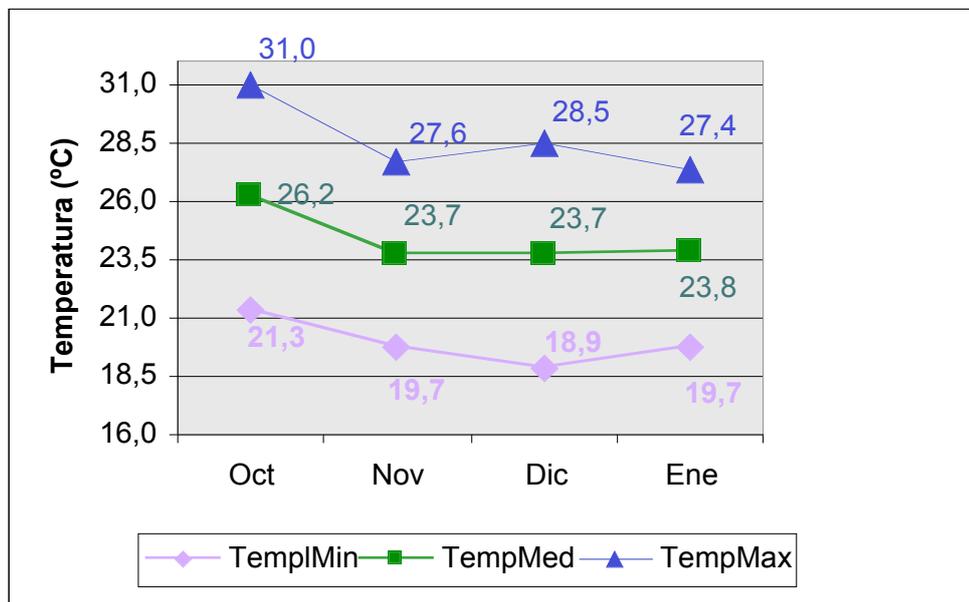
#### **3.2 Condiciones climáticas**

La región se clasifica bioclimáticamente como Bosque Tropical Húmedo, transición a muy húmedo (Holdridge, 1987).

La temperatura promedio anual registrada corresponde a 25°C, una precipitación promedio anual de 3100 mm y una humedad relativa promedio de 87%. En la estación meteorológica ubicada en el ITCR, Santa Clara, específicamente en el ITCR, se registró durante los meses de noviembre del 2005 a enero del 2006, período en que se realizó el ensayo, una temperatura media de 23,3 °C, una precipitación de 301,6 mm/mes y una humedad relativa de 87%, figuras 1 y 2 (Alvarado R., 2006).



**Figura 1** Promedios mensuales de humedad relativa registrados durante el período del ensayo. Instituto Metereológico Nacional, Estación Metereológica de Santa Clara Santa Clara, San Carlos. 2006.



**Figura 2.** Promedios mensuales de temperatura registrados durante el período del ensayo. Instituto Metereológico Nacional, Estación Metereológica de Santa Clara. Santa Clara, San Carlos. 2006.

### 3.3 Período experimental

El período experimental estuvo comprendido desde el 16 de junio del 2005, momento en que sembraron las semillas en bandejas; hasta el 18 de enero del 2006, con la última cosecha.

### 3.4 Material experimental

El material experimental estuvo constituido por dos fuentes de fertilizantes orgánicos. Una de ellas, el lombricompost elaborado en la sede San Carlos del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Este material presenta valores promedio de humedad de 75,5 %, una temperatura de 42,5 °C y un pH de 7,8. (Castillo, 2002). El otro fertilizante orgánico estuvo constituido por estiércol fresco de bovino de leche, caracterizado por una humedad de 80 % y un pH entre 8,1 y 8,5 (Capulín *et al*, 2001). La alimentación de estos bovinos se basa en el consumo de forrajes, como *Arachis pintoi* y *Cynodon nlefuensis*, y de concentrado en un proporción de 4:1 (por cada 4 litros de leche producidos un kilogramo de concentrado). Ambos materiales se encontraban disponibles en la lechería de finca La Esmeralda propiedad del ITCR.

En los cuadros 1 y 2 se describen los contenidos de nutrientes aportados por cada una de las fuentes orgánicas y el suelo utilizados en el ensayo.

**Cuadro 1.** Contenido de nutrientes totales en el suelo, lombricompost y boñiga fresca, según la metodología de Olsen modificado y KCL. Santa Clara San Carlos. 2006

Fuente	N	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	mg/l						mg/l				
Suelo		296,4	2436,0	379,2	8,0		73,0	12,0	3,1	51,0	
Lombricompost	29900,0	30100,0	49800,0	12000,0	18300,0	7300,0	11623,0	139,0	670,0	850,0	41,0
Boñiga Fresca	4000,0	1200,0	2900,0	800,0	1200,0	400,0	367,0	4,0	15,0	52,0	2,0

**Cuadro 2.** Contenido de nutrientes disponibles en el suelo, el lombricompost y la boñiga fresca, según la metodología de extracción en agua. Santa Clara, San Carlos. 2006.

Fuente	N NH4	N NO3	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn	Na
	mg/l						mg/l				
Suelo	1,40	6,58	296,00	30,90	12,70	2,30	14,80	0,10	0,10	0,60	
Lombricompost	0,87	493,14	617,00	118,80	109,70	22,50	2,20	0,40	0,60	0,90	
Boñiga Fresca	404,50	3,65	1914,90	881,90	829,70	227,10	3,28	0,35	0,47	1,49	362,43

### 3.5 Tratamientos experimentales

El ensayo consistió en la prueba de once tratamientos correspondientes a cinco dosis crecientes de dos fertilizantes orgánicos (lombricompost y boñiga fresca), más un testigo absoluto.

Los once tratamientos fueron replicados cuatro veces y asignados según un diseño irrestricto al azar, cuyo modelo matemático es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Respuesta del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

$\mu$  = Media general.

$E_{ij}$  = Error experimental.

Las fuentes de variación y los grados de libertad asociados con el diseño experimental se presentan en el Cuadro 3. Las dosis de lombricompost y boñiga (estiércol fresco bovino) se presentan en el Cuadro 4.

**Cuadro 3.** Fuentes de variación y grados de libertad para el estudio del efecto de cinco dosis crecientes de lombricompost y estiércol fresco sobre la producción y valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo bajo condiciones controladas, Santa Clara, San Carlos. 2006.

Fuente de variación	Grados de libertad
Efecto de tratamientos	10
Error experimental	33
Total	43

**Cuadro 4.** Descripción de los once tratamientos de la evaluación de seis dosis crecientes de lombricompost y boñiga bovina en condiciones controladas. Santa Clara, San Carlos. 2006.

Tratamiento	Cantidad MS t/ha	Lombricompost		Tratamiento	Boñiga	
		Cantidad *PF t/ha	Dosis *PF g/maceta		Cantidad *PF t/ha/	Dosis *PF g/maceta
<b>1</b>	0	0,0	0,0	<b>1</b>	0,0	0,0
<b>2</b>	20	25,1	249	<b>7</b>	34,7	344
<b>3</b>	40	50,3	499	<b>8</b>	69,3	688
<b>4</b>	60	75,4	748	<b>9</b>	104,0	1032
<b>5</b>	80	100,5	998	<b>10</b>	138,6	1376
<b>6</b>	100	125,6	1247	<b>11</b>	173,3	1720

\* Peso fresco necesario para que las dosis posean igual cantidad de materia seca por área.

### 3.6 Unidad experimental

Las unidades experimentales estuvieron conformadas por cada una de las 44 macetas conteniendo el sustrato evaluado y la planta indicadora. Las macetas utilizadas fueron de 35,56 cm de diámetro, 22,5 cm de profundidad, 0,1 m<sup>2</sup> de área, 22,3 l de volumen y una capacidad de 20 kg de suelo.

Las unidades experimentales fueron aleatoriamente distribuidas en cuatro hileras (0,5 m entre hileras y 0,3 m entre macetas).

Los tratamientos fueron mantenidos dentro del invernadero y dispuestos de este a oeste para mayor aprovechamiento de la luz solar (figura 3)

Se tomó como planta indicadora del efecto de los tratamientos la gramínea forrajera *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, debido a que es una especie promisoriosa para los sistemas de pastoreo de la región.

Cada maceta contuvo dos plantas como será descrito en la sección 3.7.4.



**Figura 3.** Disposición del material experimental dentro del invernadero, ITCR, Santa Clara, San Carlos. 2006.

### **3.7 Procedimiento**

#### **3.7.1 *Análisis de suelo***

Se tomó una muestra de suelo que se utilizó como sustrato en el ensayo y fue enviada al laboratorio de CAFESA para un análisis químico con la metodología de Olsen modificado y KCL (Cuadros A 17 y A 18).

#### **3.7.2 *Análisis de abonos orgánicos***

Una muestra de lombricompost y una de boñiga de bovino se enviaron a los laboratorios de CAFESA y del CIA para determinar la presencia y cantidad de nutrientes contenidos y se analizó mediante la metodología de digestión húmeda en EA plasma, el N se obtuvo por el método de combustión seca en Analizador de N. Para conocer cuales eran los nutrientes que se encontraban inmediatamente disponibles se utilizó el método de extracción con agua o medio de crecimiento, para determinar los nutrientes libres disponibles a corto plazo (Cuadros A 19 y A 20).

### **3.7.3 Siembra**

La siembra se hizo en bandejas de 162 huecos, de dos a tres semillas por hueco, utilizando como sustrato suelo fértil hasta que alcanzaron el vigor necesario para realizar el transplante a la maceta (alrededor de 22 días).

### **3.7.4 Transplante**

Inicialmente las plántulas obtenidas de la siembra en bandeja fueron utilizadas en un transplante inicial a las macetas y cuando estas plantas llegaron a una edad de alrededor de 60 días se tomaron tallos con similitudes en cuanto a desarrollo vegetal y radical para realizar otro transplante a bolsas negras con un medio fértil, donde se obtuvieron plantas de aceptable homogeneidad las cuales fueron nuevamente transplantadas a macetas, dos plantas en cada una de ellas. Al momento de realizar el último transplante a la maceta se escogieron las plantas con mayor similitud y se sacudió la raíz antes de hacer dicho transplante con el fin de remover todo el medio posible para de esta manera minimizar el efecto de este sobre las plantas indicadoras y no incorporar un error adicional en el efecto real obtenido de los tratamientos sobre el pasto. Se colocaron dos plantas por maceta para simular una densidad de 200 000 plantas por hectárea.

### **3.7.5 Fertilización**

La fertilización se aplicó por única vez incorporando el material fertilizante a una mezcla de suelo y arena, en una proporción de 1:1, para reducir el efecto del suelo, justo antes de realizar el transplante de las plántulas de pasto Toledo a las macetas. Las cantidades a aplicar dependieron de la dosis y fuente del tratamiento (Cuadro 2).

### **3.7.6 Manejo del agua**

El agua se aplicó mediante el uso de una regadera una vez al día a capacidad de campo y esta se determinó en 2,0 litros de agua, ya que se observó saturación de agua en todos los casos. Además, se revisó el agua cada 15 días, colocando debajo de diez macetas escogidas al azar un recipiente para recolectar el exceso de agua y medirlo, de esta forma se pudo determinar si se necesitaba adecuar la cantidad de agua a las exigencias hídricas de las plantas.

### **3.7.7 Muestras**

Cada muestreo consistió en la cosecha de la biomasa del área total en cada maceta, a una altura de 12 cm.

## **3.8 Variables a evaluar**

Las variables a evaluar fueron aquellas de mayor importancia agronómica como lo son:

### **3.8.1 Producción de materia seca**

La biomasa aérea cosechada en cada maceta fue secada en un horno de aire forzado a 55 °C por 96 horas. El peso parcialmente seco fue tomado una vez que a las muestras les fue permitido equilibrarse como la humedad ambiente por 12 horas. Posteriormente, cada muestra fue molida en un Molino Wiley con una criba de 1 mm.

### **3.8.2 Porcentaje de proteína cruda**

El contenido de nitrógeno en cada muestreo fue determinado por el método micro-Kjeldahl (Muller, 1961) realizado por los laboratorios de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos RL.

### **3.8.3 Determinación de fibra neutro y ácido detergente**

La determinación de la fibra neutro detergente y ácido detergente se hizo mediante el método descrito por Van Soest y Robertson (1985). Los análisis fueron realizados en los laboratorios de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos RL.

Tanto en el caso del porcentaje de proteína cruda como en el de las fibras se hizo una mezcla física por partes iguales de las repeticiones para muestreo debido a falta de recursos económicos; por tanto los datos fueron sometidos al análisis estadístico según el diseño utilizado.

## **3.9 Análisis de los datos**

La información fue analizada utilizando el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (SAS, 1999). Las medias de los tratamientos fueron generadas con la opción LSMEANS y las comparaciones de medias mediante la opción PDIFF. Las medias de grupos de tratamientos fueron separadas usando contrastes ortogonales (opción CONTRAST). Las comparaciones fueron control vs. fertilización orgánica, control vs. lombricompost, control vs. boñiga fresca y lombricompost vs. boñiga fresca.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

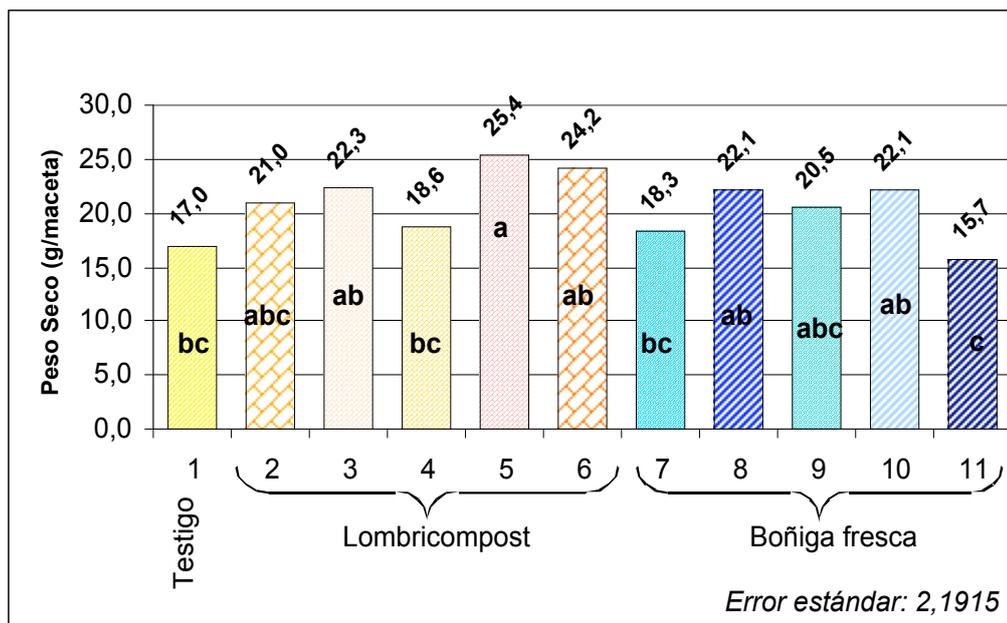
### 4.1 Efecto de las dosis crecientes de lombricompost y boñiga fresca sobre la producción de materia seca de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo

El análisis del efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca (MS) del pasto Toledo se realizó mediante el ANDEVA y la prueba de medias LSMEANS a los 30, 60 y 90 días después del transplante (ddt), se analizaron además los contrastes entre el testigo y ambas fuentes fertilizantes, con cada una de ellas y entre ellas. Otros efectos como el de la fecha y de la interacción del tratamiento-fecha también se tomaron en cuenta. Además se determinó la tendencia que mejor describió el comportamiento de la producción de materia seca según la fuente orgánica utilizada, mediante contrastes ortogonales.

#### 4.1.1 Producción de materia seca a los 30, 60 y 90 días después del transplante

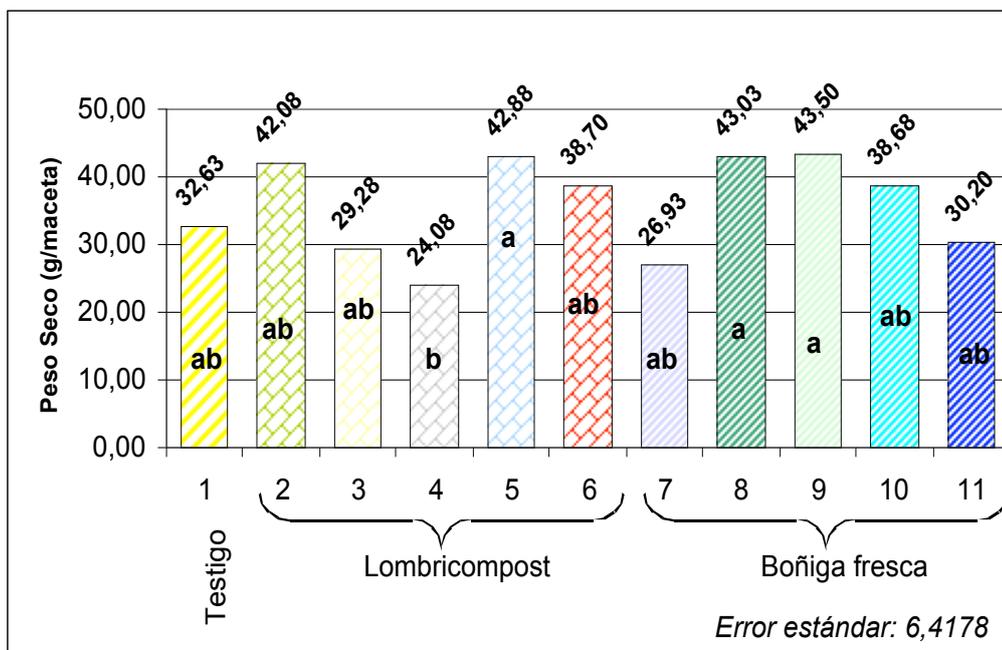
Según el ANDEVA no existen diferencias significativas por efecto del tratamiento sobre la producción de MS del pasto Toledo 30 días después del transplante (ddt) ( $P=0,0865$ , Cuadro A 1). Sin embargo, al aplicar la prueba de medias (LSMEANS) se encontraron diferencias entre varias de las medias de los tratamientos (Cuadro A 2). Zar (1999), cree que el ANDEVA no es definitivo en todos los casos ya que cuando la variación es alta entre las repeticiones este puede no detectar las diferencias.

Los valores de producción de MS cosechada a los 30 ddt variaron entre 25,4 g y 15,7 g para los tratamientos con dosis de 998 g/maceta de lombricompost y 1720 g/maceta de boñiga fresca, respectivamente. Cabe mencionar que los 1720 g/maceta de de boñiga corresponde al tratamiento más elevado de esta fuente y no presenta diferencias con el testigo, ni con los tratamientos 2 y 4 compuestos por dosis de 249 y 748 g/maceta de lombricompost, respectivamente. (Figura 4). Las diferencias existentes durante este muestreo parecen no obedecer a la dosis o fuente orgánica de la que provienen.



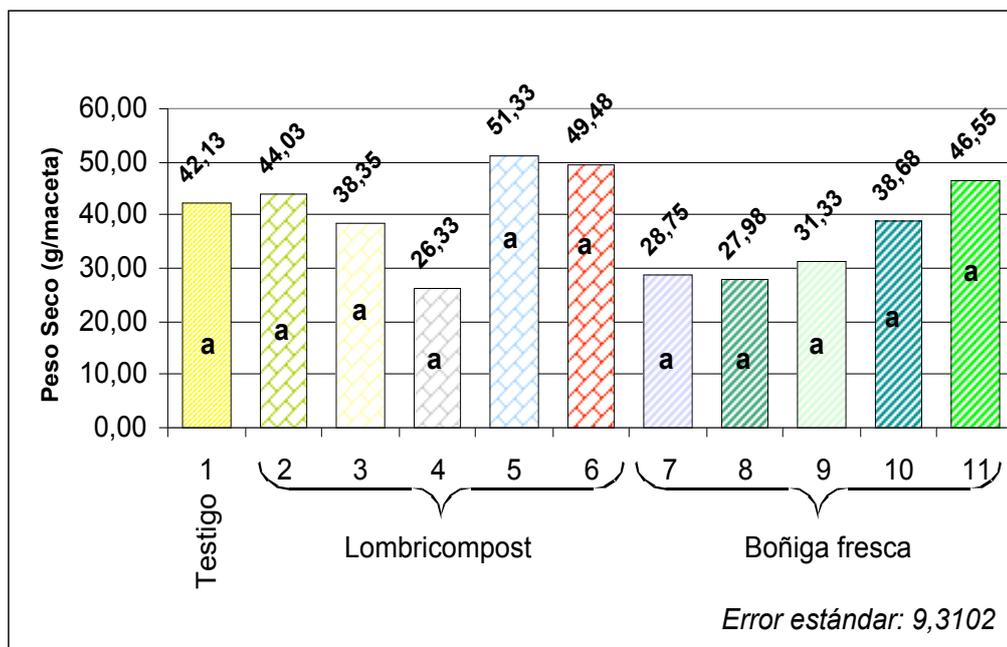
**Figura 4.** Producción de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo en el primer muestreo (30 ddt) obtenido por cada tratamiento. Santa Clara, San Carlos. 2006.

Durante el segundo muestreo el ANDEVA indicó que no existió efecto de tratamiento sobre la producción de MS del pasto Toledo ( $P=0,2940$ ; Cuadro 1). La producción de MS del Toledo se mantuvo entre 24,1 g/maceta y 42,8 g/maceta cuando se utilizaron dosis de 748 y 998 g/maceta de lombricompost (tratamientos 4 y 5, respectivamente), y según la prueba de medias LSMEANS existen diferencias significativas entre ambas (Figura 5; Cuadro A 3). Además, se encontraron diferencias del uso de 748 g/maceta de lombricompost con dosis de 688 y 1032 g/maceta de boñiga fresca, y estas parecen no ser causadas por efecto de los tratamientos, ya que estas diferencias no siguen un patrón determinado por las dosis crecientes de lombricompost o boñiga fresca.



**Figura 5.** Producción de MS de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo obtenido por cada tratamiento en el segundo muestreo (60ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.

Con el último muestreo a los 90 días después del transplante (ddt) la producción de MS del pasto Toledo osciló entre 26,3 g/maceta y 51,3 g/maceta, sin embargo, no se obtuvo efecto debido a los tratamientos ( $P=0,5259$ ) Además al correr la prueba de medias (LSMEANS), esta no mostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tratamientos (Figura 6, Cuadro A 4).



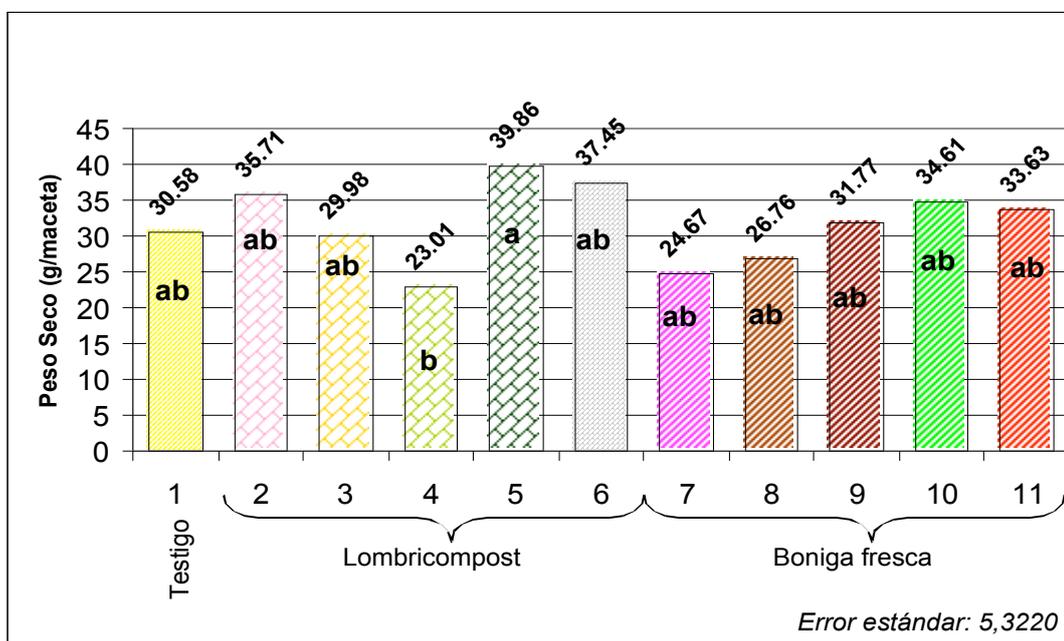
**Figura 6.** Producción de MS de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo obtenido por cada tratamiento en el tercer (90 ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.

Al cabo de los tres muestreos no se encontraron efectos debidos a los tratamientos, y según lo muestran los ANDEVAS las probabilidades de detectar diferencias se hicieron menores con el paso del tiempo (Cuadro A 1). Este comportamiento pudo deberse a la baja proporción entre la cantidad del tratamiento y el sustrato utilizados, problema introducido al incorporar los tratamientos a la mezcla, diluyendo la concentración de estos, lo cual pudo afectar el efecto esperado, ya que en muchos casos la disponibilidad de los nutrientes aportados por el volumen del suelo (11,2 l) era mayor que los aportados por las dosis crecientes de lombricompost y boñiga fresca; tal como en el caso de los elementos menores (Fe, Cu, Zn y Mn) (Cuadro A 16). Por otro lado, el abundante riego pudo lixiviar muchos de los nutrientes presentes en las macetas provocando que no existiera efecto de los tratamientos sobre la producción de MS del pasto Toledo.

#### **4.1.2 Producción promedio de materia seca de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo.**

La producción promedio de MS se mantuvo dentro del rango de 23,0 y 39,9 g/maceta de Pasto Toledo, la prueba de medias (LSMEANS; Cuadro A 5)

indicó que solo existieron diferencias entre los dos valores extremos correspondientes al uso de 748 y 998 g/maceta de lombricompost (tratamientos 4 y 5, respectivamente) (Figura 7); mientras el análisis de varianza reveló que no existió efecto de tratamiento ( $P=0,4683$ ; Cuadro A 5). Ni la aplicación de lombricompost ni la de boñiga en sus diferentes dosis tampoco parecieran explicar la diferencia que existe entre los tratamientos 4 y 5.

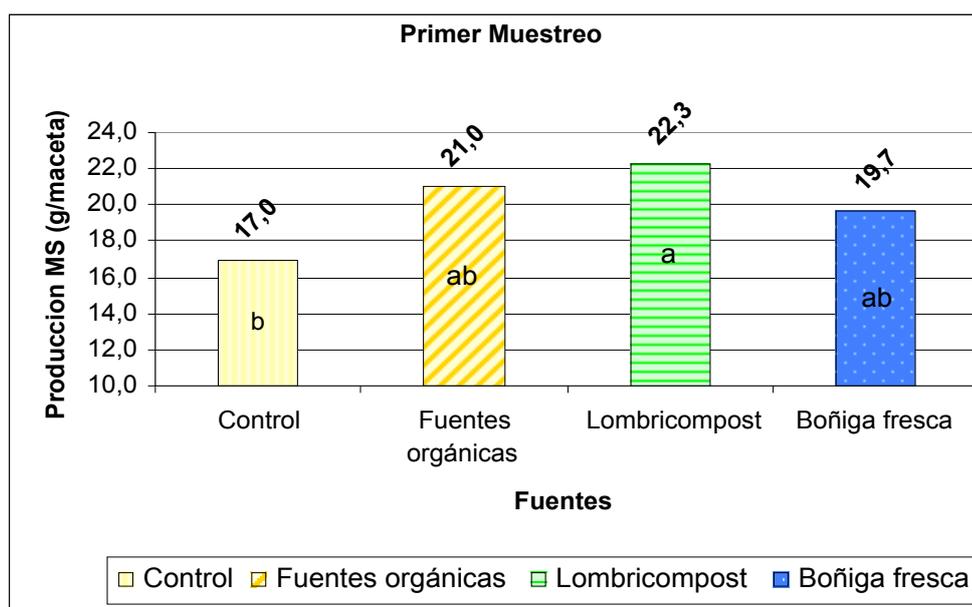


**Figura 7.** Producción promedio por tratamiento de MS de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo bajo condiciones controladas. Santa Clara, San Carlos. 2006.

#### 4.1.3 Efecto de la fuente orgánica sobre la producción de materia seca de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo a los 30, 60 y 90 ddt.

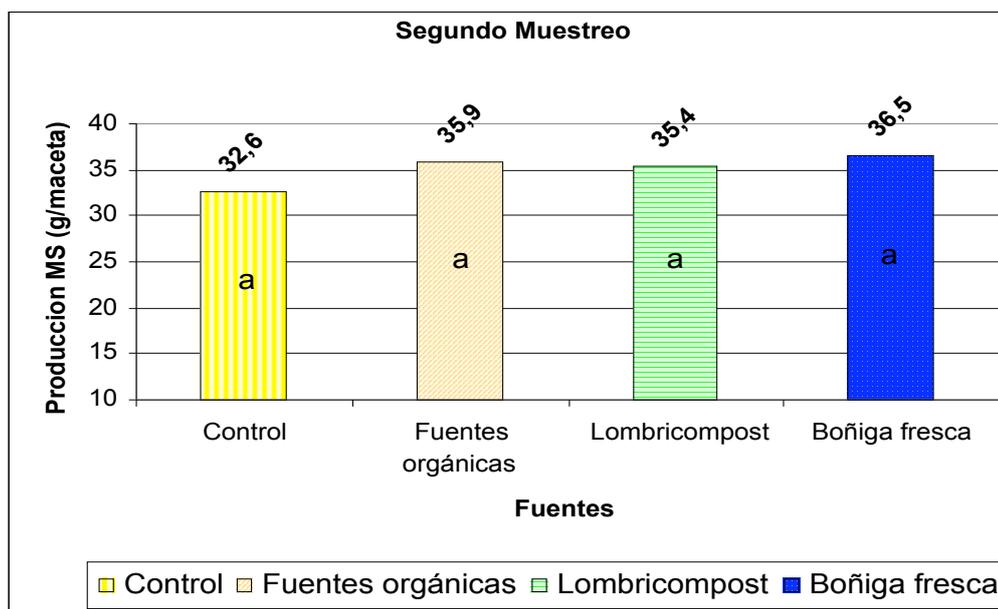
Durante el primer muestreo (30 ddt) el lombricompost y la boñiga fresca, como un solo grupo de comparación, no mostraron diferencias significativas respecto al testigo en su efecto sobre la producción de MS de la planta indicadora ( $P=0,0732$ ). Igualmente no existió diferencias entre la aplicación entre el lombricompost y la boñiga fresca ( $P=0,0898$ ), según la prueba de contrastes (CONTRAST) (Figura 8; Cuadro A 6). En el caso de los tratamientos compuestos por boñiga fresca no se presentaron diferencias con el testigo ( $P=0,2628$ ). Por último, la prueba de contrastes (CONTRAST) sólo detectó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro A 6)

compuestos por el lombricompost y el testigo durante este muestreo (22,3 g/maceta y 17,0 g/maceta, respectivamente) (Figura 8). La mayor disponibilidad de NO<sub>3</sub> contenido en el lombricompost con respecto al suelo pudo haber provocado diferencias entre el tratamiento control y los tratamientos de lombricompost durante el primer muestreo. Aunque de igual manera el contenido de N en la boñiga fresca en forma de amonio (NH<sub>4</sub>) era mayor que en el suelo, en este caso el amonio pudo haber sido mineralizado por los microorganismos presentes y debido a este proceso no haber podido observar el efecto de esta fuente.



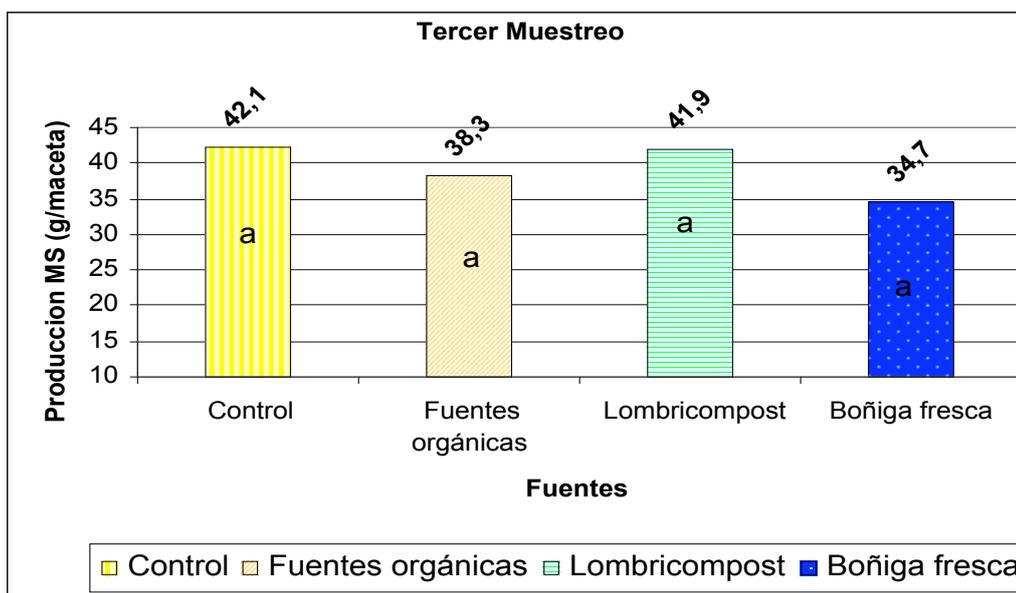
**Figura 8.** Producción de MS del Pasto Toledo según las fuentes orgánicas en el primer muestreo (30 ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.

Para el segundo muestreo (60 ddt) el rango de producción de MS estuvo entre 32,6 g/maceta y 36,5 g/maceta y la prueba de contrastes (CONTRAST) indicó que no existen diferencias entre ninguno de estos valores que se deban al efecto de las fuentes utilizadas, ya que no se detectaron diferencias entre el tratamiento control y el tratamiento de fuentes orgánicas, con una probabilidad de 0,6264 (Cuadro A 6), ni entre el control y los tratamientos de lombricompost (P=0,6956), ni entre el control y los tratamientos que incluían boñiga fresca (P=0,5886) (Cuadro A 6) y tampoco se dieron diferencias entre el uso del lombricompost y el uso de la boñiga fresca (P=0,7947) (Figura 9).



**Figura 9.** Producción de MS del Pasto Toledo según las fuentes orgánicas en el segundo muestreo (60 ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.

La figura 10 muestra que en el tercer muestreo (90 ddt) el efecto del tratamiento control sobre la producción de materia seca es similar a los efectos de ambas fuentes orgánicas ( $P = 0,6961$ ), del efecto del lombricompost ( $P=0,9825$ ) y del efecto de la boñiga fresca ( $P = 0,4691$ ). De igual forma no hubo diferencias entre el efecto de los tratamientos que contenían lombricompost y los que contenían boñiga fresca ( $P=0,2272$ ; Cuadro A 6)

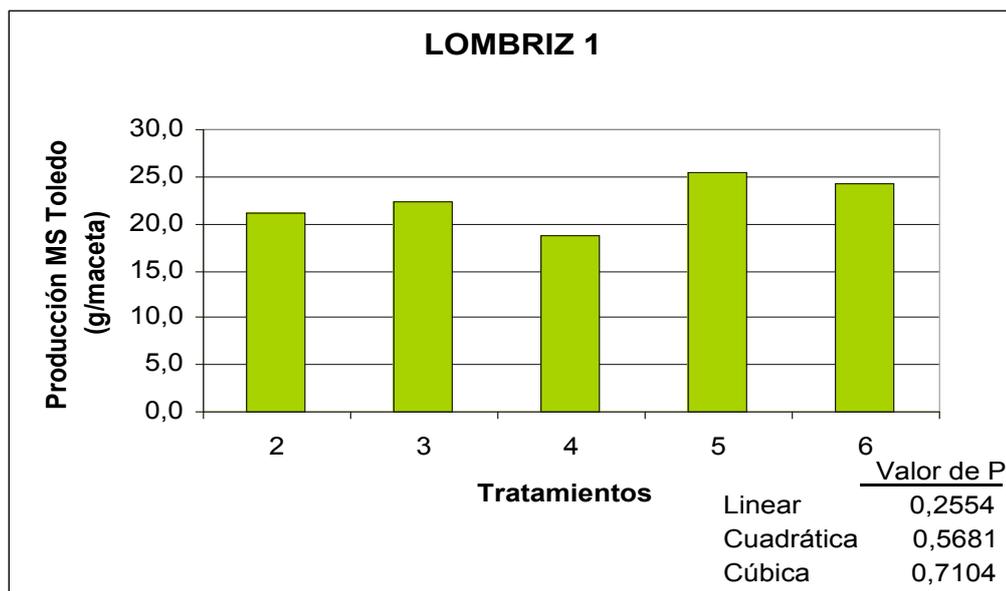


**Figura 10.** Producción de MS del Pasto Toledo según las fuentes orgánicas en el tercer muestreo (90 ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.

Al final de los tres muestreos solo se obtuvieron diferencias entre el lombricompost y el testigo en el primer muestreo, pero con el paso del tiempo estas desaparecieron y en todos los casos las diferencias se hicieron menores (Cuadro A 6). Como se discutió anteriormente, en muchos de los casos la disponibilidad de nutrientes era mayor en el suelo (Cuadro A 16). Aun y cuando los niveles de los elementos reportados por el análisis químicos (Cuadro A 19) eran altos en el lombricompost, según la tabla de niveles críticos por Bertsch (1998), estos no se encontraban inmediatamente disponibles.

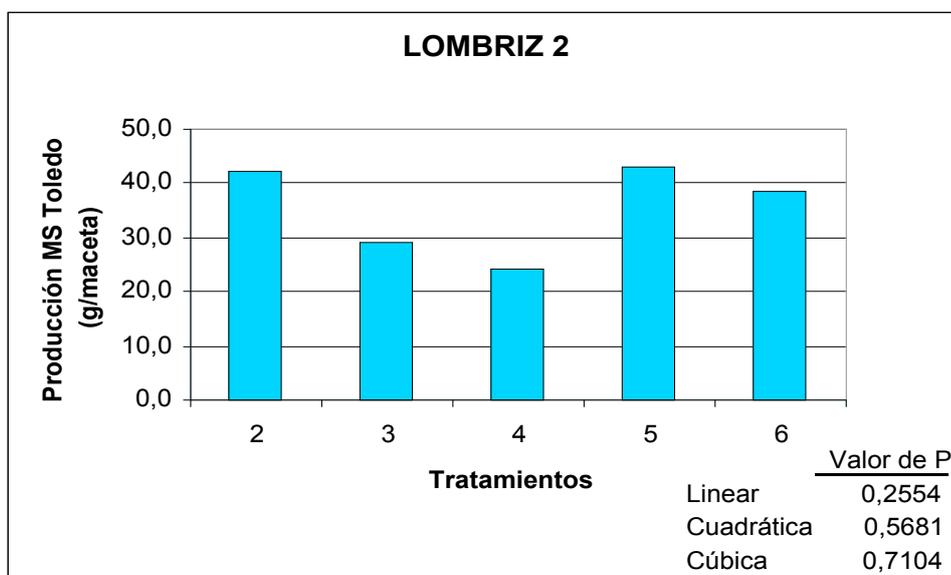
#### **4.1.4 Tendencia de la producción de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo de las fuentes orgánicas fertilizadoras a los 30, 60 y 90 ddt.**

Mediante contrastes ortogonales se buscó la tendencia que se ajustara al comportamiento de los datos durante cada muestreo según la fuente orgánica utilizada en los tratamientos. En el caso del lombricompost, en el primer muestreo (30 ddt) (Cuadro A 7) no se presentó tendencia lineal, cuadrática o cúbica de la producción de MS conforme se incrementó la dosis de la fuente orgánica (Figura 11).



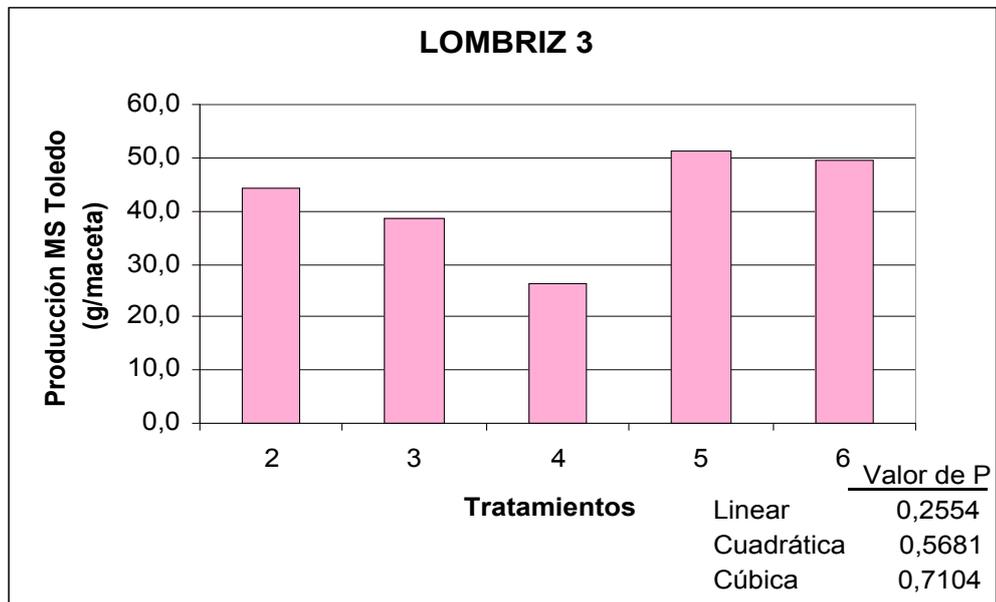
**Figura 11.** Comportamiento de la producción de MS del Pasto Toledo según los tratamientos de lombricompost durante el primer muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

En el segundo muestreo (60 ddt) las dosis crecientes de lombricompost no presentaron una tendencia lineal con  $P=0,7931$ , la cuadrática con  $P=0,1943$  y la cúbica con  $P=0,2519$  que representara su producción de MS de pasto Toledo (Figura 12; Cuadro A 8).



**Figura 12.** Comportamiento de la producción de MS del Pasto Toledo según los tratamientos de lombricompost durante el segundo muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

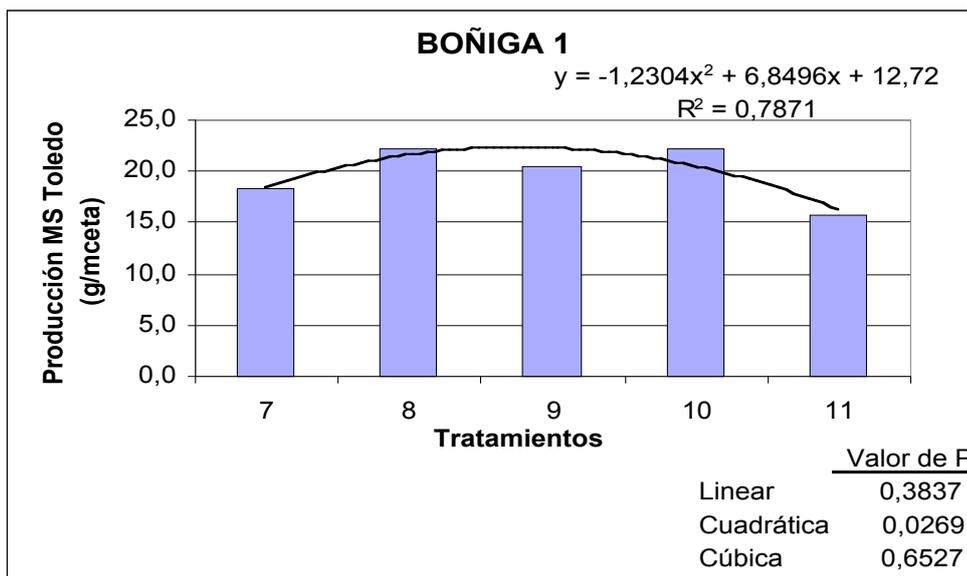
Al igual que en los dos casos anteriores, los contrastes ortogonales en el tercer muestreo (90 ddt) no indican que exista una tendencia que se ajuste a la producción de MS del pasto Toledo por el incremento en las dosis de lombricompost (Cuadro A 9), ya que, cuando se probaron las tendencias lineal, cuadrática o cúbica el valor de la probabilidad fue de  $P=0,4947$ , de  $P=0,2858$  y de  $P=0,5569$ , respectivamente (Figura 13).



**Figura 13.** Comportamiento de la producción de MS del Pasto Toledo según los tratamientos de lombricompost durante el tercer muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

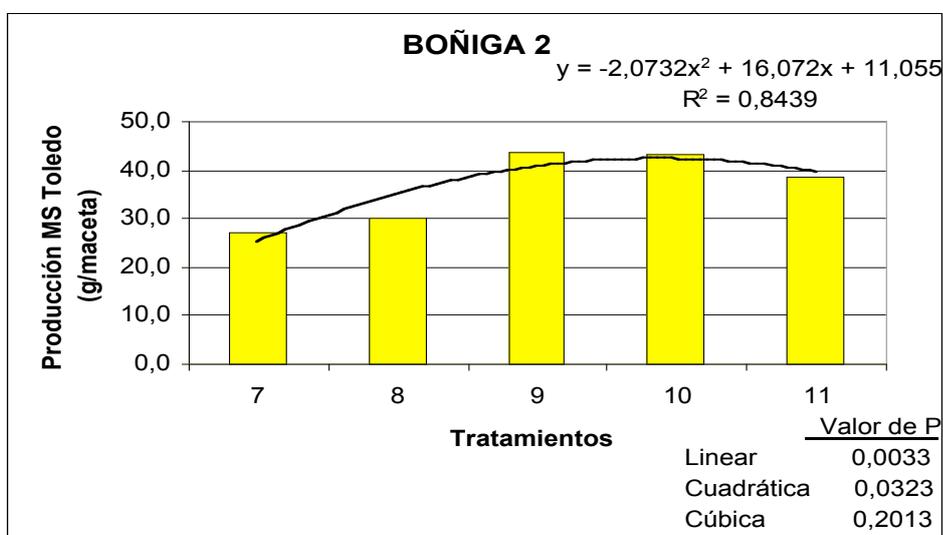
La producción de MS de la planta indicadora no muestra una tendencia que se relacione con el efecto de las dosis crecientes de lombricompost, como lo señala la falta de significancia de los contrastes evaluados. No se presentó un patrón que permitiera predecir el efecto del lombricompost sobre la producción de MS del pasto Toledo.

En los tratamientos compuestos por la boñiga fresca la prueba de contrastes (Cuadro A 7) indica que para el primer muestreo (30 ddt) los datos de peso seco del Pasto Toledo presentan una tendencia cuadrática ( $P=0,0269$ ), con un coeficiente de regresión igual a 0,79 (Figura 14).



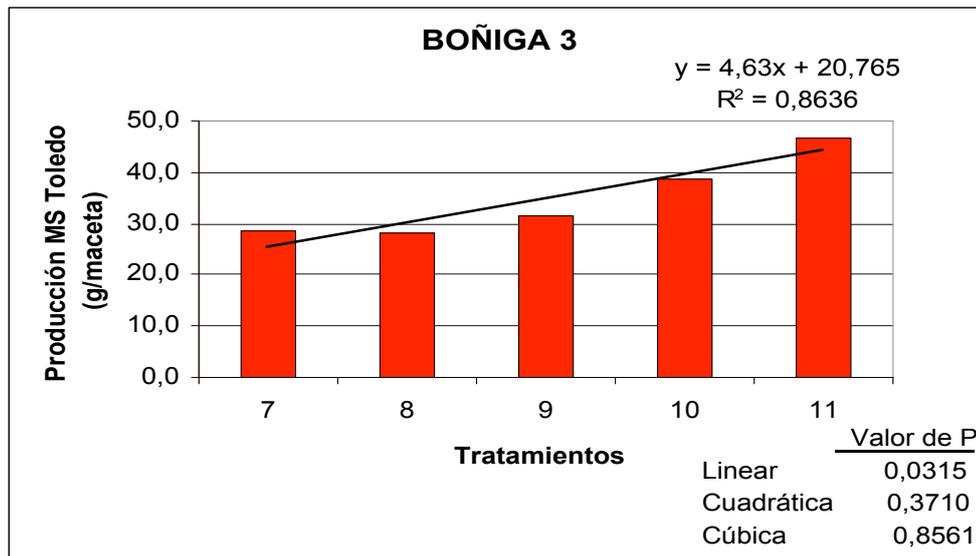
**Figura 14.** Comportamiento de la producción de MS del Pasto Toledo según los tratamientos de boñiga fresca durante el primer muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

En el segundo muestreo la producción de MS de la planta indicadora puede ser descrita por una tendencia de tipo lineal ( $P=0,0033$ ) o cuadrática ( $P=0,0323$ ), pero el coeficiente de regresión indica que la línea que mejor se ajusta es la cuadrática ( $r^2=0,84$ ), ya que este se acerca más a 1 (Figura 15; Cuadro A 8).



**Figura 15.** Comportamiento de la producción de MS del Pasto Toledo según los tratamientos de boñiga fresca durante el segundo muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

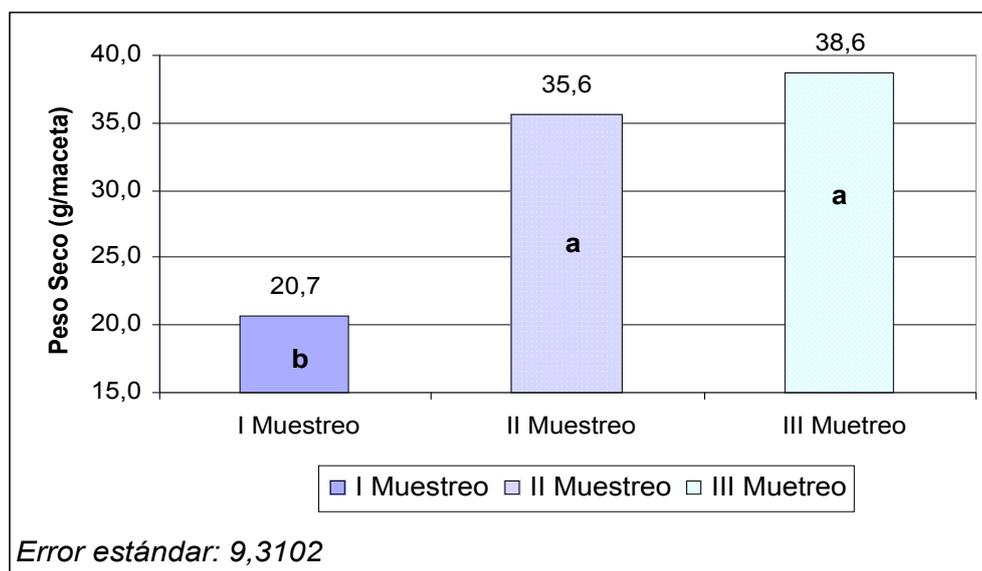
La prueba de contrastes muestra que para el tercer muestreo la tendencia del peso seco del pasto Toledo que mejor se ajusta es la lineal ( $P=0,0315$ ) (Cuadro A 9), con un coeficiente de regresión igual a 0,86 (Figura 16), lo que describe el comportamiento de la producción de MS luego de tres cortes a los 90 ddt y lo que se podría esperar si se utilizan dosis crecientes de boñiga fresca como fuente fertilizante sobre esta *Brachiaria*.



**Figura 16.** Comportamiento de la producción de MS del Pasto Toledo según los tratamientos de boñiga fresca durante el tercer muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

#### **4.1.5 Efecto de la fecha de muestreo sobre la producción de materia seca de *Brachiaria brizantha* cv Toledo a los 30, 60 y 90 ddt.**

En el análisis global, considerando el efecto de fecha de muestreo como fuente de variación, se encontraron diferencias altamente significativas en el peso del pasto Toledo ( $P= 0,0001$ ) entre el primer muestreo a los 30 ddt y el segundo y tercer muestreo, a los 60 y 90 ddt, respectivamente (Figura 17). Estas diferencias pudieron haber sido a causa del transplante, ya que la planta indicadora probablemente aun se encontraba reponiéndose de este proceso llevado a cabo al inicio del ensayo.

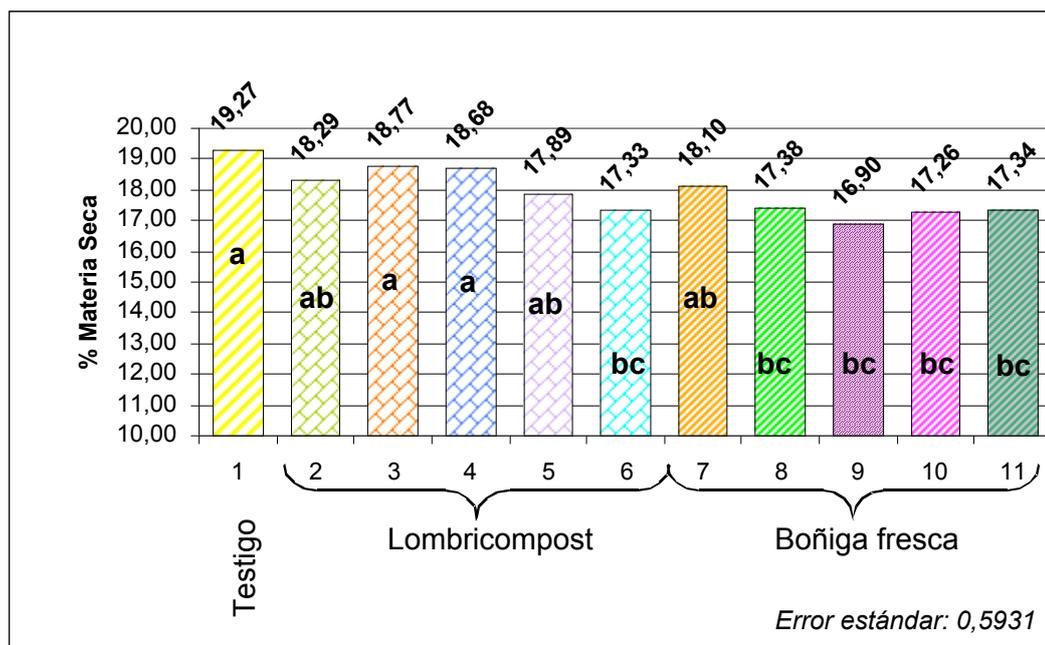


**Figura 17.** Tendencia del peso seco del pasto Toledo durante cada muestreo por efecto de los tratamientos. Santa Clara, San Carlos. 2006.

Si se pudiese extrapolar la producción de materia seca promedio por maceta (área = 0,10 m<sup>2</sup>) de cada muestreo a kg/ha se tendría que esta varía entre 2065 y 3833 kg MS/ha cada treinta días, lo que equivale a una producción diaria de entre 68,8 y 127,8 kg MS/ha, lo que significa una producción de media a alta, ya que según lo reportado por Lobo y Díaz (2001) el pasto Toledo puede llegar a producir hasta 94 kg MS/ha al día.

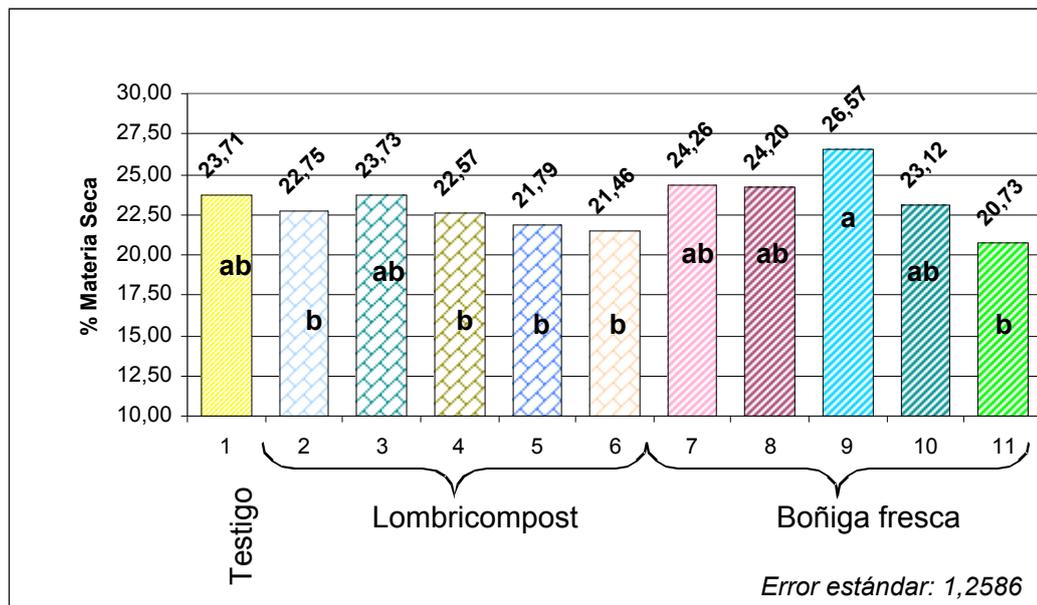
#### **4.1.6 Contenido (%) de materia seca de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo a los 30, 60 y 90 ddt.**

En el primer muestreo (30 ddt) el contenido de materia seca se encontró en un rango de 19,3 % a 16,9 % y no mostró efecto debido a los tratamientos aplicados según lo indica el análisis de varianza (P = 0,1395; Cuadro A 10), pero como en casos anteriores, al realizar la prueba LSMEANS se registran diferencias significativas entre el testigo, dosis de 499 y 748 g/maceta de lombricompost con dosis de 1247g/maceta de lombricompost y todas las dosis de boñiga fresca (tratamientos 8, 9, 10 y 11) a excepción de la dosis de 344 g/maceta de esta fuente (tratamiento 7) (Figura 18; Cuadro A 11).



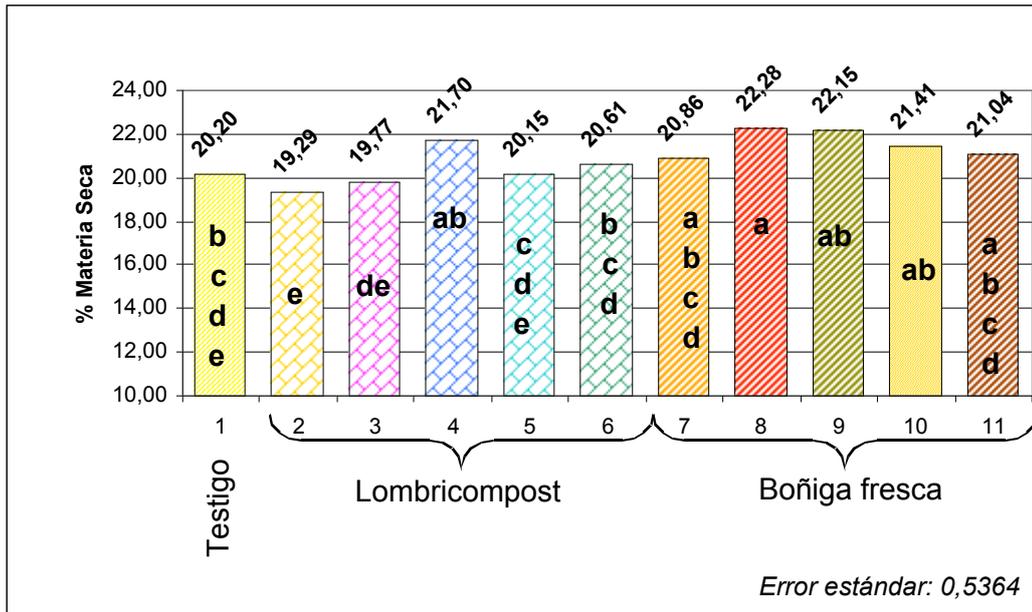
**Figura 18.** Contenido de MS de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo en el primer muestreo obtenido por cada tratamiento. Santa Clara, San Carlos. 2006.

En el segundo muestreo el ANDEVA (Cuadro A 10) indica que no existen diferencias significativas entre el uso de ninguno de los tratamientos ( $P = 0,1434$ ) sobre el porcentaje de materia seca encontrado en el contenido del pasto Toledo. La prueba LSMEANS muestra diferencias entre el uso de dosis de 1032 g/maceta de boñiga fresca y todas las dosis de lombricompost, excepto al usar la dosis de 499 g/maceta de esta fuente (Figura 19; Cuadro A 12). El contenido de MS para este muestreo varió entre 26,6 % y 20,7 %, lo que equivale a un aumento entre un 7,3 % y un 3,8% desde el primer muestreo.



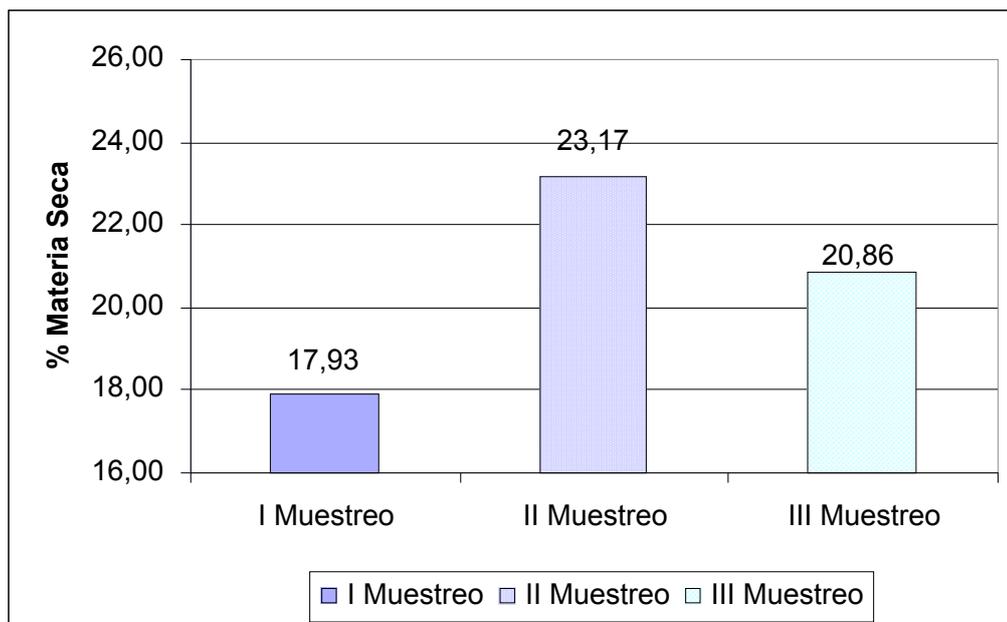
**Figura 19.** Contenido de MS de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo por tratamiento en el segundo muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

El efecto de tratamiento sobre el contenido de MS se hace visible al realizar el último muestreo a los 90 ddt, ya que el análisis de varianza indica el efecto de esta fuente de variación ( $P=0,0049$ ; Cuadro A 10). La prueba LSMEANS muestra que estas existen entre el uso de 688 g/maceta de boñiga fresca y los todas las dosis de lombricompost más el testigo; el uso de 249 g/maceta de lombricompost además presenta diferencias con el resto de las dosis de boñiga fresca (Figura 20; Cuadro A 13). El rango del porcentaje de MS en este caso se mantuvo entre 22,3 % y 19,3 %, tendiendo a bajar en comparación al rango de porcentaje de MS del segundo muestreo. A pesar de no existir diferencias significativas en el efecto de los tratamientos sobre la producción de MS durante el ensayo, según el ANDEVA, el contenido de materia seca en el Pasto Toledo sí mostró efecto del tratamiento, al menos durante el tercer muestreo, siendo en general los tratamientos con boñiga fresca, aquellos que presentan un relativo mayor contenido de MS.



**Figura 20.** Contenido de MS de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo por tratamiento en el tercer muestre. Santa Clara, San Carlos. 2006.

Durante los tres meses en los que se realizó el ensayo se da un incremento del porcentaje de MS durante el segundo corte y tiende a bajar con el tercer corte en la mayoría de los casos, aunque la media de este se encuentra siempre por encima de la del primer muestreo (Figura 21).



**Figura 21.** Tendencia del contenido de MS del Pasto Toledo promedio de todos los tratamientos para cada muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

#### **4.2 Efecto de las dosis crecientes de lombricompost y boñiga fresca de bovino sobre el contenido de proteína cruda (PC), fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo.**

Existen variables que permiten determinar el valor nutritivo de una planta como los contenidos presentes de macro y microelementos, proteína cruda, fibras ácido y neutro detergente, la digestibilidad *in vitro* y más. Estos parámetros se ven afectados por la disponibilidad de nutrientes que tuviese el suelo a la hora de alimentarse la planta por lo que se pueden tomar como indicadores del estado nutritivo del suelo. En este ensayo se utilizaron los porcentajes de proteína cruda (PC), de fibra ácido detergente (FAD) y de fibra neutro detergente (FND) como una referencia del posible efecto de las dosis crecientes de lombricompost y boñiga fresca sobre el valor nutritivo de la planta indicadora.

Debido a la falta de recursos económicos se decidió mezclar las cuatro repeticiones por tratamiento y crear una sola muestra compuesta para los respectivos análisis de laboratorio. Por lo tanto los datos obtenidos se toman como referencia del comportamiento de las variables escogidas para determinar el valor nutritivo del pasto Toledo.

##### **4.2.1 Contenido de PC en el Pasto Toledo a los 30, 60 y 90 ddt..**

El efecto de los tratamientos sobre el contenido de PC varía entre 7,0% y 11,9% en el primer muestreo, cuando se utilizaron 499 g/maceta de lombricompost y 344 g/maceta de boñiga fresca, respectivamente (Cuadro 3). En el segundo muestreo el rango de valores para el porcentaje de PC en el pasto Toledo van desde 6% al usar 499 g/maceta de boñiga fresca y hasta 11,6% cuando se utilizó una dosis de 249 g/maceta de lombricompost. Los valores más altos en el porcentaje de PC se encuentran en el tercer muestreo y estos van desde 8% hasta 12,2% (Cuadro 3). El contenido de PC encontrado en el pasto Toledo según el tratamiento y muestreo está en porcentajes entre medios a bajos, ya que Gamboa, 2004, Lascano *et al*, 2002, Lobo y Díaz, 2001, registran porcentajes de PC que van de 8,7 % a 13,4 %; y se tienen porcentajes de 7 % por contenidos pobres o malos (Lascano *et al*, 2002).

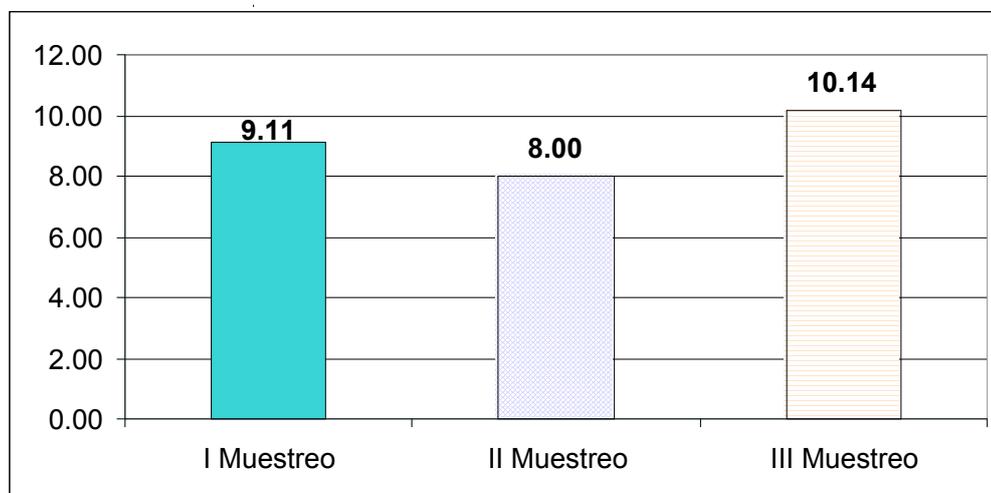
Al observar los resultados obtenidos en cada muestreo por los diferentes tratamientos, pareciera existir una relación en el contenido de PC del pasto Toledo y la fuente aplicada. El promedio de los contenidos de PC obtenidos según la fuente, mostró que durante el primer muestreo este es mayor en los tratamientos que contenían boñiga fresca, pero este grupo es el que tiene las pérdidas más altas de PC durante el segundo muestreo, aunque se elevó al llegar el tercer muestreo (Cuadro 5). El lombricompost es el que obtuvo menor contenido de PC durante el primer muestreo pero este siguió incrementándose con los siguientes muestreos, mismo caso del testigo, el cual durante el segundo (60 ddt) y tercer muestreo (90 ddt) superó a ambas fuentes orgánicas en el contenido de PC del pasto Toledo (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Contenido de PC en el pasto Toledo según el tratamiento, fuente y muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

<b>Contenido (%) de Proteína Cruda</b>				
<b>Fuente</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>I Muestreo</b>	<b>II Muestreo</b>	<b>III Muestreo</b>
Testigo	1	8.90	9.80	11.70
Lombricompost	2	10.00	11.60	12.20
Lombricompost	3	7.00	7.90	12.40
Lombricompost	4	7.00	7.30	8.50
Lombricompost	5	8.10	9.20	12.20
Lombricompost	6	9.50	9.10	8.70
	<i>Promedio</i>	8.32	9.02	10.80
Boñiga fresca	7	8.50	6.00	11.90
Boñiga fresca	8	9.20	5.90	8.40
Boñiga fresca	9	9.90	6.50	7.30
Boñiga fresca	10	10.20	7.50	10.50
Boñiga fresca	11	11.90	7.50	8.00
	<i>Promedio</i>	9.94	6.68	9.22

Globalmente, el contenido de PC disminuye durante el segundo muestreo con respecto al primero y se incrementa nuevamente al cabo del tercer muestreo (Figura 22). El comportamiento que muestra esta variable puede deberse a la mayor liberación de N al principio del ensayo debido a que tanto en el caso del lombricompost como de la boñiga fresca, se hallaba disponible en grandes cantidades (Cuadro A 16), provocando que el porcentaje de PC sea mayor durante el primer muestreo y decaiga durante el segundo, ya que a mayor cantidad de N se incrementa la producción de proteína (Gutiérrez,

1996) (Figura 22). Además, las variaciones en las condiciones del clima, como la intensidad lumínica, la temperatura y la humedad relativa, afectan el contenido proteico dentro de la planta, es decir, periodos con alta intensidad lumínica y baja humedad relativa desarrollan mayor lignificación de los tejidos y en consecuencia una reducción en el contenido de proteína (Gutiérrez, 1996), lo que puede justificar el comportamiento de PC en el ensayo, que desciende durante el segundo muestreo y se incrementa en el tercero. Esto debido a que se dio una baja en la humedad relativa durante el mes de diciembre en el cual se realizó el segundo muestreo y para luego aumentar en el mes de enero coincidiendo con el tercer muestreo (Figura 22), lo que pudo provocar cambios entre las proporciones de la pared celular y el contenido celular en las hojas y tallos del pasto Toledo.



**Figura 22.** Contenido de PC promedio de todos los tratamientos por fecha de muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

#### **4.2.2 Contenido de FAD y FDN en el Pasto Toledo a los 30, 60 y 90 ddt.**

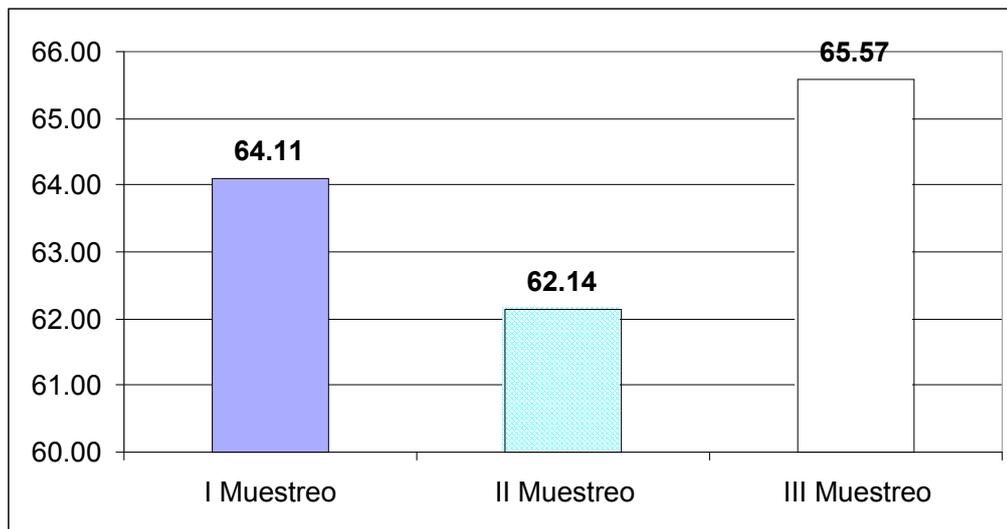
El contenido de fibra neutro detergente está dentro de un rango de 59,3% (1720 g de boñiga fresca) a 68,2% (testigo) durante el primer muestreo (30 ddt), de 60,5% (998 y 1247 g/maceta de lombricompost) a 64,1% (499 g/maceta de lombricompost) durante el segundo muestreo (60 ddt) y de 62,7% (344 g/maceta de boñiga fresca) a 68,9% (748 g/maceta de lombricompost) para el tercer muestreo (90 ddt) (Cuadro 6). Por otro lado, si se toma en cuenta el efecto de la fuente sobre el contenido de FND, el testigo es el que obtuvo los

mayores contenidos de esta variable durante los tres muestreos realizados, tendiendo a decaer durante el segundo muestreo, caso que ocurre también con el lombricompost. La boñiga fresca parece aumentar el contenido de FND en el pasto Toledo de un muestreo a otro, pero esta fuente es la más pobre en contenido de FND durante el ensayo (Cuadro 6). Es importante señalar que aunque la fuente podría haber influenciado el contenido de FND, la variación de esta es marcada entre tratamientos.

**Cuadro 6.** Contenido de FND en el pasto Toledo según el tratamiento, fuente y muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

<b>Contenido (%) Fibra Neutro Detergente</b>				
<b>Fuente</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>I Muestreo</b>	<b>II Muestreo</b>	<b>III Muestreo</b>
Testigo	1	68.20	64.50	68.50
Lombricompost	2	68.10	63.20	64.90
Lombricompost	3	66.20	64.10	64.40
Lombricompost	4	66.30	61.30	68.90
Lombricompost	5	62.80	60.50	63.60
Lombricompost	6	67.10	60.50	66.90
	<i>Promedio</i>	<i>66.10</i>	<i>61.92</i>	<i>65.74</i>
Boñiga fresca	7	62.90	62.10	62.70
Boñiga fresca	8	62.20	62.60	65.90
Boñiga fresca	9	61.40	61.40	66.80
Boñiga fresca	10	60.70	62.20	64.40
Boñiga fresca	11	59.30	61.10	64.30
	<i>Promedio</i>	<i>61.30</i>	<i>61.88</i>	<i>64.82</i>

El porcentaje de FND para el primer muestreo es de 64,1%, disminuye durante el segundo muestreo (62,2%) y aumenta al realizarse el tercero (65,6%) sobre los dos muestreos anteriores (Figura 23). Esto pudo ser consecuencia de la humedad relativa durante el periodo ya que bajan durante el mes del segundo muestreo (Figuras 1 y 2) y parece haber una relación entre el estado del tiempo y el contenido de fibras, esto podría deberse a un cambio en estas condiciones climáticas dentro del invernadero haya provocado que se diera una mayor lignificación de los tejidos estructurales y por ende una reducción en la cantidad de FND encontrada en el momento del muestreo, ya que aun dentro de un invernadero las condiciones climáticas externas afectan las condiciones internas de este, por ejemplo, la temperatura en el interior del invernadero, va a estar en función de la radiación solar.



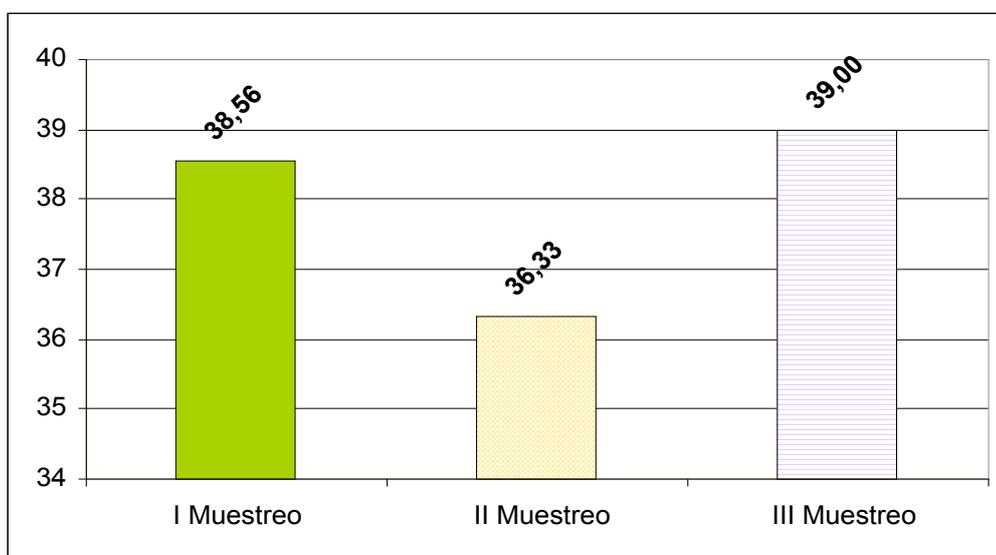
**Figura 23.** Contenido de FND promedio de todos los tratamientos por fecha de muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

En lo que se refiere al contenido FAD el porcentaje de esta para el primer muestreo varía entre 36,6% cuando se utilizó 1720 g/maceta de boñiga fresca (tratamiento 11) y 41,6% al usar 1376 g/maceta de la misma fuente (tratamiento 10). En los resultados de FAD durante el segundo muestreo el contenido más alto (38,1%) y más bajo se hallaron cuando se aplicó 344 y 1720 g/maceta de boñiga fresca. En el caso del tercer muestreo el mayor contenido de FAD se dio al utilizar 1032 g de boñiga fresca y fue de 40,9 % y de menor contenido fue el tratamiento 249 g de lombricompost (37,1 %) (Cuadro 7). Por otra parte, considerando la fuente orgánica utilizada, el contenido de FAD se ve disminuido durante el segundo muestreo (60 ddt) sin importar la fuente orgánica utilizada o la ausencia de esta en las macetas. A si mismo, el contenido de FAD se ve beneficiado en presencia de boñiga fresca durante los tres muestreos (Cuadro 7). Según lo anterior, no parece existir un patrón de comportamiento similar entre el contenido de FND y FAD, lo que podría indicar que el efecto debido a la fuente orgánica no fue muy significativo.

**Cuadro 7.** Contenido de FAD en el pasto Toledo según el tratamiento, fuente y muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

Contenido (%) de Fibra Ácido Detergente				
Fuente	Tratamiento	I Muestreo	II Muestreo	III Muestreo
Testigo	1	39.20	36.00	38.20
Lombricompost	2	37.30	36.60	37.10
Lombricompost	3	38.30	36.10	37.30
Lombricompost	4	39.70	36.60	40.20
Lombricompost	5	38.40	36.10	38.20
Lombricompost	6	39.30	36.20	37.80
	<i>Promedio</i>	<i>38.60</i>	<i>36.32</i>	<i>38.12</i>
Boñiga fresca	7	38.10	38.10	38.90
Boñiga fresca	8	37.00	35.40	40.60
Boñiga fresca	9	38.70	36.80	40.90
Boñiga fresca	10	41.60	36.90	39.90
Boñiga fresca	11	36.60	34.80	39.90
	<i>Promedio</i>	<i>38.40</i>	<i>36.40</i>	<i>40.04</i>

En términos generales el contenido de FAD tendió a decaer durante el segundo muestreo y a incrementarse durante el tercero (Figura 24). Las condiciones climáticas pudiesen haber influido en los resultados obtenidos, beneficiando el contenido de FDN y FAD en el primer y tercer muestreo y perjudicando al segundo.



**Figura 24.** Tendencia del porcentaje de FAD promedio de todos los tratamientos para cada muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

## 5 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que fue realizado este ensayo, se concluye lo siguiente:

- El lombricompost superó el efecto del testigo absoluto sobre la producción de MS del pasto Toledo solamente durante el primer muestreo (30 ddt).
- La prueba de contrastes (CONTRAST) indica que el efecto del lombricompost y la boñiga fresca sobre la producción de MS del pasto Toledo no muestra diferencias durante los tres muestreos realizados.
- Las variables de calidad, PC, FND y FAD, de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo mostraron una disminución importante durante el muestreo realizado a los 60 ddt respecto de los muestreos a los 30 ddt y 90 ddt, debido probablemente a efectos ambientales y no a los tratamientos de las fuentes orgánicas estudiadas.

## **6 RECOMENDACIONES**

- Los abonos de origen orgánico suelen ser de lenta descomposición por lo que se debe alargar el periodo del experimento al menos a seis meses para poder determinar con mayor precisión el efecto de los tratamientos sobre la planta indicadora.
- Ya que este estudio se realizó en condiciones controladas de invernadero, se debe realizar un ensayo en condiciones reales del agricultor, para poder extrapolar información que pueda ser utilizada por los productores de forma eficiente.
- Los pastos utilizados en la ganadería costarricense son de una extensa variedad por lo que un estudio del efecto de los abonos orgánicos sobre la producción y calidad nutritiva de otras especies es necesaria.

## 7 LITERATURA CITADA

Alvarado, R. 2006. Datos Metereológicos (correo electrónico). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Santa Clara, Florencia de San Carlos, Alajuela.

Ávila, P.; Lascano, C.; Miles, J. W.; Ramírez, G. 2002. Producción de leche con los nuevos híbridos de *Brachiaria*. En: Informe Anual 2001. Proyecto de Gramíneas y Leguminosas Tropicales del CIAT (IP-5) Proyecto IP-5. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Bassi, T. 2000. Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes. En línea. Consultado el 28 de octubre del 2006. Disponible en: <http://mejorpasto.com.ar/UNLZ/2004/TX4.htm>.

Bertsch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. Primera edición. ACCS. San José, Costa Rica. 157 p.

Bravo, A. 2003. Técnicas del cultivo de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) Lombricultura: Compost Lombrices. En línea. Consultado el 28 de abril del 2005. Disponible en: <http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyZpkVEyZVLngJtxl.php>.

Capulín, J., Nuñez, R., Etchevers, J., Baca, G. 2001. Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. Texoco, México. *Agrociencia* 35:3, 287-299 p.

Casasola, F. R. 1998. Efecto de la humedad del suelo sobre la anatomía y morfología de cuatro introducciones de *Brachiaria* spp. Tesis Ing. Agr., U. de Costa Rica sede del Atlántico, Costa Rica. 63 p.

Castellanos, J.Z. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. Seminarios Técnicos 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.

Castillo, F. 2002. Producción de abonos orgánicos en San Carlos de Alajuela, Costa Rica. Tesis Ing. Agr. (resumen), Universidad Autónoma de Chapingo. 46 p.

Cervantes, M. 2000. Abonos orgánicos. Centro de Formación Profesional Agraria E.F.A. En línea. Consultado el 28 de abril del 2005. Disponible en [http://www.infoagro.com/abonos/abonos\\_organicos.htm](http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm)

Coyne, M. 2000. Microbiología del Suelo: un enfoque exploratorio. Editorial Paraninfo. España. 388 p.

Dimas, J.; Díaz, A.; Martínez, E. y Valdez, R. 2000. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Centro Norte Zacatecas, Zacatecas, México. Consultado el 28 de abril del 2005. Disponible en <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/19/4/art293-299.pdf+evaluacion+abonos+organicos+pastos&hl=es&ie=UTF-8>

Gamboa, G. 2004. Evaluación del comportamiento agronómico de nueve especies forrajeras, en la etapa de establecimiento del género *Brachiaria*, en el Trópico Húmedo (Santa Clara, San Carlos) de Costa Rica. Tesis Ing. Agron. grado Lic. Inst. Tec. de Costa Rica. 65 p.

Gutiérrez, M. 1996. Pastos y forrajes de Guatemala. Primera edición. Universidad de San Carlos, Guatemala. 318 p.

Juscafresa, B. 1980. Forrajes: Fertilizantes y valor nutritivo. Editorial AEDOS. Barcelona, España. 203 p.

Lascano, C.; Pérez, R.; Plazas, C; Medrano, J. Pérez-Corpoica, Argel, P. 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110). En línea. Consultado el 28 de abril del 2005. Disponible en [http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/brachiaria\\_brizantha\\_cv\\_toledo.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/brachiaria_brizantha_cv_toledo.pdf).

Lobo, M., Diaz, O. 2001. Agrostología. Editorial EUNED. Costa Rica. 147 p.

Muller. 1961. Un aparato micro-Kjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. Turrialba, Costa Rica. 11(1): 17–25.

Romero, L.; María del R., A.; Trinidad, R.; García, E. y Ferrara, C. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34: 261-269.

Ramírez O., R. Ramírez L., R. López, F. 2002. Factores estructurales de la pared celular que afectan su digestibilidad. Nuevo León, México. *Ciencia UANL*, abril-junio, 5:002, 180-189 p.

SAS. 1999. *Static Analysis*, 6th International Symposium, SAS '99. Proceedings. Springer. Venice, Italy.

Ubarri, G. 2003. *Compost y Vermicompost. Sobre la necesidad de controlar su producción y calidad*. En línea. Consultado el 18 de noviembre del 2004.

D i s p o n i b l e e n  
<http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyZpkZyplFzyDIVBY.php>

Van Soest, P. 1985. *Analysis of forage and fibrous*. Cornell University, Ithaca, New York, United States of America. 164 p.

Zar, J. H. 1999. *Bioestatistical Analisis*. Cuarta edición. Editorial Prentice Hall Internacional Editions. New York, United States of America.

Zúñiga, P. C. 1997. *Comportamiento de cuatro introducciones del género *Brachiaria spp.* a la influencia de hongos fitopatógenos bajo dos niveles de humedad del suelo*. Tesis Ing. Agr., U. de Costa Rica sede del Atlántico, Costa Rica. 62 p.

## 8 ANEXOS

**Cuadro A 1.** Análisis de varianza para evaluar los efectos de los tratamientos sobre la producción de MS de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, a los 30, 60 y 90 ddt Santa Clara, San Carlos. 2006.

Muestreo	Num DF	Den DF	F Value	Pr>F
I Muestreo	10	33	1.87	0.0865
II Muestreo	10	33	1.26	0.294
III Muestreo	10	33	0.92	0.5259
Promedio	10	33	0.99	0.4683

**Cuadro A 2.** Análisis de medias (LSMEANS) del peso seco de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo a los 30 días después de realizado el transplante,. Santa Clara, Florencia, San Carlos. 2006.

I Muestreo *					
Tratamiento	Tratamiento	Pr>t	Tratamiento	Tratamiento	Pr>t
1	2	0.2030	4	6	0.0825
1	3	0.0966	4	7	0.9235
1	4	0.6036	4	8	0.2703
1	5	0.0108	4	9	0.5546
1	6	0.0270	4	10	0.2669
1	7	0.6718	4	11	0.3441
1	8	0.1093	5	6	0.7011
1	9	0.2703	5	7	0.0295
1	10	0.1077	5	8	0.2983
1	11	0.6660	5	9	0.1234
2	3	0.6834	5	10	0.3020
2	4	0.4442	5	11	0.0036
2	5	0.1698	6	7	0.0679
2	6	0.3168	6	8	0.5078
2	7	0.3899	6	9	0.2410
2	8	0.7309	6	10	0.5129
2	9	0.8602	6	11	0.0096
2	10	0.7249	7	8	0.2318
2	11	0.0922	7	9	0.4927
3	4	0.2442	7	10	0.2288
3	5	0.3283	7	11	0.3943
3	6	0.5493	8	9	0.6036
3	7	0.2086	8	10	0.9936
3	8	0.9489	8	11	0.0453
3	9	0.5600	9	10	0.5980
3	10	0.9553	9	11	0.1290
3	11	0.0393	10	11	0.0445
4	5	0.0367			

\* Error estandar: 2,1915

**Cuadro A 3.** Análisis de medias (LSMEANS) del peso seco de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo a los 60 días después de realizado el transplante,. Santa Clara, Florencia, San Carlos. 2006.

II Muestreo *					
Tratamiento	Tratamiento	Pr>t	Tratamiento	Tratamiento	Pr>t
1	2	0.3054	4	6	0.1166
1	3	0.7144	4	7	0.7555
1	4	0.3530	4	8	0.5045
1	5	0.2669	4	9	0.0398
1	6	0.5079	4	10	0.0446
1	7	0.5343	4	11	0.1172
1	8	0.7910	5	6	0.6485
1	9	0.2394	5	7	0.0881
1	10	0.2601	5	8	0.1719
1	11	0.5097	5	9	0.9455
2	3	0.1678	5	10	0.9869
2	4	0.0557	5	11	0.6466
2	5	0.9303	6	7	0.2035
2	6	0.7124	6	8	0.3558
2	7	0.1045	6	9	0.6004
2	8	0.1998	6	10	0.6368
2	9	0.8762	6	11	0.9978
2	10	0.9173	7	8	0.7205
2	11	0.7103	7	9	0.0769
3	4	0.5706	7	10	0.0853
3	5	0.1435	7	11	0.2044
3	6	0.3066	8	9	0.1523
3	7	0.7973	8	10	0.1670
3	8	0.9194	8	11	0.3572
3	9	0.1266	9	10	0.9586
3	10	0.1393	9	11	0.5986
3	11	0.3079	10	11	0.6349
4	5	0.0462			

\* Error estandar: 6.4178

**Cuadro A 4.** Análisis de medias (LSMEANS) del peso seco de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo a los 90 días después de realizado el transplante,. Santa Clara, Florencia, San Carlos. 2006.

III Muestreo *					
Tratamiento	Tratamiento	Pr>t	Tratamiento	Tratamiento	Pr>t
1	2	0.8861	4	6	0.0880
1	3	0.7761	4	7	0.8550
1	4	0.2387	4	8	0.9010
1	5	0.4896	4	9	0.7066
1	6	0.5805	4	10	0.3551
1	7	0.3171	4	11	0.1341
1	8	0.2903	5	6	0.8891
1	9	0.4180	5	7	0.0958
1	10	0.7949	5	8	0.0854
1	11	0.7389	5	9	0.1383
2	3	0.6693	5	10	0.3437
2	4	0.1880	5	11	0.7192
2	5	0.5830	6	7	0.1250
2	6	0.6816	6	8	0.1120
2	7	0.2543	6	9	0.1773
2	8	0.2315	6	10	0.4180
2	9	0.3418	6	11	0.8256
2	10	0.6871	7	8	0.9534
2	11	0.8491	7	9	0.8461
3	4	0.3677	7	10	0.4563
3	5	0.3316	7	11	0.1856
3	6	0.4042	8	9	0.8007
3	7	0.4711	8	10	0.4222
3	8	0.4363	8	11	0.1677
3	9	0.5972	9	10	0.5805
3	10	0.9805	9	11	0.2558
3	11	0.5377	10	11	0.5539
4	5	0.0664			

- Error estandar: 0,5259

**Cuadro A 5** Análisis de medias (LSMEANS) del peso seco de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo promedio, Santa Clara, Florencia, San Carlos. 2006.

Promedio *					
Tratamiento	Tratamiento	Pr>t	Tratamiento	Tratamiento	Pr>t
1	2	0.5007	4	6	0.0637
1	3	0.9361	4	7	0.8270
1	4	0.3215	4	8	0.6216
1	5	0.2265	4	9	0.2529
1	6	0.3682	4	10	0.1328
1	7	0.4374	4	11	0.1677
1	8	0.6147	5	6	0.7510
1	9	0.8760	5	7	0.0517
1	10	0.5964	5	8	0.0911
1	11	0.6887	5	9	0.2901
2	3	0.4516	5	10	0.4904
2	4	0.1010	5	11	0.4135
2	5	0.5851	6	7	0.0988
2	6	0.8184	6	8	0.1648
2	7	0.1518	6	9	0.4555
2	8	0.2429	6	10	0.7082
2	9	0.6040	6	11	0.6147
2	10	0.8847	7	8	0.7828
2	11	0.7837	7	9	0.3524
3	4	0.3614	7	10	0.1956
3	5	0.1982	7	11	0.2424
3	6	0.3279	8	9	0.5104
3	7	0.4856	8	10	0.3045
3	8	0.6719	8	11	0.3682
3	9	0.8133	9	10	0.7082
3	10	0.5424	9	11	0.8065
3	11	0.6309	10	11	0.8968
4	5	0.0320			

- Error estandar: 0,4683

**Cuadro A 6.** Efecto de cada fuente fertilizadora contra el efecto del testigo absoluto y entre ellas, sobre el peso seco de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo según el muestreo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

Contrastes	Probabilidad de F		
	I Muestreo	II Muestreo	III Muestreo
Control*Abonos	0.0898	0.6264	0.6961
Control*Lombricompost	0.0343	0.6956	0.9825
Control*Boñiga fresca	0.2628	0.5886	0.4691
Boñiga fresca*Lombricompost	0.0732	0.7947	0.2272

**Cuadro A 7.** Tendencia de la producción de materia seca según la fuente orgánica para el primer muestreo (30 ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.

I Muestreo		
Fuente	Tendencia	Pr > f
Boñiga fresca	Lineal	0,3837
	Cuadrática	0,0269
	Cúbica	0,6527
Lombricompost	Lineal	0,2554
	Cuadrática	0,5681
	Cúbica	0,7104

**Cuadro A 8.** Tendencia de la producción de materia seca según la fuente orgánica para el segundo muestreo (60 ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.

II Muestreo		
Fuente	Tendencia	Pr > f
Boñiga fresca	Lineal	0,0033
	Cuadrática	0,0323
	Cúbica	0,2013
Lombricompost	Lineal	0,7931
	Cuadrática	0,1943
	Cúbica	0,2519

**Cuadro A 9.** Tendencia de la producción de materia seca según la fuente orgánica para el tercer muestreo (90 ddt). Santa Clara, San Carlos. 2006.

III Muestreo		
Fuente	Tendencia	Pr > f
Boñiga fresca	Lineal	0,0315
	Cuadrática	0,3710
	Cúbica	0,8561
Lombricompost	Lineal	0,4947
	Cuadrática	0,2858
	Cúbica	0,5569

**Cuadro A 10.** Análisis de varianza para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el contenido de MS a los 30, 60 y 90 ddt de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo. Santa Clara, San Carlos. 2006.

Muestreo	Num DF	Den DF	F Value	Pr>F
I Muestreo	10	33	1.87	0.1395
II Muestreo	10	33	1.26	0.1434
III Muestreo	10	33	0.92	0.0049
Promedio	10	33	1.29	0.2768

**Cuadro A 11.** Contenido estimado de MS por tratamiento a los 30 ddt. Santa Clara, San Carlos. 200

Tratamiento	Estimado
1	19,27
2	18,29
3	18,77
4	18,68
5	17,89
6	17,33
7	18,10
8	17,38
9	16,90
10	17,25
11	17,34
Error estándar	0,5931

**Cuadro A 12.** Contenido estimado de MS por tratamiento a los 60 ddt. Santa Clara, San Carlos. 2006

<b>Tratamiento</b>	<b>Estimado</b>
1	23,71
2	22,75
3	23,73
4	22,57
5	21,80
6	21,46
7	24,26
8	24,20
9	26,58
10	23,12
11	20,73
<i>Error estándar</i>	1,2586

**Cuadro A 13.** Contenido estimado de MS por tratamiento a los 90 ddt. Santa Clara, San Carlos. 2006

<b>Tratamiento</b>	<b>Estimado</b>
1	20,20
2	19,29
3	19,77
4	21,70
5	20,15
6	20,61
7	20,86
8	22,28
9	22,15
10	21,41
11	21,04
<i>Error estándar</i>	0,5364

**Cuadro A 14.** Contenido estimado de MS por tratamiento a los 90 ddt. Santa Clara, San Carlos. 2006

<b>Tratamiento</b>	<b>Estimado</b>
1	21,06
2	20,11
3	20,76
4	20,98
5	19,94
6	19,80
7	21,07
8	21,29
9	21,87
10	20,59
11	19,70
<i>Error estándar</i>	0,6094