

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CEBOLLA (*Allium cepa* L)**  
**A CIELO ABIERTO EN CUATRO NIVELES DE LOMBRICOMPOSTA Y SUELO**

**TESIS**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

**PRESENTA:**

DANIEL CARRILLO RODRÍGUEZ

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO JUNIO DE 20

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CEBOLLA (*Allium cepa* L)  
A CIELO ABIERTO EN CUATRO NIVELES DE LOMBRICOMPOSTA Y SUELO

POR:

DANIEL CARRILLO RODRÍGUEZ

TESIS

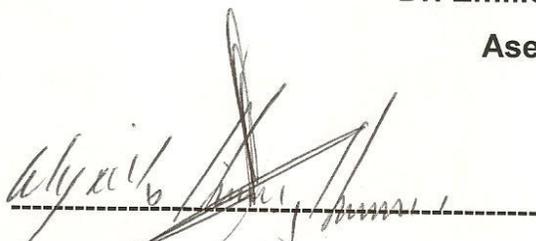
QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**



Dr. Emilio Rascón Alvarado

Asesor principal



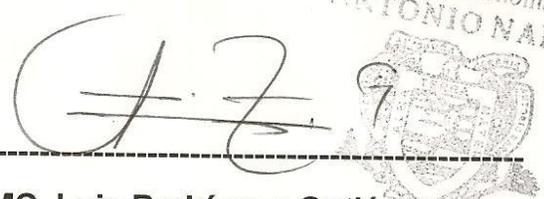
Dr. Alejandro Hernández Herrera

Coasesor



M. C. Fidel Maximiano Peña Ramos

Coasesor



MC. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ingeniería de

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio del 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al Dr. Emilio Rascón Alvarado por su valiosa participación y apoyo brindado en la realización de este trabajo y por su gran amistad que me brindo a lo largo de mi carrera profesional.*

*Al Dr. Fidel Maximiano Peña Ramos quien deposito su confianza en mí y su amistad desinteresada y su apoyo para la realización de este trabajo de investigación.*

*Al Dr. Alejandro Hernández Herrera por la prestitud brindada para que este trabajo se llevara a cabo.*

*A mi Alma Terra Mater por abrirme sus puertas y brindarme una valiosa formación académica siendo así la base de la superación.*

*A mis compañeros de generación, Fermín, Eliel, Hugo, Pablo, Juan, Romairo, Celso, Arbeis, Artemio, Jairo, quienes encontré en ellos una gran amistad, por su gran ayuda en las labores de trabajo*

*A mi amiga María Vargas Rocha quien me brindo su amistad incondicional, por su gran paciencia, ayuda y motivación en todo momento y por su valiosa colaboración en este trabajo de investigación, gracias por darme la oportunidad de conocerte en este lapso de mi vida "MUCHAS GRACIAS MARY".*

## **DEDICATORIAS**

*A Dios, por haberme dado el don de la vida y por permitirme haber concluido un capítulo valioso de mi vida en este mundo.*

### **A MIS PADRES**

*Porque con todo el amor y apoyo indiferente, que nos mostraron a todos sus hijos mientras estuvimos juntos, nos mantuvieron como una gran familia unida, y aun a hora que ya casi todos decidimos el rumbo que deben llevar nuestras vidas.*

### **A MI MADRE**

**Evelia Rodríguez Ortiz**

*Por ser la mujer más maravillosa y por a verme traído al mundo, le agradezco de todo corazón a DIOS nuestro señor por darme una gran madre ya que en sus oraciones siempre estaba presente, gracias por ser como eres porque nunca podrá alguien ocupar el lugar que a hora ocupas en mi corazón y que siempre sufriste por mi por darme tus consejos, tu tiempo y sobre*

*todo mi amor que es lo más importante que pueda recibir, gracias por preocuparte, por regañarme cuando era necesario pero todo esto lo hiciste para ser un hombre de bien; no sé cómo pagarte todo lo que has hecho por mí pero este proyecto te lo debo a ti por apoyarme y con tus palabras llenas de sabiduría hicieron posible la realización de este trabajo, por todo y lo que has hecho por mí puedo decirte con gran amor dos palabras “GRACIAS MAMA”*

### ***A MI PADRE***

*José Luis Carrillo Ledesma*

*Por ser la persona más importante que me dio su cariño y apoyo incondicional ya que cuando tuve necesidad siempre luchó por darme lo mejor sin importar obstáculo alguno, me has dado un legado maravilloso para ejercer profesionalmente, gracias padre que con tus consejos y regaños siempre lo hiciste por mi bien ser para ser un buen hijo, gracias a dios por darme un padre como tú, se que hare el mejor de los esfuerzos para que te sientas orgulloso y pueda recompensarte tantos sacrificios que hiciste por mi “GRACIAS PAPA”*

### ***A MIS HERMANOS***

*Jaime*

*David*

*José Luis*

*Elizabeth*

*Saúl*

*Jorge Luis*

*Noemí*

*Por su cariño y apoyo en todo momento, ya que de una u otra manera contribuyeron para la realización de este proyecto, por sus aportaciones y consejos para lograr el éxito, por lo cual también dedico este proyecto que es el trabajo de mi vida, gracias por hacer de mi vida un momento lleno de felicidad y sobre todo por apoyarme en todo y por siempre “GRACIAS HERMANOS”.*

*Por último a la señorita María Angélica por ser parte importante en mi vida y en el logro de mis metas profesionales, quien lloro y rio en cada momento junto a mí y fue capaz de contenerme cuando todo iba mal. Gracias por amarme como solo tú lo puedes hacer.*

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	ii
DEDICATORIAS .....	ii
INDICE DE CUADROS .....	vii
INDICE DE FIGURAS .....	viii
Resumen .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
Hipótesis .....	3
Objetivo .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
Historia .....	4
Origen .....	4
Clasificación taxonómica .....	5
Descripción botánica .....	5
Raíz .....	6
Tallo verdadero .....	6
Falso tallo .....	6
Bulbo .....	7
Tallo floral .....	7
Hojas .....	7
Inflorescencia y flor .....	8
Fruto .....	8
Semilla .....	8
Condiciones climáticas que favorecen el desarrollo del cultivo .....	9
Requerimientos Edáficos del Cultivo .....	10
Suelo .....	10
Potencial de hidrogeno .....	10
Salinidad .....	10
Importancia de la lombricultura .....	10
Ventajas de la lombricultura .....	12

Composición química.....	14
Composición microbiológica .....	15
III. MATERIALES Y METODOS .....	17
Localidad donde se realizo la investigación .....	17
Ubicación Geográfica.....	17
Materiales .....	18
Siembra.....	19
Métodos .....	19
Diseño experimental .....	19
Variables evaluadas.....	21
Rendimiento de cebolla .....	21
Diámetro ecuatorial del bulbo .....	21
Diámetro polar de bulbo.....	21
Peso fresco de la parte área.....	22
Peso fresco de raíz.....	22
Volumen final de follaje.....	22
Volumen final de raíz .....	23
Peso seco de bulbo .....	23
Peso seco de follaje.....	23
Peso seco de raíz .....	23
Diámetro de tallo.....	24
Altura final de la planta .....	24
Número de hojas .....	24
Propiedades químicas de suelo.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
Peso Fresco de Bulbo.....	27
Diámetro Ecuatorial.....	29
Diámetro Polar .....	31
Peso Fresco de Follaje .....	33
Peso Fresco de Raíz.....	35
Volumen Final de Follaje.....	37

Volumen Final de Raíz.....	39
Peso Seco de Bulbo.....	40
Peso Seco de Follaje .....	43
Peso Seco de Raíz .....	44
Diámetro de Tallo.....	46
Altura de Planta .....	48
Número de Hojas .....	49
Volumen de Riego.....	50
Variables evaluadas al suelo .....	52
V. CONCLUSIONES .....	58
VI. LITERATURA CITADA.....	59

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Contenido de N, P, K, y M. O. en diferentes muestras de lombricomposta.....	14
Cuadro 2.2. Cantidad de microorganismos por gramo seco de lombricomposta.....	15
Cuadro 2.3. Aporte total de nutrimentos por tonelada de lombricomposta por hectárea.....	15
Cuadro 2.4. Contenido de nutrimentos de la lombricomposta y aporte según diferentes dosis de aplicación.....	16
Cuadro 2.5. Respuesta de algunos cultivos a la aplicación de la lombricomposta .....	16
Cuadro 3.1. Propiedades de suelo evaluadas en la caracterización inicial y final del experimento. ....	25
Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancias para las diferentes variables evaluadas en el análisis de varianza en producción de cebolla a cielo abierto. ....	26
Cuadro 4.2. Relación del volumen total de riego y producción final. ....	51

## INDICE DE FIGURAS

Fig.3.1. Mapa de localización del sitio experimental.....	18
Fig. 4.1. Efecto de los distintos tratamientos en peso fresco de bulbo en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	28
Fig. 4.2. Efecto de los distintos tratamientos en diámetro ecuatorial en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	30
Fig. 4.3. Efecto de los distintos tratamientos en diámetro polar en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	32
Fig. 4.4. Efecto de los distintos tratamientos en peso fresco de follaje en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	34
Fig. 4.5. Efecto de los distintos tratamientos en peso fresco de raíz en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	36
Fig. 4.6. Efecto de los distintos tratamientos en volumen final de follaje en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	38
Fig. 4.7. Efecto de los distintos tratamientos en volumen final de raíz en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	40
Fig. 4.8. Efecto de los distintos tratamientos en peso seco de bulbo en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	42
Fig. 4.9. Efecto de los distintos tratamientos en peso seco de follaje en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	44
Fig. 4.10. Efecto de los distintos tratamientos en peso seco de raíz en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	45
Fig. 4.11. Efecto de los distintos tratamientos en diámetro de tallo en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	47

Fig. 4.12. Efecto de los distintos tratamientos en altura de planta en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	48
Fig. 4.13. Efecto de los distintos tratamientos en número de hojas en cebolla ( <i>Allium cepa</i> L).....	50
Fig. 4.14. pH de los sustratos utilizados en forma pura y sus diferentes combinaciones con suelo al inicio y final del experimento.....	52
Fig. 4.15. Conductividad eléctrica de los sustratos utilizados en forma pura y sus diferentes combinaciones con suelo al inicio y final del experimento.....	53
Fig. 4.16. Densidad aparente de los sustratos utilizados en forma pura y sus diferentes combinaciones con suelo al inicio y final del experimento.....	54
Fig. 4.17. Densidad de sólidos de los sustratos utilizados en forma pura y sus diferentes combinaciones con suelo al inicio y final del experimento.....	55
Fig. 4.18. Materia orgánica de los sustratos utilizados en forma pura y sus diferentes combinaciones con suelo al inicio y final del experimento.....	56
Fig. 4.19. Carbonatos totales de los sustratos utilizados en forma pura y sus diferentes combinaciones con suelo al inicio y final del experimento.....	57

## Resumen

El presente trabajo se llevo a cabo en el área de Prácticas Agrícolas del Departamento de Ciencias del Suelo, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, de Buenavista Saltillo Coahuila. El objetivo del experimento fue, evaluar la respuesta del cultivo de cebolla a la fertilización orgánica combinada con suelo y determinar las combinaciones que generen mayor rendimiento. Se evaluaron 13 tratamientos, las variables evaluadas fueron peso fresco de bulbo (PFB), Diámetro ecuatorial (DE) Diámetro polar (DP), Peso fresco de follaje (PFF), Peso fresco de raíz (PFR), Volumen final de follaje (VFF), Volumen final de raíz (VFR), Peso seco de bulbo (PSB), Peso seco de follaje (PSF), Peso seco de raíz (PFR), Diámetro de tallo, Altura de planta, Número de hojas.

Para el análisis de resultados se utilizó el programa de diseños R, versión 2.14. El diseño usado fue completamente al azar. Las medias fueron comparadas con el método de Tukey con un nivel de significancia al 0.05. Los tratamientos de lombricomposta de bovino (100%B) y la combinación de lombricomposta de borrego mas cabra (50%B+C) son los que dieron los valores más altos en producción de cebolla.

**PALABRAS CLAVES** Lombricomposta, cebolla, *Allium cepa* L, comportamiento, suelo, cuatro, niveles, a cielo abierto.

## I. INTRODUCCIÓN

La de cebolla (*Allium cepa* L) es considerada como una de las hortalizas de consumo habitual en la dieta del mexicano, la cebolla ocupa un lugar muy privilegiado dentro de las hortalizas cultivadas en nuestro país. En los últimos años se ha ubicado en la posición número cinco dentro de la superficie dedicada a la producción de hortalizas, mientras que lo referente a sus volúmenes de producción y valor se encuentra en el número cuatro, siendo procedida solamente por el tomate, la papa, y el chile verde (George, 2009).

El tamaño, color, forma y sabor definen las características deseables de calidad de la cebolla; así, tenemos entonces que la cebolla tiene cuatro presentaciones principales, la cebolla Blanca, la Amarilla, la Roja, y los Cebollines (Cronquist 2001).

México necesita de la aplicación de nuevas tecnologías en los procesos de producción del cultivo de cebolla, para poder aumentar la producción, tanto en cantidad como en calidad así como en los procesos de producción acordes a una mayor conservación del ambiente y los insumos a este proceso, dentro de los que el agua tiene un lugar primario.

Dentro de este proceso la aplicación de sólidos derivados de la lombricultura, por ser un proceso limpio y de fácil aplicación para reciclar una amplia y variada gama de residuos biodegradables (Restos orgánicos), produciendo abono y lombrices; puede ser una muy buena opción.

Los comienzos de esta actividad se remontan a la década de los 40 s en EE.UU., donde se sientan las bases para el cultivo intensivo de las lombrices rojas de california. Tras expandirse en EE.UU., arriba de Europa, alcanzando relevancia en Italia afines de los años 70 s.

Su implementación no requiere de grandes inversiones, la lombriz que se emplea (Roja californiana) transforma a los residuos en muy corto tiempo y su reproducción constante permite tener excedentes de lombriz que también tiene un mercado a nivel nacional e internacional. En el país existen pocas empresas dedicadas a esta labor y la demanda de abono orgánico ha crecido en los últimos años e todo el país.

Los suelos agrícolas requieren de este tipo de abonos ya que les proporciona materia orgánica que mejora la estructura del suelo, restituye la biología del suelo incrementando el número de microorganismos benéficos, es un producto que no altera el ecosistema.

Tomando en cuenta que la agricultura orgánica en nuestro país desempeña un papel muy importante se plantea la presente investigación cuyos objetivos e hipótesis son los siguientes.

## **Hipótesis**

La aplicación de lombricomposta solida pura y en combinación con suelo induce a un mayor crecimiento, rendimiento y calidad en el cultivo de cebolla

## **Objetivo**

Evaluar la respuesta del cultivo de cebolla a la fertilización orgánica combinada con suelo y determinar las combinaciones que generen mayor rendimiento.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Historia

La cebolla (*Allium cepa* L.) se ha cultivado por más de 4000 años como alimento, condimento para la salud y con propósitos religiosos, la introducción en el norte de Europa ocurrió 500 a. de J.C., al inicio de la Edad Media (Rubatzky y Yamaguchi, 1997).

### Origen

Mendoza (1995) citado por Valadez (1998) señala que según algunos autores la cebolla es originaria de Asia Occidental, y otros mencionan que del norte de África. Otros se inclinan por Pakistán, Irán (1986) citado por Pérez, Márquez y Peña (1997). Guenkov (1974) menciona que la cebolla es originaria de Asia Central.

## Clasificación taxonómica

Clasificación taxonómica de la cebolla según Cronquist (1997), citado por Pérez. (1997) es la siguiente:

El género se sitúa en el siguiente contexto:

Reino: Vegetal

Subreino: Embryobionita

División: Antophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Monocotiledonea

Subclase: carolliferae

Orden: Liliflorae

Tribu: Liliodeae

Género: *Allium*

Especie: Ceba

## Descripción botánica

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una planta herbácea bianual, que completa su ciclo en dos años, pero se cultiva como anual para la obtención de bulbos (Castell y Díez, 2000).

## **Raíz**

El sistema radicular es de tipo fasciculado, capaz de llegar hasta unos 60 cm de profundidad, aunque normalmente no pasa los 20 cm. las raíces son tiernas, finas, poco divididas, bien previstas de pelos radicales en el tercio medio inferior de color Blanco, con el típico olor a sulfuro de alilo que impregna toda la planta (Castell y Diez , 2000).

## **Tallo verdadero**

Es de carácter hipogeo, posición erecta consistencia herbácea y carnosa y con una duración anual; muere al finalizar el periodo el periodo vegetativo de la planta (Garza, 1985 citado por Pérez et al., 1998).

El tallo está representado por el disco subcónico, que presenta la base del bulbo, con entrenudos muy cortos, en el cual se inserta el sistema radicular fasciculado por la parte inferior y las hojas carnosas que forman el bulbo por la parte superior (Castell y Diez 2000).

## **Falso tallo**

Tal como señala Garza (1985) citado por Pérez *et al.* (1998) la porción conocida como falso tallo se constituye por un conjunto de vainas cilíndricas que forman parte del follaje de la planta. Cuando una nueva hoja es generada esta pasa por la vaina de

la hoja próxima anterior de manera tal que las vainas quedan una dentro de la otra y así sucesivamente hasta formar entre ellas el falso tallo.

### **Bulbo**

El bulbo está formado por hojas modificadas llamadas “escamas” cuyo tamaño, diámetro y desarrollo depende específicamente del fotoperiodo y del cultivar que se trate (Valadez, 1997).

### **Tallo floral**

Generalmente es de color verde, posición erguida, de consistencia herbácea, lizo, ahuecado y con la porción del tercio inferior ensanchada; por lo común esta parte de la planta sobresale al follaje llegando alcanzar una altura de 0.6 a 1.5 m (Garza, 1985 citado por Pérez *et al*, 1998).

### **Hojas**

La hoja consta de dos partes bien diferenciadas: parte basal o vaina envolvente y parte superior (peciolo ensanchado sin verdadero limbo) redondeada y hueca (típico de *allium cepa*) las hojas están dispuestas sobre el disco o tallo en disposición opuesta. Cada nueva hoja sale a través de un orificio que se abre en el punto de unión de la vaina y el limbo o filodio de la hoja anterior, de modo que cada vaina envuelve a todas las que nacen después (Castell y Diez, 2000).

## **Inflorescencia y flor**

La inflorescencia es una umbela simple que se forma al final del vástago o tallo floral. La umbela puede llegar a tener de 50 a 2000 flores, la polinización es realizada principalmente por insectos. Las flores son blanquecinas o violáceas poseen dos o tres brácteas y seis estambres; el ovario es trilocular, con dos óvulos en cada lóculo formando dos semillas en cada lóculo (Valadez, 1997).

## **Fruto**

El fruto es una capsula globular (Valadez, 1997); el fruto esta constituido por una capsula tricarpetal de forma obtusa triangular (Garza 1985 citado por Pérez *et al*, 1998); en la que se pueden formar hasta seis semillas; en las fases tempranas la capsula es de color verde –pardo cuando las semillas alcanzan el inicio de maduración caracterizadas por un color como de cera se ponen de color verde amarillento y en plena madurez pardo-claro (Guenkov 1974 citado por Pérez *et al.*, 1998).

## **Semilla**

Castell y Diez (2000) menciona que estas son de forma irregular, de unos 3mm con una superficie rugosa y de color negro. Maduran a los 45 días de la antesis. La semilla se deteriora rápidamente bajo los efectos de la humedad, por lo tanto debe almacenarse muy seca, su poder germinativo disminuye muy rápido pasando del 95 al

100% en el momento de la recolección al 50% a los dos años si se conserva en condiciones ambientales normales.

De Mason (1990) citado por Rivera (2006) hace referencia al embrión en forma semicircular en espiral o rizado el cual se encuentra encerrado en el endospermo que es el tejido de reserva más importante de las semillas. El peso de mil semillas es de 3.6gr (George, 1987).

### **Condiciones climáticas que favorecen el desarrollo del cultivo**

Valadez (1997) indica que, la cebolla es una hortaliza bianual de clima frío, sin embargo, en México puede explotarse durante todo el año, esta planta es muy resistente al frío llegando a tolerar temperaturas de hasta  $-5^{\circ}\text{C}$  en etapa adulta.

El rango óptimo para la germinación de las semillas es de  $18^{\circ}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ , se considera que las plantas pueden soportar de hasta  $33^{\circ}\text{C}$  aunque al sobrepasar este límite dejan de crecer; sin embargo es posible que las temperaturas de los trópicos ( $40^{\circ}\text{C}$ ) solo retardan la formación del bulbo. En lo que se refiere a la formación y desarrollo del bulbo, este está influenciado directamente por el fotoperiodo (horas-luz) ya sea corto (10-12 h), intermedio (12-13 h) o largo (mayor de 14 h) (Valadez, 1997).

## **Requerimientos Edáficos del Cultivo**

### **Suelo**

Esta hortaliza prefiere suelos orgánicos, ligeros o arenosos, limosos o limoarenosos. No se recomiendan suelos arcillosos debido a que pueden deformar la parte comestible (bulbo) o retrasar su desarrollo (Valadez, 1997).

### **Potencial de hidrogeno**

La cebolla está clasificada como ligeramente tolerante a la acidez teniendo un rango de pH 6.0-6.8 (Valadez, 1997).

### **Salinidad**

Por lo que respecta a la salinidad la cebolla está catalogada como medianamente tolerante con valores de 10 a 4 mmhos (Valadez, 1997).

### **Importancia de la lombricultura**

La lombricultura nace gracias a los estudios que Charles Darwin realizó en el siglo XIX, razón por el cual es considerado el padre de esta actividad. (Martínez, 1999).

Noriega, *et al.* (2002), menciona que la lombricultura inicio su desarrollo en Estados Unidos en 1974, año a partir del cual se ha implementado en gran cantidad de países. La lombricultura es conocida también como “vermicultura”, y esta tecnología consiste en la crianza de lombriz de tierra para procesar desechos orgánicos y producir abono.

Gliessman (2000), menciona que las excretas de lombriz son altas en el contenido de fosforo, nitrógeno y otros nutrimentos también contienen polisacáridos que aglutinan las partículas del suelo y ayudan el desarrollo de la materia orgánica en el suelo. La lombricultura es una aplicación de la biotecnología, ya que se usa un organismo vivo, para lograr una producción masiva de carne y de humus de lombriz, como producto principal.

El trabajo de desintegración orgánica de los diversos materiales permite, gracias a los procesos biológicos de este animal convertir desechos de nutrientes orgánicos para los cultivos, mejorando de este modo la calidad y cantidad de sus productos y por lo tanto la vida del ser humano (Moctezuma, 2003).

Los países productores de lombricomposta según Sanzo (2000) citado por Moctezuma (2003), son: Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, España, México, Nicaragua, Perú, Paraguay, entre otros.

## Ventajas de la lombricultura

La lombricultura es una técnica de la agricultura orgánica que ofrece ventajas, entre ellas las más importantes, es la de transformar residuos orgánicos provenientes de la actividad agroindustrial, agropecuaria y urbana en abono orgánico que puede utilizarse en la agricultura, en la jardinería, en viverismo, en la recuperación de suelos, entre otras actividades.

Sus cualidades son:

- ❖ Es un fertilizante orgánico.
- ❖ Es granulado, homogéneo y con un olor agradable.
- ❖ Protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico-químicas del suelo.
- ❖ Con la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma balanceada (nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc).
- ❖ Es limpio suave al tacto y su gran bioestabilidad evita su fermentación.
- ❖ Mejora la retención de humedad.
- ❖ No afecta a las plantas como ocurre en los fertilizantes químicos.
- ❖ Eleva la solubilidad, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las plantas.
- ❖ Produce un aumento en el vigor de las plantas, árboles y arbustos.
- ❖ Cuenta con una alta concentración de sustancias húmicas (ácidos fulvicos y húmicos).

- ❖ Por su elevada carga microbiana contribuye a la protección del sistema radicular de bacterias y nematodos.
- ❖ Sus fitohormonas favorecen el crecimiento, la floración y la fijación de flores y frutos.
- ❖ La actividad residual del humus de lombriz es de efecto prolongado.
- ❖ Es de fácil manejo y puede almacenarse durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas, es necesaria mantenerlas bajo condiciones óptimas de humedad (40%).

La actividad de la lombricultura tiene la ventaja de poderse comenzar con pocas lombrices, para ir luego aumentando progresivamente. La demanda de humus y de lombrices esta experimentado en el continuo aumento en todos los sectores. Son cada vez más las industrias que se interesan por las lombrices, en unos casos, porque necesitan eliminar o transformar los residuos en otros para usarlas como alimento para otros animales.

El humus de lombriz es un producto con altas posibilidades de comercialización en el mundo entero, pero su calidad es un factor importante para obtener los mejores precios del mercado, los que pueden fluctuar desde 100 a 250 dólares por tonelada, dependiendo del mercado y de la relación oferta–demanda del mismo (centro de estudios agropecuarios, 2001, citado por Moctezuma, 2003).

## Composición química

La composición y calidad de la lombricomposta está en función del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz. Un manejo adecuado de los desechos, una mezcla bien balanceada, permite obtener un material de excelente calidad. La cantidad de nutrimentos en la lombricomposta es muy variable.

En el Cuadro 2.1 se indican algunos porcentajes de nutrimentos determinados en lombricomposta de diferente procedencia y en el Cuadro 2.3, 2.4 el contenido y aporte de nutrimentos en diferentes dosis de aplicación y el Cuadro 2.5 la respuesta de diferentes cultivo a la aplicación de lombricomposta.

Cuadro 2.1. Contenido de N, P, K, y M. O. en diferentes muestras de lombricomposta.

Elemento	Muestras					
	1	2	3	4	5	6
Nitrógeno	1.6	1.1	1.4	2.0	3.5	4.17
Fosforo	1.8	0.3	0.7	1.2	0.13	0.24
Potasio	1.0	1.1	1.2	1.0	1.39	0.78
Materia orgánica	42	20	17.5	38	63	87.30

Fuente: Martínez, C. 1995; Irisson, S. 1995; García, R. 1996.

## Composición microbiológica

La característica más importante de la lombricomposta es su alta carga microbiana, la cual le hace ubicarse como un excelente material regenerador de suelos. Esto ha sido demostrado con aplicaciones a suelos erosionados y con bajos contenidos de materia orgánica, consecuencia de la aplicación de agroquímicos, observándose en ellos una extraordinaria proliferación de la fauna bacteriana. Como se observa en el Cuadro 2.2

Cuadro 2.2. Cantidad de microorganismos por gramo seco de lombricomposta.

Muestra	Hongos	Bacterias	Actinomicetos
1	$23.1 \cdot 10^3$	$21.0 \cdot 10^5$	$59.3 \cdot 10^3$
2	$18.7 \cdot 10^3$	$7.2 \cdot 10^6$	$12.7 \cdot 10^3$
3	$22.4 \cdot 10^2$	$21.1 \cdot 10^5$	$16.4 \cdot 10^3$
4	$13.5 \cdot 10^3$	$68.1 \cdot 10^5$	$69.6 \cdot 10^3$

Fuente: Martínez, C. 1995. Cuadro 2.3. Aporte total de nutrimentos por tonelada de lombricomposta por hectárea.

Elemento	Kg/t lombricomposta
Nitrógeno	16 – 38
Fosforo	13 – 20
Potasio	10 – 13
Calcio	42 – 46
Magnesio	3.65
Manganeso	0.5
Carbono	0.17
Zinc	0.16

Fuente: Rodríguez *et al.* 1992; Martínez, C. 1995; Cuevas, T. 1995

Cuadro 2.4. Contenido de nutrimentos de la lombricomposta y aporte según diferentes dosis de aplicación.

DOSIS APLICACIÓN (t/ha)	RENDIMIENTO (t/ha)				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
4	58.8	66.9	43.9	116.4	23.6
8	117.6	133.8	87.8	132.8	47.2
12	176.4	200.7	131.7	349.2	70.8
16	235.2	267.7	175.6	456.6	90.4

Fuente: Arteaga, O *et al.* 1995.

Cuadro 2.5. Respuesta de algunos cultivos a la aplicación de la lombricomposta

DOSIS (t/ha)	COMPO:	RENDIMIENTO (t/ha)		
		TOMATE	TABACO	PASTO
0		8.13	1.56	10.97
4		23.37	1.79	13.00
8		24.61	1.88	14.33
12		22.69	1.82	14.38
16		18.57	1.92	13.24

Fuente: Arteaga, O. *et al.* 1995.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **Localidad donde se realizo la investigación**

La presente investigación se realizo en el Departamento de Ciencias del Suelo ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se encuentra ubicada en Buenavista Saltillo Coahuila.

#### **Ubicación Geográfica**

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se ubica en la localidad de Buenavista, Saltillo Coahuila situado en las coordenadas 25° 23' latitud norte y 101° 00' longitud este y con una altura media 1743 msnm. Posee un clima semicalido la temperatura media es de 16.6 °C con régimen de lluvias intermedias entre verano e invierno, con una precipitación anual alrededor de 443 mm y una evaporación promedio de 2167mm.

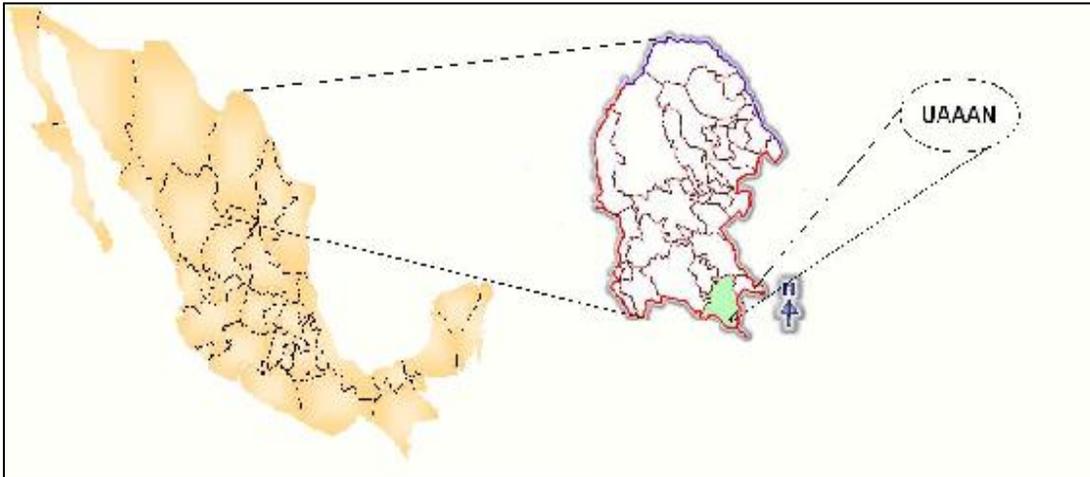


Fig.3.1. Mapa de localización del sitio experimental.

### **Materiales**

Lombricomposta: Los materiales usados en las combinaciones en diferentes porcentajes fueron compostados con lombricomposta de bovino (L B), Lombricomposta de borrego mas cabra (L B+C), Lombricomposta de cocina (L C) mediante el composteo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

Suelo: el suelo utilizado en el experimento, se colectó de la UAAAN.

Recipientes: bolsas de nylon de 40 x 20 cm acomodadas en una mesa de concreto de 10 m de largo por 1 m de ancho con una profundidad de 50 cm, a campo abierto, bajo un arreglo de bloques completos al azar.

Semilla: la semilla de cebolla utilizada en el experimento fue de la variedad Copándaro.

## **Siembra**

La siembra se realizó el 3 de octubre y se trasplantó el día 3 de noviembre del 2010, en la presente investigación se estudiaron las siguientes variables:

Peso fresco de bulbo (PFB), Diámetro ecuatorial (DE) Diámetro polar (DP), Peso fresco de follaje (PFF), Peso fresco de raíz (PFR), Volumen final de follaje (VFF), Volumen final de raíz (VFR), Peso seco de bulbo (PSB), Peso seco de follaje (PSF), Peso seco de raíz (PFR), Diámetro de tallo, Altura de planta, Número de hojas.

## **Métodos**

### **Diseño experimental**

Se utilizaron 13 tratamientos en total, con cuatro niveles utilizando 3 sustratos, lombricomposta de cocina, lombricomposta de bobino, y lombricomposta de borrego + cabra y suelo natural, con 4 repeticiones cada uno, dándonos 52 unidades experimentales. Se utilizó un diseño "bloques completamente al azar" y la prueba de medias de tukey, analizados con el paquete de diseños experimentales R, versión 2.16 el modelo estadístico es el siguiente.

Cualquier observación puede ser expresada como:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

El significado de las literales es el siguiente:

$Y_{ij}$  = Denota la j- esima medición del tratamiento i- esimo

$\mu$  = Efecto general o media general

$\tau_i$  = Efecto del i-esimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental, de la j-esima medición del i-esimo tratamiento.

## Variables evaluadas

### Rendimiento de cebolla

Se pesaron cebollas, de cada tratamiento con sus respectivas unidades experimentales, sacando una media general para obtener el peso por bulbo en gramos.



### Diámetro ecuatorial del bulbo

Este se midió milímetros, con un vernier digital calibrado cada uno de los bulbos en todas las unidades experimentales que corresponden a su respectivo tratamiento.



### Diámetro polar de bulbo

Se obtuvo midiendo en milímetros, con un vernier digital calibrado cada uno de los bulbos en todas las unidades experimentales.



### **Peso fresco de la parte área**

Ya limpia la planta, etiquetada y ordenada para cada tratamiento se prosiguió a cortar la parte aérea de la planta para después ser pesada.



### **Peso fresco de raíz**

Una vez que se peso en su totalidad la planta, se corto la raíz para pesarla por separado en la balanza analítica en gramos.



### **Volumen final de follaje**

Este se midió en un volumen de agua conocido en una probeta para determinar el volumen que desplazado.



### **Volumen final de raíz**

Se midió en una probeta con un volumen de agua conocido introduciendo la raíz y obteniendo a si el volumen que esta desplaza.



### **Peso seco de bulbo**

Este se peso, después de haber pasado por la estufa la cual se mantuvo a una temperatura de 65°C con una duración de 24 hrs.

### **Peso seco de follaje**

Se peso, una vez que de haber pasado por la estufa donde se le pusieron 65°C durante 24 hrs.

### **Peso seco de raíz**

Se obtuvo el peso en la balanza, siendo introducida primeramente en la estufa, a la cual se le aplicaron 65°C con una duración de 24 hrs.



### **Diámetro de tallo**

Se midió con un vernier consecutivamente con un lapso de cada 15 días desde el inicio hasta el término del cultivo.



### **Altura final de la planta**

Esta se midió con un metro durante todo el ciclo del cultivo, con un periodo de 15 días cada medición, la altura se realizó desde la superficie del suelo hasta el ápice de la hoja más larga de la planta.



### **Número de hojas**

Se realizó cada 15 días durante todo el ciclo del cultivo de cebolla. El conteo se realizó a cada una de las plantas abarcando a si cada una de las unidades experimentales.

Los datos obtenidos en campo fueron sometidos a un análisis de varianza y a la prueba de medias según Tukey's, ambas a un nivel de significancia del 0.05 de probabilidad, utilizando el paquete estadístico R, versión 2.14.

## Propiedades químicas de suelo

Cuadro 3.1. Propiedades de suelo evaluadas en la caracterización inicial y final del experimento.

Parámetro	Símbolo	Método	Referencia
Propiedades físicas			
Densidad de sólidos	DS	Gravimétrico	Narro (1994)
Densidad aparente	DA	Probeta	Narro (1994)
Propiedades químicas			
Ph	pH	Potenciómetro	
Conductividad eléctrica	CE	Extracto de pasta	
Carbonatos totales	CO <sup>3</sup>	Titulación	
Materia orgánica	MO	Walkey y Black	Walkey y Black (1934)

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios y las significancias de las diferentes características evaluadas durante el desarrollo del experimento. Primeramente para la fuente de variación tratamientos se encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) solamente para tres de las variables evaluadas peso fresco de bulbo (PFB), diámetro ecuatorial (DE) diámetro polar (DP) y peso seco de bulbo (PSB), y diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) Para la variable de peso fresco de raíz (PFR). En las restantes variables evaluadas no existió efecto significativo ( $P \geq 0.05$ ).

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancias para las diferentes variables evaluadas en el análisis de varianza en producción de cebolla a cielo abierto.

FV	GL	PFB	DE	DP	PFF	PFR
Tratamientos	12	2468.22**	356.32**	144.70**	109.16 <sup>NS</sup>	14.14*
Error	39	586.82	57.99	25.17	117.42	6.75
Cv (%)		33.37	14.60	10.70	32.21	21.51

FV	GL	VFF	VFR	PSB	PSF	PSR
Tratamientos	12	149.03 <sup>NS</sup>	11.06 <sup>NS</sup>	51.24**	4.34 <sup>NS</sup>	0.55 <sup>NS</sup>
Error	39	136.37	5.78	15.57	4.80	0.45
Cv (%)		25.96	20.27	26.18	24.30	24.09

\*\* Significancia al 0.01

\* Significancia al 0.05

**PFB** = Peso final de bulbo

**DE** = Diámetro ecuatorial

**DP** = Diámetro polar

**PFF** = Peso fresco de follaje

**PFR** = Peso fresco de raíz

**VFF** = Volumen final de follaje

**VFR** = Volumen final de raíz

**PSB** = Peso seco de bulbo

**PSF** = Peso seco de follaje

**PSR** = Peso seco de raíz

### **Peso Fresco de Bulbo**

Cuando se revisan los resultados en el empleo de los sustratos experimentales en forma pura (T1 – T4) se nota que solamente la aplicación de la lombricomposta de bovino (100%B) se ubicó en el grupo estadístico superior con un peso de 104.80 gramos.

Mientras que la lombricomposta de cocina (100%C), el suelo natural (100%S), y lombricomposta de borrego más cabra (100%B+C) conformaron el grupo estadístico bajo, ubicándose los valores de la variable entre 58.90 y 9.80 gramos para cada bulbo. Las combinaciones de los sustratos orgánicos con el suelo, se ubicaron en el grupo estadístico medio, con valores entre 98.34 y 68.92 gramos por bulbo.

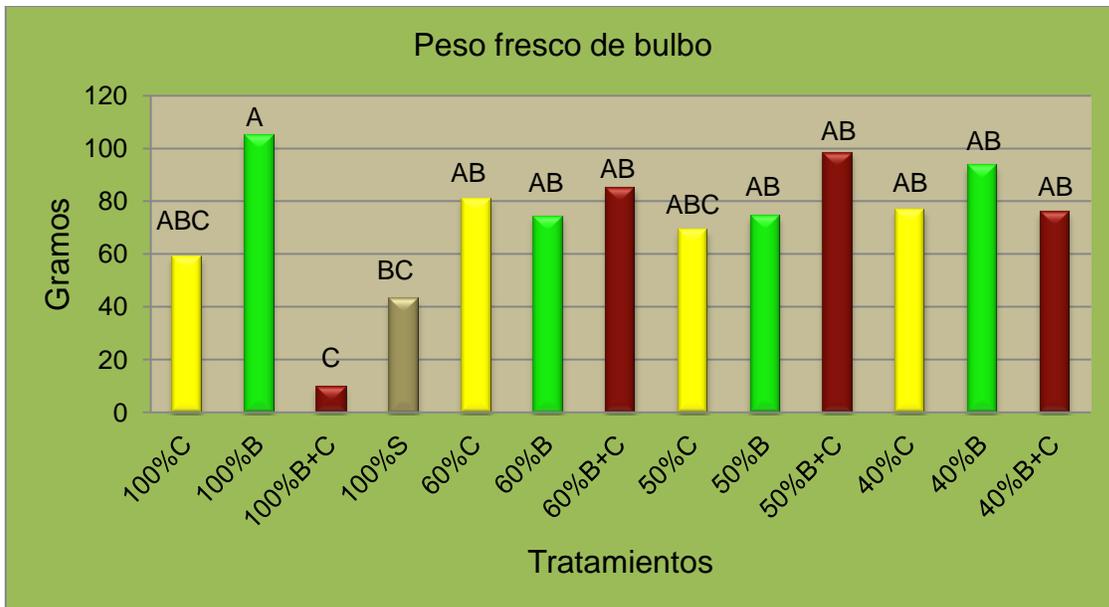


Fig. 4.1. Efecto de los distintos tratamientos en peso fresco de bulbo en cebolla (*Allium cepa* L.).

La vermicomposta ha incrementado el crecimiento y desarrollo de las plántulas y la productividad de una amplia gama de cultivos. El incremento en el crecimiento y productividad de la planta se ha atribuido a las características físicas y químicas que presenta la vermicomposta (Atiyeh *et al.*, 2000).

Debido a las características que confiere la vermicomposta de bovino, como se muestra en la Fig. 4.1 tuvo un efecto positivo en todas las aplicaciones tanto en su forma pura como en todas sus combinaciones.

## **Diámetro Ecuatorial**

Al revisar los resultados en el empleo de los sustratos experimentales en forma pura (T1 – T4) solamente la lombricomposta de bovino (100%B) y lombricomposta de cocina (100%C) se ubicaron en el grupo estadístico superior con un diámetro de 59.81 y 50.82 milímetros.

La lombricomposta de borrego más cabra (100%B+C) y el suelo natural (100%S) se ubicaron en el grupo estadístico bajo.

La lombricomposta de bobino se mantuvo el en grupo estadístico alto, tanto en su forma pura, como en sus diferentes combinaciones. El suelo se ubico estadísticamente superior a 100%B+C, pero inferior a 100%C, 100%B y a todas las combinaciones de los diferentes sustratos.

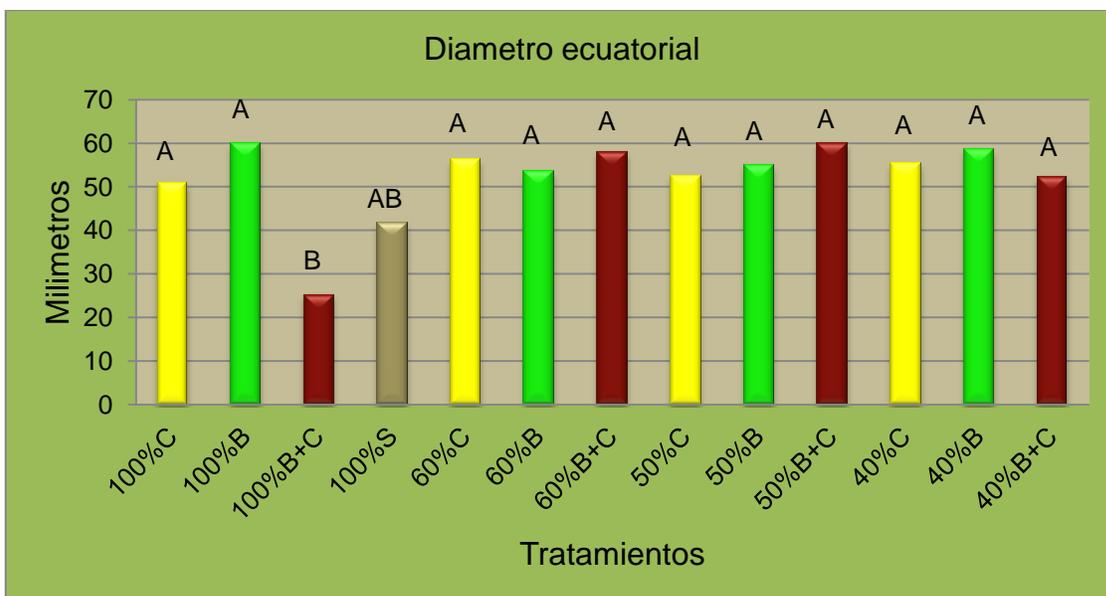


Fig. 4.2. Efecto de los distintos tratamientos en diámetro ecuatorial en cebolla (*Allium cepa* L.).

Pereira y Zezzi- Arruda (2003) comentan que la vermicomposta, contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma paulatina y facilita su asimilación por las raíces e impide que estos sean lixiviados con el agua de riego manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo y favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas.

Debido a estas características que confiere la vermicomposta se ve que en las aplicaciones en su forma pura como en sus diferentes combinaciones causo un efecto mayor, que en forma pura de suelo y borrego mas cabra.

## Diámetro Polar

En esta variable también hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Los resultados que se manifestaron en el empleo de los sustratos experimentales en forma pura (T1 – T4) se nota que las aplicación de la lombricomposta de bovino (100%B), suelo (100%S) y lombricomposta de cocina (100%C), se ubicaron en el grupo estadístico superior con un valor de 49.70, 44.48 y 42.41 milímetros.

Mientras que la lombricomposta de borrego mas cabra (100%B+C) conformo el grupo estadístico bajo con un valor de 28.71 milímetros.

El suelo estadísticamente es superior a los tratamientos 100%B+C y 100%C, pero inferior a 100%B y a todas los diferentes combinaciones de los sustratos experimentales.

El tratamiento 50%B+C supero a todos los diferentes tratamientos tanto en las formas puras de los sustratos como en sus diferentes combinaciones.

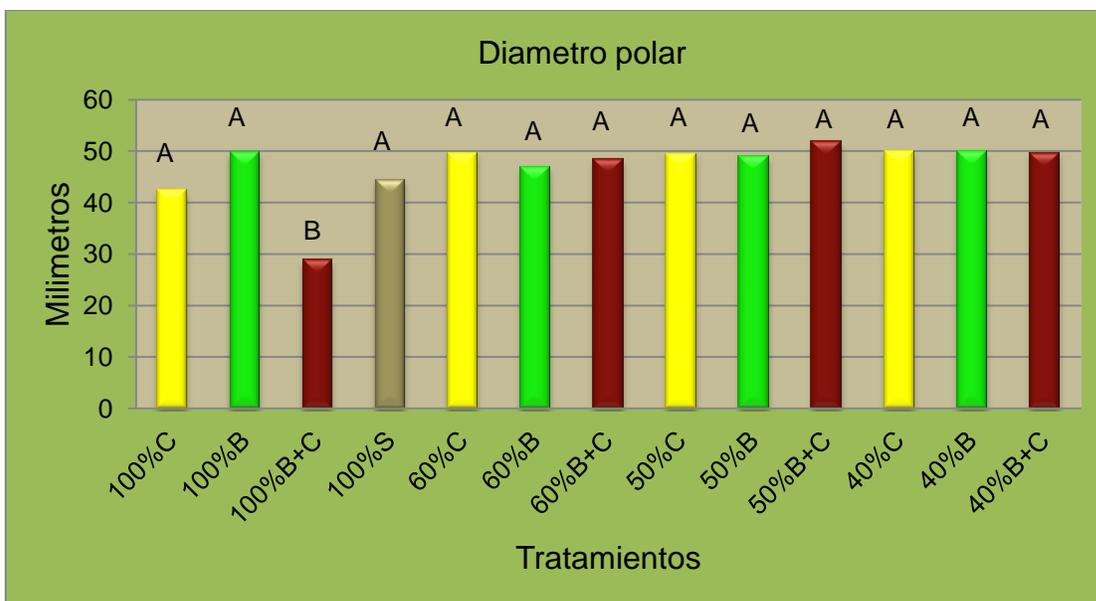


Fig. 4.3. Efecto de los distintos tratamientos en diámetro polar en cebolla (*Allium cepa* L).

Lo anterior tiene relación con lo que mencionan Atiyeh *et al.* (2000). La vermicomposta ha incrementado el crecimiento y desarrollo de las plántulas y la productividad de una amplia gama de cultivos. El incremento en el crecimiento y productividad de la planta se ha atribuido a las características físicas y químicas que presenta la vermicomposta.

Debido a estas características de la vermicomposta se ve que tuvo un efecto positivo en cuanto al diámetro polar, en todos los tratamientos, tanto en forma pura de los sustratos, como en sus diferentes combinaciones, ya que el rendimiento se mide en peso, pero también en diámetro, el peso de los bulbo es por el aumento en diámetro del bulbo, que es el más importante en el cultivo en estándares de calidad.

## Peso Fresco de Follaje

Para esta variable no encontramos diferencia significativa entre los tratamientos así que estadísticamente todos los tratamientos son iguales. Aunado a que no hay diferencia entre tratamientos, cabe mencionar que todos los tratamientos se ubicaron el grupo estadístico superior estando los valores entre 46.29 y 27.56 gr.

Cabe mencionar que el peso fresco del follaje que se obtuvo en las aplicaciones de lombricomposta de bobino tiene se manifestación parecida en peso fresco de bulbo.

Los datos de esta variable se transformaron, utilizando la ecuación de la raíz cuadrada, y la de arcoseno.

$$\sqrt{x + 1/2}$$

$$\text{arcoseno}\sqrt{x} \text{ o } \text{seno}^{-1}\sqrt{x}$$

(Thomas M. Little y F. Jackson Hills, 1989).



Fig. 4.4. Efecto de los distintos tratamientos en peso fresco de follaje en cebolla (*Allium cepa* L).

El mayor peso fresco del follaje se obtuvo en el tratamiento (100%B) con una media 46.29 gramos superando a todos los tratamientos. Esto concuerda con Ayala et al. (2001), citado por Rodríguez en el 2003, en donde el reporta el uso de la lombricomposta como sustrato para la producción de plántulas de lechuga como una fuente de nutrimentos que ayuda al crecimiento foliar.

Además, menciona que se ha aplicado en cultivos como el maíz dulce, con la finalidad de observar su comportamiento y eficiencia agronómica en su ciclo de crecimiento, reporta que favorece el crecimiento y la productividad de diferentes variedades de plantas, tanto de ornato como comestibles.

Bellapart (1988), menciona que la lombricomposta es el mejor abono orgánico existente, completo, ideal para la agricultura en general. Al haber pasado por el intestino de la lombriz es perfecta para la nutrición de las plantas.

### **Peso Fresco de Raíz**

En esta variable se encontró diferencia significativa únicamente, por lo tanto los resultados en el empleo de los sustratos experimentales ( $T_1 - T_4$ ) muestran que la lombricomposta de bobino (100%B) con un peso de 15.97 gr, supero a todos los tratamientos tanto en sus formas puras, como en las diferentes combinaciones.

Todos los tratamientos muestran buenos resultados tanto en forma pura como en sus diferentes combinaciones, puesto que todos se ubicaron en el grupo estadístico superior.

La lombricomposta de bobino presento mejores resultados en cuanto se aumentaba el porcentaje del sustrato, lo que también se manifiesta en peso fresco de follaje, peso fresco de bulbo, diámetros de bulbo.

Los datos de esta variable se transformaron, utilizando la ecuacion de la raíz cuadrada, y la de arcoseno.

$$\sqrt{x + 1/2}$$

*arcoseno* $\sqrt{x}$  o *seno* $^{-1}\sqrt{x}$

(Thomas M. Little y F. Jackson Hills, 1989).

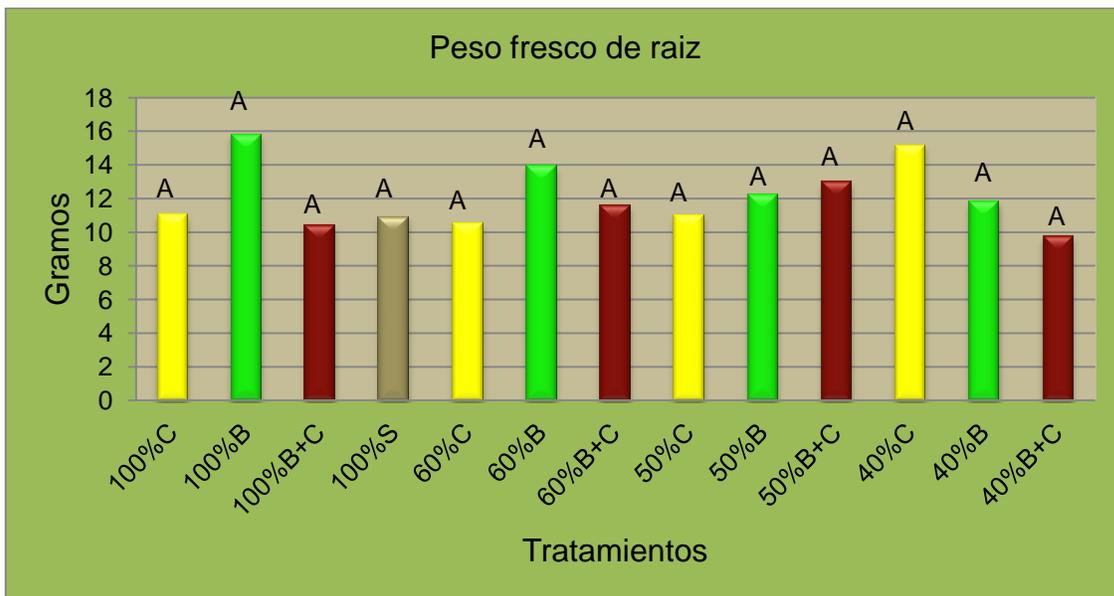


Fig. 4.5. Efecto de los distintos tratamientos en peso fresco de raíz en cebolla (*Allium cepa* L.).

Atiyeh *et al.*, (2000) comentan que la vermicomposta se caracteriza por estar conformada por materiales finamente divididos con gran porosidad, capacidad de retención de humedad. Además presenta una área superficial que permite absorber y retener fuertemente los elementos nutritivos, los cuales se encuentran en formas que son fácilmente asimilables para las plantas tales como los nitratos, el fosforo intercambiable, potasio calcio y magnesio solubles.

En consecuencia las vermicompostas pueden tener un gran potencial en las industrias hortícolas y agrícolas como sustrato para el crecimiento de la planta. Aunado a esto la vermicomposta lombricomposta de bobino, muestra un incremento en cuanto se aumenta la cantidad de sustrato.

### **Volumen Final de Follaje**

Para esta variable no se encontró diferencia significativa, aun que los resultados obtenidos tienen buena manifestación tanto en forma pura, como en combinación con el suelo ubicándose estos entre 54.91 y 37.45 cm<sup>3</sup>, en el nivel más alto.

Aun que los valores fueron estadísticamente similares la lombricomposta de bobino tubo valores mayores lo que se manifiesta en peso de fresco de bulbo, diámetro ecuatorial, peso fresco de raíz y peso fresco de follaje.

Los datos de esta variable se transformaron, utilizando la ecuación de la raíz cuadrada, y la de arcoseno.

$$\sqrt{x + 1/2}$$

$$\text{arcoseno}\sqrt{x} \text{ o } \text{seno}^{-1}\sqrt{x}$$

(Thomas M. Little y F. Jackson Hills, 1989).

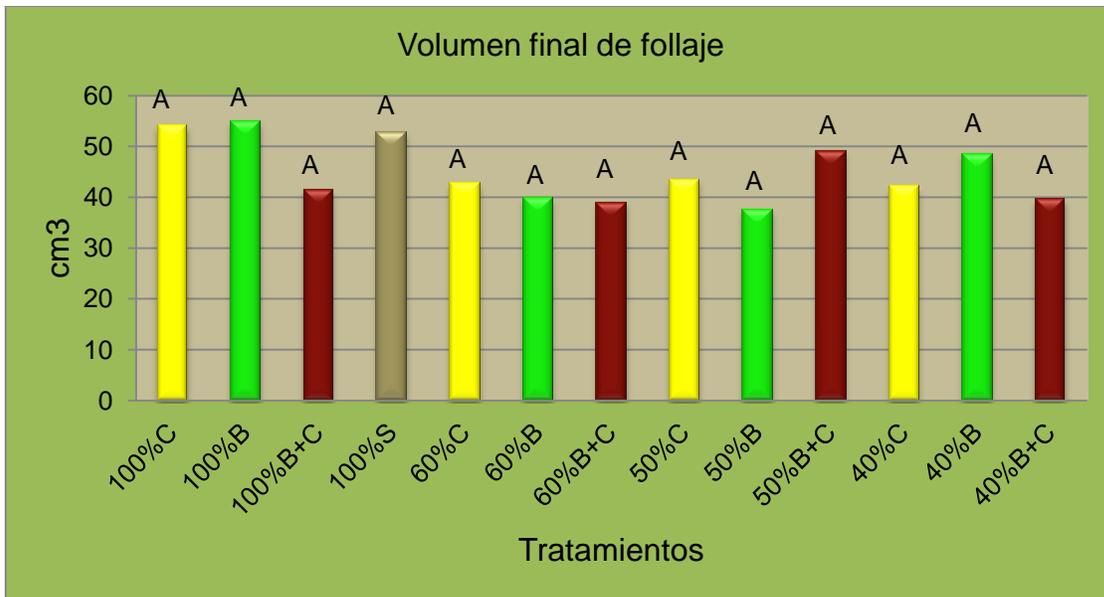


Fig. 4.6. Efecto de los distintos tratamientos en volumen final de follaje en cebolla (*Allium cepa* L).

Pereira y Zezzi- Arruda (2003) comentan que la vermicomposta, contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma paulatina y facilita su asimilación por las raíces e impide que estos sean lixiviados con el agua de riego manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo y favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas. Bueno pues de esta manera se mostraron los resultados mejores en los sustratos en sus formas puras (100%B) y (100%C), lo que de igual forma pues se representa en peso fresco de follaje, peso seco de follaje.

## Volumen Final de Raíz

Para esta variable no se encontró diferencias significativas entre tratamientos por lo que estadísticamente todos los tratamientos son iguales. Cabe mencionar que aunque el tratamiento 100%B mostro mejores resultados todos se ubican en el nivel más alto ubicados entre 15.6 y 9.9 cm<sup>3</sup>.

Los datos de esta variable se transformaron, utilizando la ecuacion de la raíz cuadrada, y la de arcoseno.

$$\sqrt{x + 1/2}$$

$$\text{arcoseno}\sqrt{x} \text{ o } \text{seno}^{-1}\sqrt{x}$$

(Thomas M. Little y F. Jackson Hills, 1989).



Fig. 4.7. Efecto de los distintos tratamientos en volumen final de raíz en cebolla (*Allium cepa* L).

La lombricomposta es un abono orgánico, biorregulador, de gran uniformidad, buen contenido nutrimental, buen drenaje, una excelente estructura física, porosidad y capacidad de retención de humedad. Estas características, presentes en el abono, son útiles en la prácticas agrícolas (Salazar, 2004). Debido a estas características que confieren las vermicompostas mostro mayor efecto en los tratamientos de (100%B), (60%B), (50%B+C) y (40%C).

### Peso Seco de Bulbo

Los resultados manifiestan diferencia altamente significativa entre tratamientos para esta variable. Por lo tanto los sustratos puros (T1-T4), se ubicaron en el nivel más alto la aplicación de 100%B y 100%C, con valores de 16.12 y 15.49 gramos.

Mientras que el testigo se colocó en el nivel medio y la aplicación de 100%B+C en el nivel más bajo con un peso de 4.45 gramos.

En las combinaciones de los diferentes sustratos experimentales se manifestó un buen comportamiento puesto que todas superaron al testigo y al 100%B+C. Casi todas las aplicaciones con suelo superaron a los tratamientos de los sustratos puros al 100%, menos la combinación de 60%B que esta fue superada por 100%B y 100%C.

Cabe mencionar, que en el caso de la lombricomposta de bobino, se nota que el bulbo es más pesado cuando esta se combina con suelo por la diferencia que se encuentra en peso fresco y peso seco.

Los datos de esta variable se transformaron, utilizando la ecuación de la raíz cuadrada, y la de arcoseno.

$$\sqrt{x + 1/2}$$

$$\text{arcoseno}\sqrt{x} \text{ o } \text{seno}^{-1}\sqrt{x}$$

(Thomas M. Little y F. Jackson Hills, 1989).

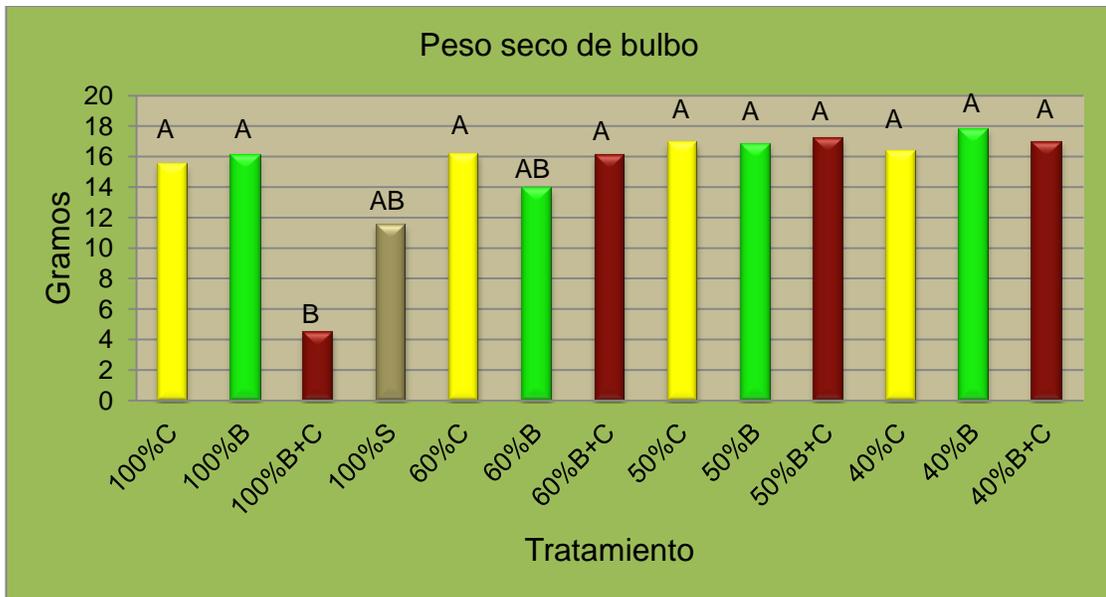


Fig. 4.8. Efecto de los distintos tratamientos en peso seco de bulbo en cebolla (*Allium cepa* L.).

La vermicomposta ha incrementado el crecimiento y la productividad de una amplia gama de cultivos. El crecimiento y productividad de la planta se ha atribuido a las características físicas y químicas que presenta la vermicomposta (Atiyeh *et al.*, 2000)

La pérdida de peso de los vegetales frescos se debe básicamente a dos fenómenos: la respiración por la oxidación de los substratos, como carbohidratos, que constituyen la parte de la materia seca, y la transpiración por la salida de agua del producto al ambiente (Krarup, 1992; Depestre *et al.*, 1992; Arias, 1992; López, 1992).

## Peso Seco de Follaje

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron, en esta variable no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos por lo tanto todos los tratamientos son iguales estadísticamente.

Todos los tratamientos se ubicaron estadísticamente en el nivel más alto estando en los valores de 11.33 y 7.91 gramos.

Los datos de esta variable se transformaron, utilizando la ecuación de la raíz cuadrada, y la de arcoseno.

$$\sqrt{x + 1/2}$$

$$\text{arcoseno}\sqrt{x} \text{ o } \text{seno}^{-1}\sqrt{x}$$

(Thomas M. Little y F. Jackson Hills, 1989).

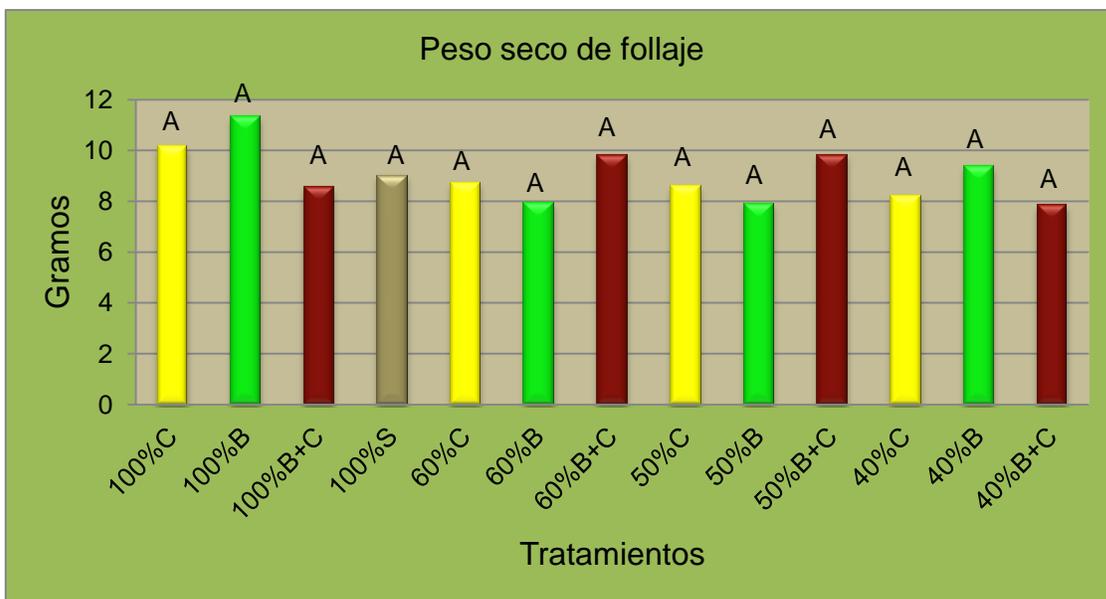


Fig. 4.9. Efecto de los distintos tratamientos en peso seco de follaje en cebolla (*Allium cepa* L).

Por las características especiales que tiene el extracto de composta se usa para inocular la vida microbiana en la tierra o hacia el follaje de plantas, y para agregar los nutrientes solubles al follaje o a la tierra como alimento de plantas (De Lara, 2007).dichas características se manifestaron en una mejor respuesta en 100%B, 100%C seguidas de 60%B+C y 50%B+C en materia seca.

### Peso Seco de Raíz

Una vez analizados los datos obtenidos con la aplicación de los sustratos puros y las diferentes combinaciones aplicadas con suelo, se determino que para esta variable no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos de modo que todos los tratamientos estadísticamente son iguales.

Cabe mencionar que en el caso de la lombricomposta de bobino la raíz y follaje presentan buen peso debido a que se manifiesta en el bulbo.

Los datos de esta variable se transformaron, utilizando la ecuación de la raíz cuadrada, y la de arcoseno.

$$\sqrt{x + 1/2}$$

$$\text{arcoseno}\sqrt{x} \text{ o } \text{seno}^{-1}\sqrt{x}$$

(Thomas M. Little y F. Jackson Hills, 1989).

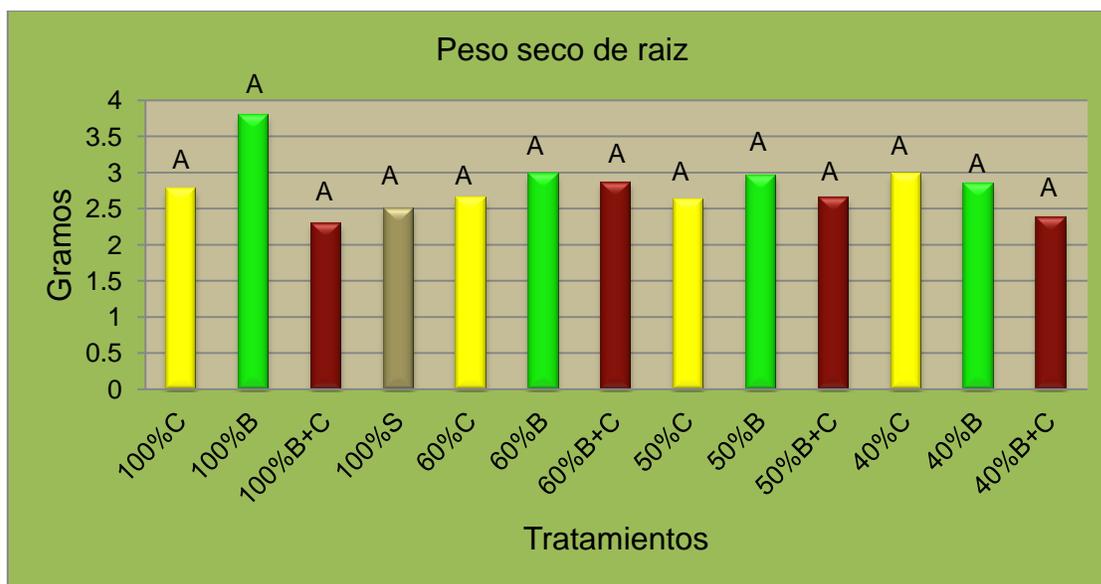


Fig. 4.10. Efecto de los distintos tratamientos en peso seco de raíz en cebolla (*Allium cepa* L.).

Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Ayala *et al.* (2001) donde reportan el uso de lombricomposta como sustrato para la producción de plántulas de lechuga como una fuente de nutrimentos que ayuda al crecimiento foliar y radical de éstos. A si mismo se muestra que se obtuvo un mayor efecto en 100%B obteniendo un mayor peso en materia seca.

### **Diámetro de Tallo**

En base a los resultados obtenidos en cuanto al diámetro de tallo, en los sustratos experimentales en su forma pura (T1 – T4) se nota claramente que las aplicaciones 100%C y 100%B superaron al testigo, obteniendo así el diámetro mayor de 20.4mm el 100%B, mientras que el 100%B+C fue superado por el testigo, obteniendo así el menor resultado con 11.12 mm.

Mientras que casi todas las combinaciones de los sustratos orgánicos superaron al testigo a excepción de la combinación (40%B+C) obteniendo el menor diámetro de 11.3 milímetros.

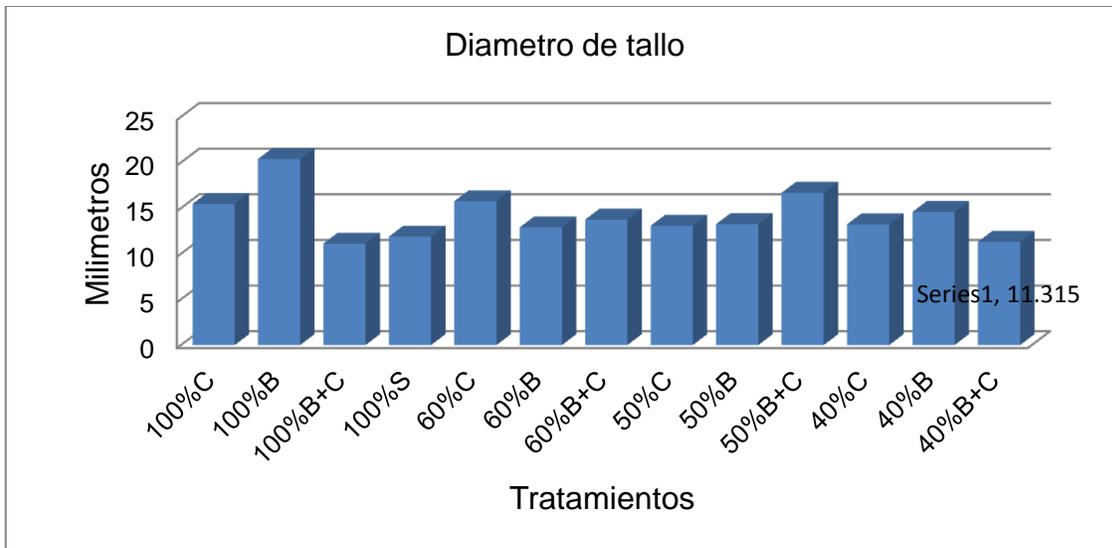


Fig. 4.11. Efecto de los distintos tratamientos en diámetro de tallo en cebolla (*Allium cepa* L).

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Acevedo y Pire (2004) en estudios con sustratos en fase de vivero y campo con frutales como lechosa y parchita, donde reportaron que el uso de vermicompost solo o en combinación con diferentes proporciones de fertilizante químico, tuvo un efecto altamente significativo en el desarrollo de las plantas y que el menor diámetro se encontró en las plantas desarrolladas en sustratos con ausencia de vermicompost con y sin la adición de fertilizante químico. Efecto similar son los resultados que mostro el sustrato de lombricomposta de bobino donde los mejores diámetros se lograron con mayor % de vermicomposta.

## Altura de Planta

Los resultados obtenidos, muestran que los sustratos experimentales en forma pura (T1 – T4) se nota claramente que la aplicación lombricomposta de bobino (100% B) fue superior a todos los tratamientos, con una altura de 59 cm. Seguidos de el suelo (100%S) y la lombricomposta de cocina (100%C) obteniendo estos dos resultados similares y la lombricomposta de borrego mas cabra (100%B+C) fue el más bajo con una altura de 36 cm.

Mientras que las combinaciones de los sustratos orgánicos casi todas superaron al testigo (100%S) a excepción la combinación de (40%+BC) obteniendo una altura de 40 cm. Los tratamiento de 100%B+C y 40%B+C fueron superados por el testigo pero este a la vez fue superado por todos los tratamientos tanto en forma pura como en sus combinaciones.

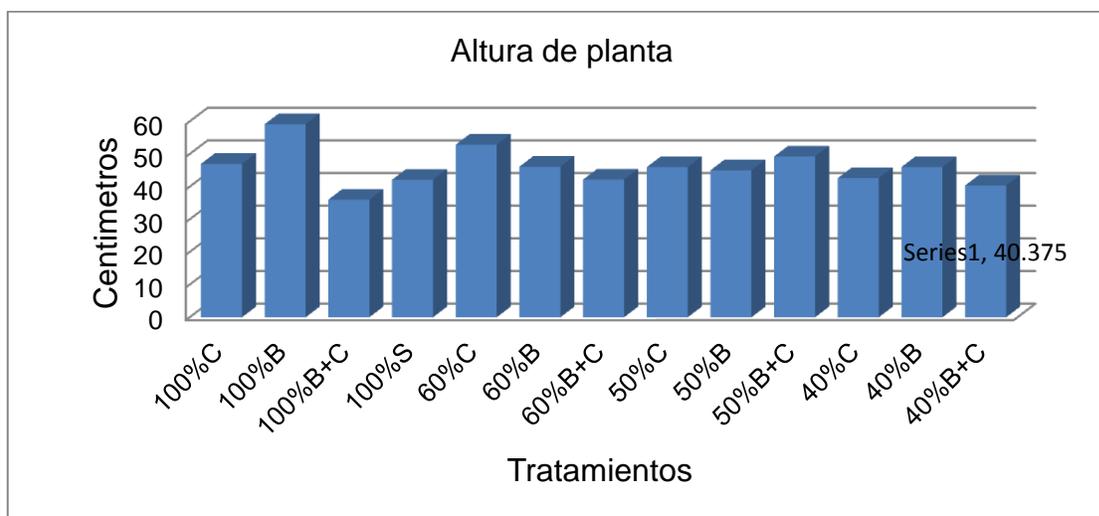


Fig. 4.12. Efecto de los distintos tratamientos en altura de planta en cebolla (*Allium cepa* L).

La aplicación de lombricomposta ha mejorado la germinación y crecimiento de diferentes tipos de plantas (Subler *et al.*, 1998; Atiyeh *et al.*, 2000), debido a la gran cantidad de nutrientes presentes en la composta y que no se encuentran en los fertilizantes químicos en su totalidad, como los son, el nitrógeno, fósforo, potasio soluble, así como calcio y magnesio (Orozco *et al.*, 1996). Favoreciendo el crecimiento y productividad de las diferentes variedades de plantas, tanto de ornato como comestibles (Atiyeh *et al.*, 2002).

### **Número de Hojas**

Una vez que se analizaron los resultados en el empleo de los sustratos orgánicos se manifiesta que en sus formas puras los materiales (T1 – T4) que la aplicación de lombricomposta de bobino (100%B+C) y (100%B+C) se ubican en el valor más alto con 10 hojas, seguidos por las aplicaciones de lombricomposta de (100%C) y suelo (100% S), obteniendo así este último el valor más bajo con 8 hojas.

Por otra parte el suelo (100%S) supero a casi todas las combinaciones de los sustratos experimentales a excepción de la combinación 50%B+C que se ubico en un nivel de igualdad con los sustratos en forma pura 100%B y 100% C.

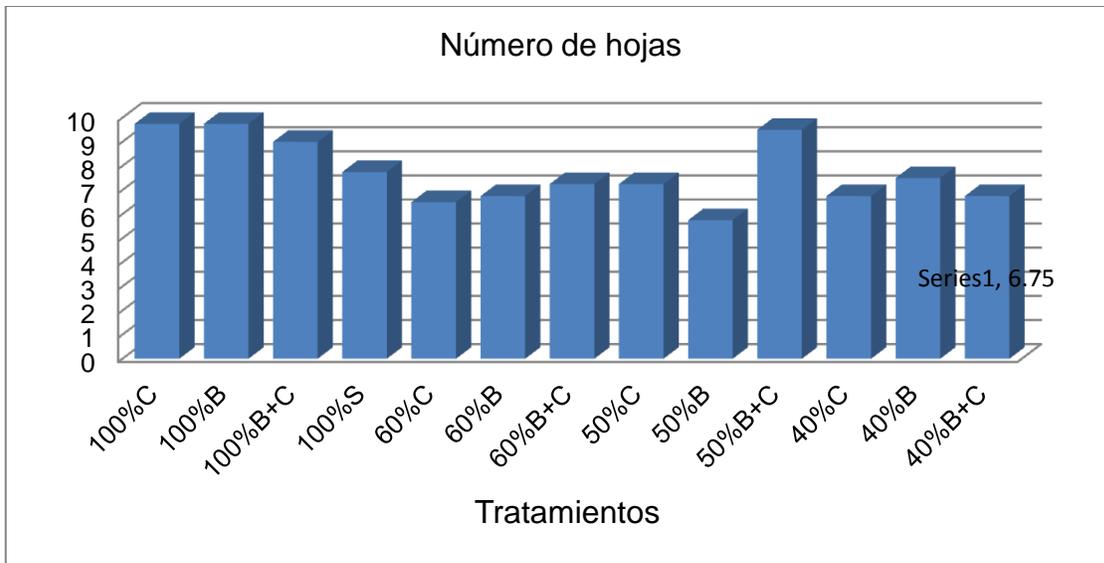


Fig. 4.13. Efecto de los distintos tratamientos en número de hojas en cebolla (*Allium cepa* L).

Ayala *et al.* (2001) reportan el uso de lombricomposta como sustrato para la producción de plántulas de lechuga como una fuente de nutrimentos que ayuda al crecimiento foliar y radical de éstos. Debido a los nutrimentos que las mismas confieren podemos ver que mostro un mayor efecto en las formas puras de las lombricompostas, y en las combinaciones de las mismas mostraron resultados similares al suelo natural (100%S).

### Volumen de Riego

Se manejo de manera uniforme para todas las unidades experimentales hasta el final del experimento pero con un aumento consecutivamente de acuerdo a las etapas y necesidades del cultivo.

Cuadro 4.2. Relación del volumen total de riego y producción final.

TRATAMIENTO	LTS /PARCELA	LTS / PLANTA	RENDIMIENTO ( gr / bulbo)
100%C	84.7	14.11	58.9
100%B	84.7	14.11	104.79
100%B+C	84.7	14.11	9.8
100%S	84.7	14.11	42.94
60%C	84.7	14.11	81
60%B	84.7	14.11	74.09
60%B+C	84.7	14.11	84.70
50%C	84.7	14.11	68.91
50%B	84.7	14.11	74.35
50%B+C	84.7	14.11	98.33
40%C	84.7	14.11	76.51
40%B	84.7	14.11	93.42
40%B+C	84.7	14.11	75.74

## VARIABLES EVALUADAS AL SUELO

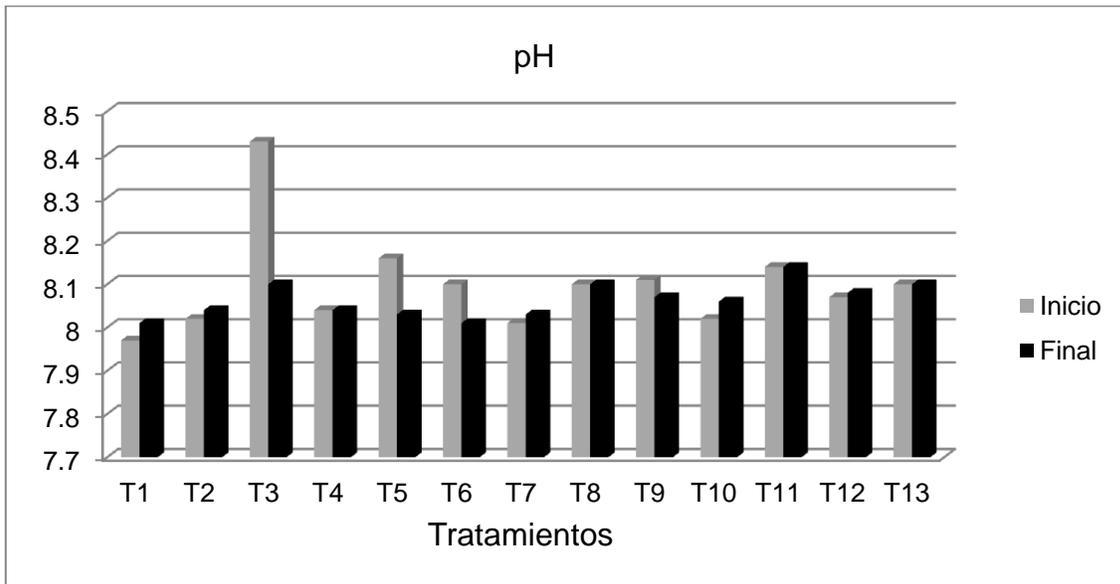


Fig. 4.14. pH de los sustratos utilizados en forma pura y sus diferentes combinaciones con suelo al inicio y final del experimento.

Como se puede apreciar el T3 (100%B+C) fue el que obtuvo mayor diferencia con respecto a los demás tratamientos, mostrándose al inicio con un valor de (8.43) y al final con (8.1) obteniendo una diferencia de 0.33. En las combinaciones con los diferentes sustratos experimentales se puede apreciar que el T5, T6, T11, T9, T8 son los que más sobresalieron obteniendo valores entre (8.16 y 8.1)

La cebolla crece bien en suelos francos con pH entre 6 y 7,5 siendo muy exigente en fósforo (Benacchio, 1982). Los abono orgánicos al ser aplicados al suelo influyen sobre estas propiedades; por ejemplo Díaz-Fierro *et al.* (1983), informan que la adición de purín de vacuno a un suelo ácido eleva el pH en la capa superficial pudiendo llegar hasta un valor de 8.6.

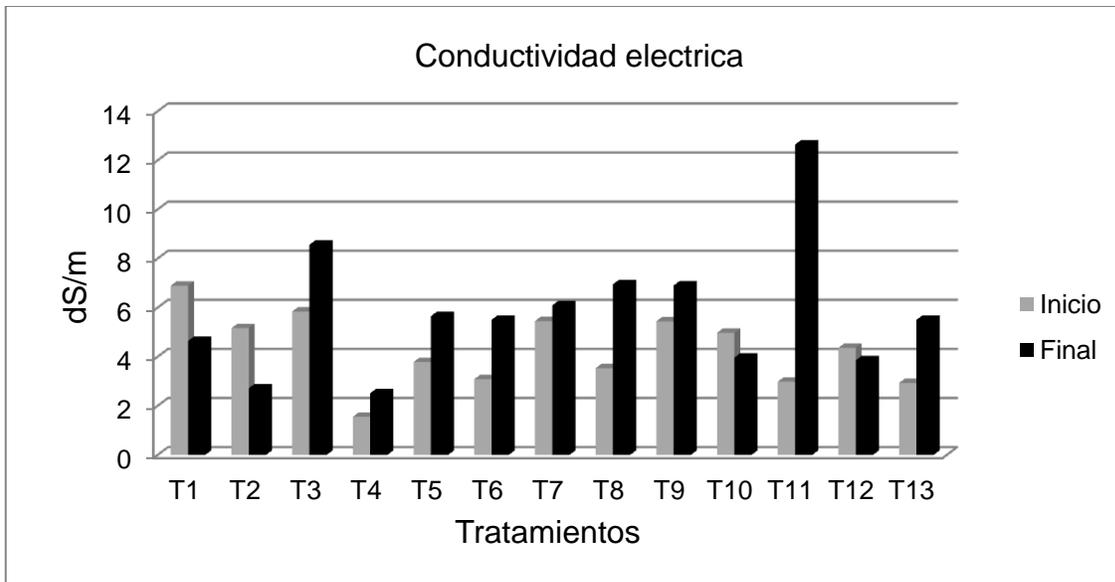


Fig. 4.15. Conductividad eléctrica de los sustratos utilizados en forma pura y sus diferentes combinaciones con suelo al inicio y final del experimento.

Los tratamientos que más diferencia muestran son los que se hallan en su forma pura (T1 –T4). Son el T1 (100% Cocina) y T3 (100% Borrego+ cabra) con respecto al T4 (100 Suelo). Teniendo estos los valores de 6.89 y 5.84 al inicio, al final 4.64 y 8.56. El tratamiento que más sobresale es T11 (40%C) mostrando al final un incremento considerado con un valor de 12.64 dS/cm.

Las sales producidas en estas formas pueden ser transportadas por agua y aire y depositarse en los suelos, el agua se pierde por evaporación y transpiración, dejando en el suelo las sales que anteriormente contenía, repitiendo este proceso por un número significativo de veces se origina o se aumenta la salinidad del suelo (Curso de Edafología, Departamento de ciencias del suelo).

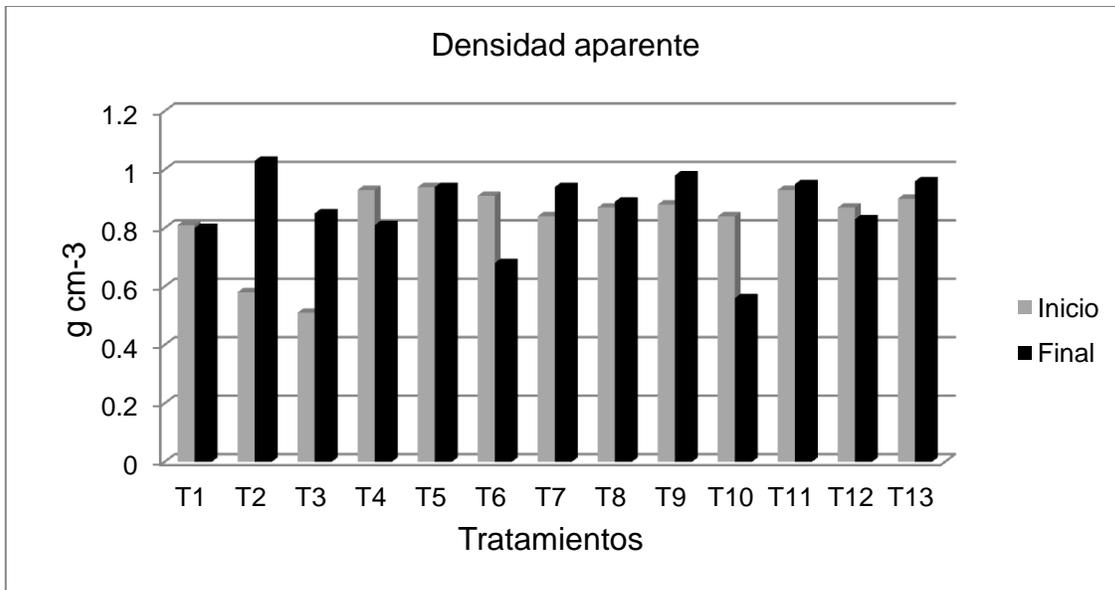


Fig. 4.16. Densidad aparente de los sustratos utilizados en forma pura y sus diferentes combinaciones con suelo al inicio y final del experimento.

El T2 (100%Bovino) obtuvo el valor más alto que todos los tratamientos con un valor de 0.58 al inicio, y teniendo un incremento alto con un valor de 1.03. Todas las combinaciones se manifiestan de forma similar que el T4 (100% suelo). Estando los valores de estos entre 0.93 y 0.89 al inicio y al final en 0.89 y 0.59

J. Z. Castellanos *et al* J. X. Uvalle Bueno. A. Aguilar Santelises (2000). La densidad aparente de los suelos expresa el contenido de sólidos por unidad de volumen ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ). Esta propiedad está asociada a la textura del suelo al igual que otras propiedades. Esta propiedad indica la compactación del suelo y es un indicador del grado de facilidad o dificultad que podría tener la raíz para penetrar el suelo y explorarlo.

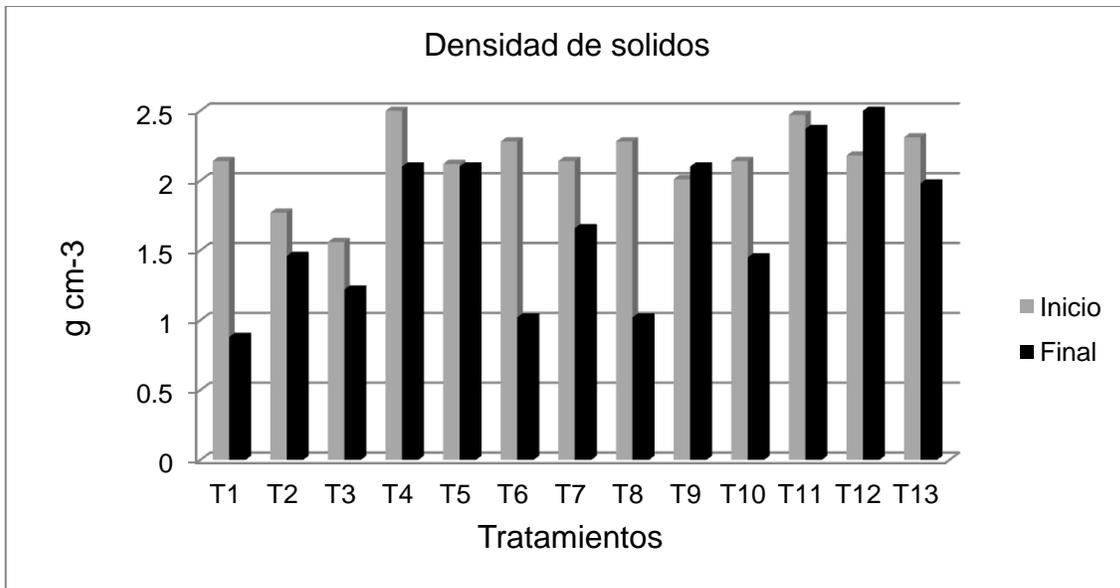


Fig. 4.17. Densidad de sólidos de los sustratos utilizados en forma pura y sus diferentes combinaciones con suelo al inicio y final del experimento.

Como se puede apreciar en la figura el T4 (100% Suelo) se ubica en el valor más alto, lo mismo sucede en los tratamientos T11, T12 y T13, ya que son los tratamientos con más porcentaje de suelo.

J. Z. Castellanos *et al* J. X. Uvalle Bueno. A. Aguilar Santelises (2000). La densidad aparente de los suelos expresa el contenido de sólidos por unidad de volumen (gr/cm<sup>3</sup>).

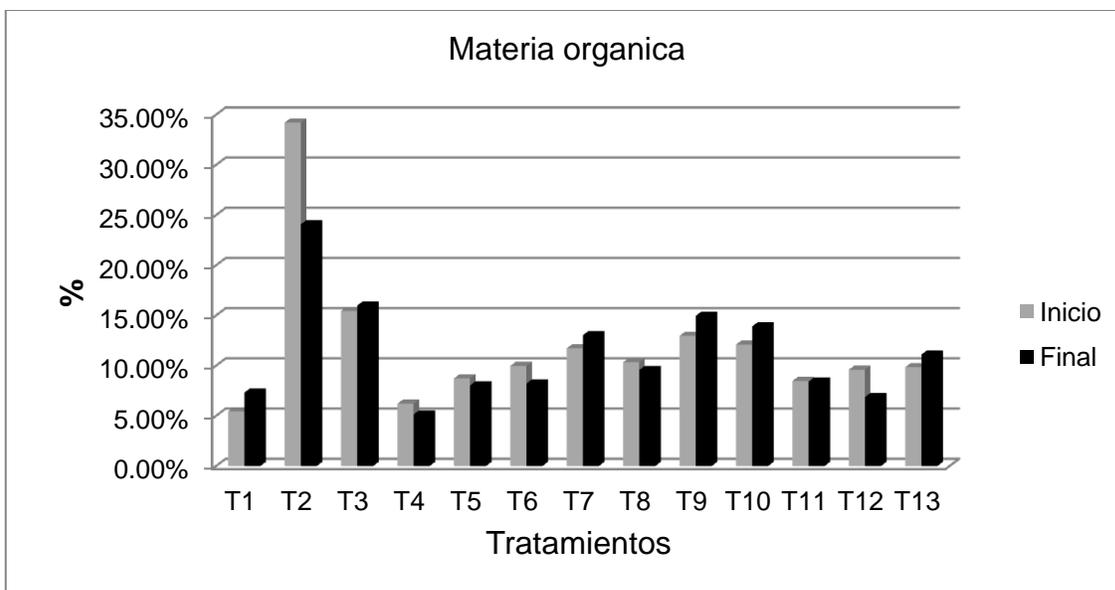


Fig. 4.18. Materia orgánica de los sustratos utilizados en forma pura y sus diferentes combinaciones con suelo al inicio y final del experimento.

Como se muestra en la figura, se puede apreciar que los tratamientos que mas sobresalen son T2 (100%Bobino) y T3 (100% Borrego + cabra) con valores de 34.21% y 15.14 % al inicio y al final con 24.07 y 15.98

Según Gandarilla (1988) los abonos orgánicos presentan entre otras cosas un alto contenido de sustancias orgánicas y al ser aplicados al suelo van a influir directamente sobre los contenidos y la calidad de la materia orgánica de este. Es por ello que Korsehens y Klimanek (1980) expresaron que existe una correlación positiva entre el abonado y la materia orgánica del suelo.

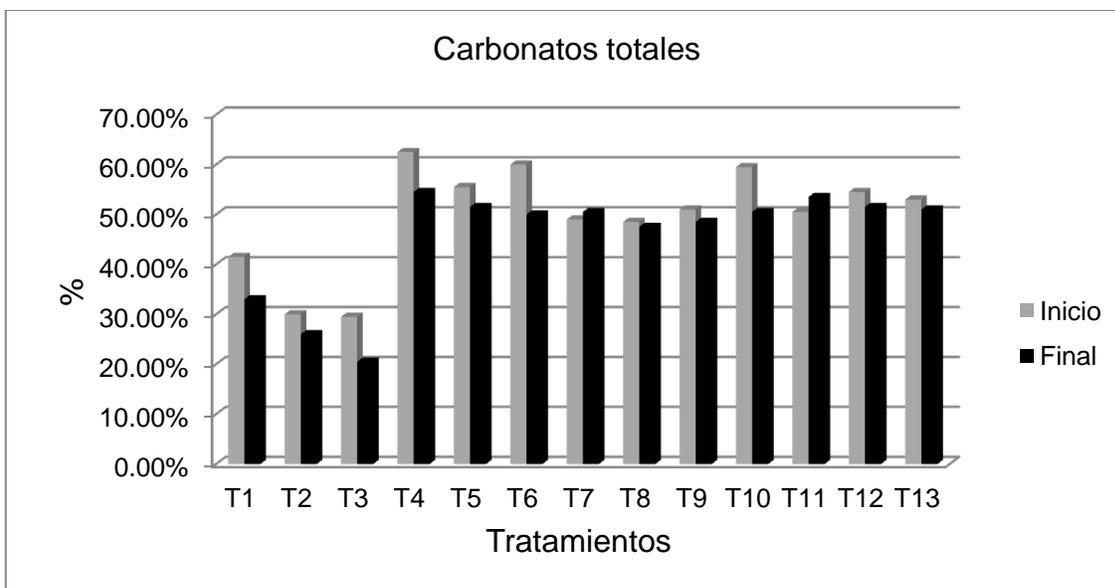


Fig. 4.19. Carbonatos totales de los sustratos utilizados en forma pura y sus diferentes combinaciones con suelo al inicio y final del experimento.

Primeramente el T4 (100% suelo) supero a todos los tratamientos con un valor de 62.50% al inicio y al final 55%. Los tratamientos T1 (100% Cocina), T2 (100% Bovino) y T3 (100% Borrego + cabra) fueron los que mostraron los valores más bajos que el testigo T4 (100% Suelo) y que todas las diferentes combinaciones.

La determinación de los carbonatos de un suelo tiene interés por su valor diagnóstico de diversas propiedades del suelo: estructura, actividad biológica, bloqueo de nutrientes. Los suelos reciben el nombre de calizos cuando el contenido en carbonatos totales es superior al 20 %. (Bustamante Alonso, I. y P. Corral Barbero, (1999).

## V. CONCLUSIONES

En base a los resultados y bajo las condiciones que se realizo esta investigación, se establecen las siguientes conclusiones.

- Los tratamientos de lombricomposta de bovino (100%B) y la combinación de lombricomposta de borrego mas cabra (50%B+C) son los que dieron los valores más altos en producción de cebolla.
  
- El tratamiento tubo mejores rendimientos en las variables evaluadas fue lombricomposta de bovino 100%B.

## VI. LITERATURA CITADA

- Acevedo, I. C. y R. Pire. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (*Carica papaya* L.). *Interciencia* 29 (5): 274-279.
- Arias, C. 1992. Situación general del manejo postcosecha de frutas y hortalizas *In*: Producción, Postcosecha y Comercialización de Ajo, Cebolla y Tomate. FAO. Santiago, Chile. P. 219-224.
- Atiyeh, R. M. N. Q. Arancon, C.A. Edwards and J.D. Metzger. 2002. The influence of earthworm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology*, Elsevier. 81: 103-108.
- Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., and Shuster, W. 2000. Effects of vermicompost and compost on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*. 44:579-590.
- Ayala, H. J., E. Arias A. y M. Andrade R. 2001. Sustratos para la producción de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo condiciones de invernadero. Reunión Interamericana de Ciencias Hortícolas. *Horticultura Mexicana*. 8: 54.
- Benacchio, S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas de 58 especies de cultivo con potencial de producción en el trópico americano (Compendio). FONAIAP. Maracay, Venezuela.
- Bustamante Alonso, I. y P. Corral Barbero, 1999. Laboratorio de Análisis Agrícola I.N.E.A.INEA

- Castell V. y Diez M. J. 2000. colección de semillas de cebolla del centro de conservación y mejora de la agrobiodiversidad valenciana. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid, España. 99p.
- Cronquist, A. 2009. Introducción a la Botánica Sistemática. Editorial. C.E.C.S.A. México, D.F.
- Cuevas, T. 1995. Tratamientos de los desechos sólidos orgánicos mediante la lombricultura. Instituto de Suelos. Cuba.
- Curso de edafología departamento de suelos. Octubre 1977. Saltillo, Coahuila, México.
- Depestre, T.; Álvarez, R.; Muñoz, L.; Enríquez, I, y Cerezal, P, 1992. Cebolla: Manejo de la Producción, Agroindustrial Y Producción de Semilla en Condiciones Tropicales .In: Producción, Postcosecha y Comercialización de Ajo, Cebolla y Tomate.FAO. Santiago, Chile. p 135-172.
- Díaz- Fierro, F; A. Cabaneiro; M. Carballas; M.C. Leiros; T. Carballas y F. Gil: Modifications of the soil properties produced by treatment with cattle scurry. Studies about humus II. 1983: 299-302.
- Gandarilla, J. E. Y Colectivos de autores: Uso del humus de lombriz en los principales suelos y cultivos de Cuba. Trabajo presentado al CITMA en opción al premio anual de la resolución 34/98. Archivo. Dirección Provincial de Suelos; 1998: 16 – 22.
- García, R. 1996. Vermicomposta e inoculación micorrízica en maíz y cebolla cultivadas en tepetates. Tesis de licenciatura. Depto. de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- George, R, A, T, 1999. Producción de semillas de plantas hortícolas. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pag: 269-233
- George, R.A.T.1989. Producción de semillas hortícolas. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pag: 233-269
- Gliessman. 2000. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agricultural. Lewis Publishers. E. U. A.
- Guenkov, G. 1974. Fundamentos de la horticultura cubana. Ed. Instituto Cubano del Libro. pp. 217 – 233.
- Irrisson, S. 1995. Calidad del abono y de la lombriz de tierra. Resultantes del lombricompostaje de la pulpa de café. Tesis Profesional. Universidad Veracruzana. Facultad de química, Farmacéutica Biológica. Zona Xalapa. Veracruz, México.
- J. Z. Castellanos. J. X. Uvalle Bueno. A. Aguilar Santelises. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas.

- Korschens, M. y E. M. Klimanek: Beziehungn zwischen dem geholt des bodens on organischer substanz und wichtign bodeneignschaften, untersucht amstatischen versuch lanchstüdt. Archiv. Für Acerund pflanzenbau und Bodenkunde. 24. 1980:25.
- Krarp, C, 1992. Manejo Post-Cosecha de Cebollas, *In*: Primer Curso-Taller de Cebollas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental La Platina. Santiago, Chile. p 5.12-5.22.
- López, A. 1992. Principios Básicos de la Postcosecha de Frutas Y Hortalizas con especial énfasis en Ajo, Cebolla Y Tomate. FAO. Santiago, Chile. P 135-172.
- Martínez C. 1995. Evaluación de la composición química y microbiológica de la lombricomposta procedente de distintos sustratos. *Lombricultura Técnica Mexicana*. Texcoco México.
- Martínez C.C.1999. Potencial de la lombricultura, elementos básicos para su desarrollo. Segunda reimpresión en español. Editorial lombricultura técnica mexicana. Texcoco, Estado de México.
- Moctezuma G., R. C. 2003. Evaluación de la nutrición, rendimiento y calidad del cultivo de tomate (*lycopersicum esculatum*, Mill) en diferentes fuentes de nutrición, bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Noriega A., G., *et al.* 2002. Producción de abonos orgánicos y lombricultura. Fundación PRODUCE Chiapas. Universidad Autónoma Chapingo. Chiapas, México.
- Orozco, F.H., J. Cegarra, L.M. Trujillo and A. Roig. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using earthworm *Eisenia foetida*: Effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils*. No.22: 162-166
- Pereira, M. G. and Zezzi-Arruda, M. A. 2003. Vermicompost as a Natural Adsorbent Material: Characterization and Potentialities for Cadmium Adsorption. *J. Braz. Chem. Soc.*, 14(1):39-47.
- Pérez, G. M. S. F. Márquez y L. A. Peña. 1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Universidad Autónoma de Chapingo. Primera edición en español. pp. 246 – 247 y 248
- Pérez, G. M. S. F. Márquez y L. A. Peña. 1998. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Ed. Mundi Prensa. 2da edición. México D. F.380p.

- R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Rivera C. C. E. 2006 Efecto de la Productividad de Cebolla (*allim cepa* L.) en Diferentes Edades de Plántula a Trasplante en Tres Diferentes Condiciones de Fertilización. Tesis de Licenciatura. Buenavista Saltillo Cuah. México 83p.
- Rodríguez, P. F. G. Velázquez, C. Chamorro Y N. Martínez, 1992. Adaptación Tecnológica de la Lombricultura en la zona cafetalera de Alban Cundinamarca. Acta Biologica Colombiana 7-8:91-109.
- Rubatzky, V.E. and M. Yamaguchi. 1997. World vegetables: Principles, production and nutritive values. 2<sup>a</sup>. ed. Chapman & Hall. Pag: 279-332.
- Salazar, R. F. 2004. Revisión bibliográfica sobre la lombricomposta y aspecto técnico para su producción a través de una experiencia práctica. Trabajo de experiencia reapsional en la modalidad de reporte técnico. Universidad Veracruzana Xalapa, Veracruz, México.
- Subler, S., C. A. Edwards and J. Metzger. 1998. Comparing vermicompost and compost. Biocycle. 39: 63-66.
- Thomas M. Little. F.Jackson Hills. 1989. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura –2 ed. – México: Trillas.
- Valadez L. A. 1997. Producción de Hortalizas. Grupo Noriega Editores. Sexta reimpresión. México D. F.298p.
- Valadez, L. Artemio.1998 Producción de Hortalizas Editorial Limusa, S. A. de grupo Noriega editores Balderas 95, México, D. F. pp. 81