



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“EFECTO DE COMPOSTA, VERMICOMPOSTA Y  
FERTILIZANTE EN LA PRODUCCION DE  
CEMPASUCHIL (*Tagetes erecta L.*) Y LA FORMACION  
DE AGREGADOS A PARTIR DE UN TEPETATE  
FRAGMENTADO”.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**B I O L O G A**

**P R E S E N T A :**

**TANIA IZQUIERDO CASTRO**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. DAVID FLORES ROMAN**



**2004**



**FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Tania Izquierdo Castro  
FECHA: 26/02/04  
FIRMA: Tania

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
**Jefe de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: "Efecto de composta, vermicomposta y fertilizante en la producción de compasúchil Tagetes erecta L. y la formación de agregados a partir de un tepetate fragmentado".

realizado por Tania Izquierdo Castro

con número de cuenta 97544157 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
Propietario

Dr. David Flores Román.

Propietario

Dra. Alma Socorro Velázquez Rodríguez.

Propietario

M. en C. Pedro Eloy Mendoza Hernández

Suplente

M. en C. Armando Gómez Campos

Suplente

Biol. Aleida García Cruz.

Consejo Departamental de

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA  
DE BIOLOGIA

*A mis padres*

*Hermanos*

*y*

*Abue*

---

## Agradecimientos.

Quiero agradecer a Dios por dejarme terminar esta etapa de mi vida.

A la universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ciencias, al Instituto de Geología, al Departamento de Edafología y al Laboratorio de Fertilidad de suelos, por brindarme la posibilidad de acceder al conocimiento y poner a mi disposición lo necesario para la satisfacción de mis inquietudes científicas y culturales.

Con respeto y admiración, al Dr. David Flores Román, por la entusiasta y acertada dirección de mi trabajo de investigación. Por su paciencia, comprensión, dedicación y tiempo.

A los miembros del Jurado, Dr. David Flores Román, Dra. Alma Socorro Velázquez Rodríguez, M.C. Pedro Eloy Mendoza Hernández, M.C. Armando Gómez Campos y Biol. Aleida García Cruz, por sus valiosas sugerencias, que permitieron elevar el nivel de calidad del presente trabajo.

A mis amigos, compañeros y colegas del laboratorio de Fertilidad de suelos, M. C. Jessica I. Díaz Avelar, Tania Vargas González, Areli Plancarte Salas, Yoatzin Reygadas Langarica y M.C. Gilberto Vela Correa, por su colaboración y amistad. En forma muy especial a la Biol. Aleida García Cruz y Dra. Alma Velázquez Rodríguez por su invariable apoyo, amistad y tiempo que recorrieron conmigo. También al Biol. Humberto Núñez Cardona, por brindarme su amistad, consejos y apoyo en la realización de este trabajo.

A todos los integrantes del departamento de edafología, por brindarme su amistad durante la realización de este trabajo. Especialmente al Dr. Jorge Gama Castro, M.C. Carolina Jasso Castañeda, Dra. Ernestina Vallejo Gómez, Dra. Elizabeth Solleiro Rebolledo y Química Leticia Arias Hernández. Además y con todo agradecimiento al equipo de cómputo del Instituto.

A la Dr. Norma E. García Calderón y la Bióloga Claudia Vallejo Albarrán, del laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias, por su apoyo y calidez.

Al Biólogo Javier Montoya Gómez, por facilitarme las enmiendas orgánicas y brindarme su amistad.

A mis padres Jorge y Eni, que siempre me apoyaron y apoyan para cumplir mis metas y que con su ejemplo me enseñaron a que todo se puede con voluntad y dedicación.

A mis hermanos Temoc y Jorge, así como sus esposas por quererme, tener fe en mí e interesarse en lo que hago.

A mis sobrinos queridos, por sus alegrías y compañía.

A mi abuelita Loy por apoyarme a cumplir mis ideales y otorgarme buenos consejos a lo largo de la vida.

A mis Familiares más cercanos, por su apoyo y comprensión otorgada, especialmente al Tío Víctor Hugo y Fernando, así como también a las Tías Paz y Gris.

A mis queridos amigos de la Carrera de Biología: Yaz, Karla, Gagy, Violet, Laurita, Fernandin, Gabilonda y Jaime, por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas.

A todos aquellas personas, que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo, **mi más sincera gratitud.**

---

**INDICE****RESUMEN**

<b>I.-Introducción.</b>	<b>1</b>
<b>II.- Revisión de literatura.</b>	<b>3</b>
<b>1.- Tepetate</b>	<b>3</b>
A. Definición.	3
B. Génesis.	3
a.- Formas de endurecimiento en los tepetates.	4
b.- Componentes minerales en los tepetates.	5
C. Tipos de capas volcánicas.	6
D. Distribución.	7
E. Importancia.	8
F. Uso agrícola	8
<b>2. Agregación.</b>	<b>9</b>
A. Definición.	10
B. Factores que determinan la agregación	10
a. Físicos.	10
b. Químicos.	11
c. Biológicos.	11
C. Estabilidad en húmedo.	12
D. Factores que determinan la estabilidad de los agregados.	13
<b>3. Abonos orgánicos.</b>	<b>14</b>
A. Composta.	15
a. Definición.	15
b. Tipos.	16

c. Importancia.	16
B. Vermicomposta.	17
a. Definición.	17
b. Tipos.	17
c. Importancia.	17
C. La vermicomposta frente a la composta	19
<b>4. Fertilizantes inorgánicos.</b>	<b>20</b>
A. Definición.	20
B. Tipos.	20
a. Clases de Fertilizantes.	21
C. Importancia.	22
a. Métodos de aplicación de los fertilizantes	23
<b>5. Cempasúchil (<i>Tagetes erecta</i> L ).</b>	<b>24</b>
A. Descripción Botánica.	24
B. Origen.	25
C. Distribución.	26
D. Exigencias para su cultivo.	26
a. Requerimientos nutrimentales.	26
b. Requerimientos Ecológicos.	27
E. Usos.	27
<b>6. Relación – Suelo – Planta – Agregación.</b>	<b>28</b>
<b>III.- Objetivos.</b>	<b>30</b>
1. Objetivo general.	30
2. Objetivos particulares.	30
<b>IV. Hipótesis.</b>	<b>31</b>
<b>V.- Características de la zona de colecta.</b>	<b>31</b>

---

1. Localización.	31
2. Fisiografía.	32
3. Clima.	32
4. Vegetación.	33
5. Edafología.	33
<b>VI. Metodología.</b>	<b>34</b>
1. Diseño experimental.	34
2. Parámetros de estudio.	40
a. Tepetate.	40
b. Planta.	41
<b>VII.- Resultados y Discusiones.</b>	<b>42</b>
1. Propiedades Físicas.	42
A.- Agregación.	42
B.- Estabilidad de agregados.	52
2. Propiedades Químicas.	60
A.- pH agua y KCl.	60
B.- Materia orgánica.	63
C.- Capacidad de intercambio catiónico.	66
D.- Bases intercambiables.	69
a.- Calcio.	69
b.- Magnesio.	72
c.- Sodio.	75
d.- Potasio.	78
E.- Porcentaje de saturación de bases.	80
2. Parámetros de la Planta.	82
A.- Biomasa de la planta.	82
B.- Rendimiento de la planta.	92
<b>VIII.- Conclusiones.</b>	<b>99</b>
<b>IX. Literatura Citada.</b>	<b>101</b>
<b>X.- Apéndice</b>	

**Resumen.**

Los tepetates son capas endurecidas de origen volcánico, formadas por consolidación y soldamiento de material piroclástico en estado incandescente, que presentan cierto grado de compactación y/o cementación. Contienen un bajo porcentaje de materia orgánica, baja disponibilidad de N y P. Estas características los hacen prácticamente improductivos, no aptos para un uso agrícola, frutícola, forestal o pecuario. El objetivo de este trabajo fue determinar las modificaciones de las propiedades del tepetate fragmentado, ocasionadas por la introducción de una planta y la adición de enmiendas como una práctica tendiente a la habilitación del mismo y para la producción de flores.

El estudio se enfocó al uso de indicadores físicos, químicos, de calidad del suelo y rendimientos de la planta; para caracterizar al tepetate y dar seguimiento a las modificaciones ocasionadas por la introducción de especies vegetales y la adición de enmiendas. Con tal fin se establecieron las plantas de Cempasúchil (*Tagetes erecta* L.) en tepetate roturado, con adición de composta, vermicomposta y fertilizante inorgánico. El experimento se realizó en condiciones de invernadero, durante seis meses. Los resultados fueron procesados estadísticamente por análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey.

Los análisis físicos de agregación y estabilidad, mostraron que la aplicación de las enmiendas, contribuyeron a la formación y estabilidad de los agregados, teniendo mejores resultados los tratamientos con planta, abonos orgánicos y la mezcla de éstos con fertilizante. El análisis químico mostró que el pH, la capacidad de intercambio catiónico, el contenido de cationes intercambiables y la saturación de bases del tepetate, se incrementaron y resultaron apropiados para un uso ornamental o florícola. El mejor rendimiento de la planta de Cempasúchil se presentó con los tratamientos de abonos orgánicos y la mezcla de éstos con fertilizante.

Las principales conclusiones señalan que la planta de Cempasúchil y enmiendas utilizadas, mejoraron la calidad del tepetate, al incrementar su fertilidad y favorecer la creación de una estructura, como consecuencia del aporte de compuestos orgánicos. La especie vegetal, elegida manifestó excelentes condiciones de manejo en los tratamientos estudiados.

## I.- INTRODUCCIÓN

La presión urbana sobre suelos de uso agrícola, ha provocado la migración de la agricultura a zonas de lomeríos, estas zonas se caracterizan por tener suelos someros, susceptibles a la erosión e improductividad donde se ha permitido el afloramiento de capas endurecidas, localmente conocidas como tepetates.

Los tepetates son materiales endurecidos de origen volcánico, que involucran procesos geológicos y edáficos, con diferentes grados de compactación y/o cementación. Su dureza y baja concentración de nitrógeno, fósforo y materia orgánica, en general, los hacen difíciles de trabajar agrícolamente.

La incorporación de los tepetates a la producción, presenta algunas limitantes para la producción agrícola y pecuaria, así como en el ámbito forestal. Para poder establecer especies vegetales y transformarlo en un recurso productivo, es necesario darle un manejo adecuado como, por ejemplo: aplicarles diferentes técnicas de rotación, adición de abonos de origen orgánico, fertilizantes inorgánico y otros.

La habilitación de los tepetates pudiera ser una práctica que permite incorporar áreas ociosas a esquemas de recuperación productiva.

La idea de recuperación productiva se basa en la posibilidad de mejorar las características físicas y químicas del tepetate al mismo tiempo que se obtiene un producto comercial

La recuperación productiva de los tepetates se ubicará en uno mas de los temas de interés sobre conservación y restauración de suelos.

La importancia de los tepetates radica en que impiden el desarrollo radical de las plantas y favorecen la erosión del suelo, al impedir el paso del agua al subsuelo y propiciar el drenaje lateral. Los tepetates en México se han estudiado basándose en su caracterización, incorporación a la producción y su relación con la erosión y son conocidos en función de los cementantes y la compactación.

La desertificación es un aspecto del deterioro generalizado o de la simplificación de los ecosistemas, que reduce o líquida el potencial de los suelos, por un uso inadecuado de la tecnología en zonas agrícolas de temporal o de riego y el abuso de plaguicidas, fertilizantes y detergentes.

Este trabajo forma parte de una línea de investigación que se lleva acabo en el Laboratorio de Fertilidad de suelos, en el Departamento de Edafología, del Instituto de Geología de la UNAM, bajo la dirección del Dr. David Flores Román, con el nombre de "Diagénesis, pedogénesis y morfogénesis de capas cementadas del Cuaternario". Provincia eje neovolcánico del estado de Morelos.

## II.- REVISIÓN DE LITERATURA.

### 1. TEPETATE

#### A. DEFINICIÓN

La palabra tepetate deriva de las raíces Náhuatl: "tetl", que significa piedra y "pétatl", que significa petate, por lo que la palabra significa "petate de piedra. Se le denomina tepetate a cualquier material endurecido que se presenta en el perfil del suelo. (Velázquez, 2003). Aunque actualmente varios especialistas en el área consideran el término tepetate únicamente a aquellas capas endurecidas de origen volcánico (Dubroeuq *et al.*, 1989; Quantin *et al.*, Zebrowski, 1992)

Los tepetates son capas endurecidas de origen volcánico, formados por procesos geológicos con influencia posterior de procesos edafogénicos y cuyo depósito original involucra materiales piroclásticos derivados de la actividad volcánica (Flores *et al.*, 1991; Velázquez, 2003), se trata de capas duras que subyacen a una capa de suelo fértil de grosor variable, pero que como resultado de la pérdida del suelo, por fenómenos erosivos o asociados a la actividad humana, quedan expuestas a pocos centímetros de la superficie.

#### B. GÉNESIS DE LOS TEPETATES.

La mayoría de las capas volcánicas, pueden originarse a través de procesos diagenéticos, litificantes o pedogenéticos, Flores *et al.* (1992) hacen notar que la génesis de los tepetates puede ser geológica a través de procesos diagenéticos superficiales; edáfica a través de procesos pedológicos o una combinación de los dos procesos mencionados, los cuales originan los rasgos micromorfológicos en los tepetates, que permiten revelar su origen.

Algunos tepetates son volcanogénicos y otros pedogénicos. Estos últimos tienen como cementante sílice.

Etchevers *et al.* (1995) y Oleschko (1992) postulan que ciertos depósitos de arcilla observada en estudios micromorfológicos no serían ajenos a los procesos de cementación producidos por los elementos mencionados.

Zebrowski (1992) cita que el origen de las formaciones volcánicas endurecidas es variable, como por ejemplo depósitos eólicos de tipo loess, cenizas y lapillis, dados bajo formas de lluvias aéreas, es decir que no son cementados en el momento de depositarse o bajo formas de flujos piroclásticos (cineritas, tobas y brechas), los que son comúnmente citados como origen de estas formaciones.

Flach *et al.* (1992) citaron que los tepetates se forman tanto en materiales parentales densamente empacados, donde una cantidad pequeña de cemento provoca el endurecimiento. Oleschko (1992) mencionó cuatro factores que fueron determinados para la formación del tepetate:

1. El depósito periódico de materiales volcánicos.
2. Circulación de soluciones enriquecidas con Si o arcilla dentro del sistema.
3. La presencia de pantallas texturales dentro de los perfiles.
4. Tasas de erosión hídrica.

#### **a.- Formas de endurecimiento en los tepetates.**

Zebrowski (1992) cita diferentes procedimientos para explicar el endurecimiento de los suelos volcánicos:

El primero corresponde a una serie de fenómenos, que va desde simple compactación hasta transporte de los materiales en el agua. Estos fenómenos van siempre acompañados de un aumento de la densidad aparente. Aunque no se ha realizado ninguna medida precisa que confirme lo anterior.

El segundo procedimiento corresponde a un endurecimiento de los materiales en el momento de su depósito, como en el caso de los flujos piroclásticos que se endurecen al enfriarse.

El cementante puede ser de naturaleza sílica, sílice ligado a las arcillas, o por una participación ferruginosa importante.

Oleschko (1992) determinó algunos tipos de agentes cementantes en México los cuales son:

- Las arcillas de nueva formación.
- Los óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso, dentro de la red cristalina de las arcillas o en forma de nódulos y motas.
- La sílice de suelos volcánicos.

#### **b.- Componentes minerales de los tepetates.**

Los principales minerales primarios, basándose en los diversos grados de alteración, observados en láminas delgadas de los tepetates son:

Vidrio volcánico.

Plagioclasas.

Hornblenda.

Magnetita.

Hipersteno.

Cuarzo.

Cristobalita.

Limonita.

Hematita.

Albita.

Andesita.

Ortoclasa.

Haloisita.

Esmectita.

Illita.

Montmorillonita.

La diferente coloración de los tepetates depende del material, de las condiciones de cada erupción y la diferente composición mineralógica (Echevers *et al.*, 1991).

### **C. TIPOS DE CAPAS VOLCÁNICAS.**

La terminología edáfica para designar los diferentes tipos de capas volcánicas está relacionada con el nivel de compactación y con el tipo de material cementante que presentan. Cuando la cementación es por sílice se llaman tepetates tipo duripán; cuando domina la compactación y la cementación es ligera se llaman tepetates tipo fragipán ( Flores *et al.* , 1991).

a.- Duripanes.- Su formación esta inducida por erupciones volcánicas con fuertes emisiones de cenizas y vapor de agua. Cuando su cementación ocurre por sílice ( $\text{SiO}_2$ ); también son llamados silcretas o duricostras; presentan colores blancos y grises muy claros o amarillentos (Flores *et al.* , 1991).

b.- Fragipán.- Se definen como un horizonte subsuperficial de textura franca. Tienen una densidad aparente alta, en relación con los horizontes superficiales y un contenido de materia orgánica bajo. Parece cementado cuando está seco y en estado húmedo es frágil. Se forman a partir de materiales de origen volcánico, por procesos diagenéticos y pedogenéticos muy específicos. Hidalgo y Quantin (1996) señalaron que el tepetate tipo fragipán es una toba alterada a la base de un paleosuelo. La cohesión del fragipán se debe esencialmente a la organización fuerte y compacta de las láminas arcillosas; pero existen también de geles de silicio y de ópalo A en poca cantidad, que contribuyen al endurecimiento del material en estado seco.

Los procesos para explicar el endurecimiento de las capas volcánicas son:

- La consolidación (o soldamiento) de materiales piroclásticos en forma de flujo masivo o como nube ardiente en el momento de su depósito.
- Los procesos pedológicos, que provocan la disolución del cementante en la parte superior del perfil, el transporte y sedimentación del mismo, así como la cementación de las partículas minerales en las partes profundas (Flores *et al.*, 1991).

#### **D. DISTRIBUCIÓN.**

En México se presentan capas endurecidas en un 30% de la superficie del territorio nacional. La mayoría se encuentra en la altiplanicie bajo una precipitación variable. También se localizan en una pequeña parte al norte de la vertiente del Golfo de México, otra al noroeste de Sonora y otra a lo largo de la península de Baja California (Flores *et al.*, 1991). La sobreposición de los mapas climatológicos con la ubicación de los tepetates muestra que la mayoría de éstos están situados en regiones de climas relativamente secos bajo una precipitación total anual inferior a 800 – 900 mm.

La planimetría de los tepetates indica que cubren una superficie de 30,700 km<sup>2</sup> es decir el 27% de la superficie del eje Neovolcánico Mexicano (Zebrowski, 1992). Las capas volcánicas endurecidas se distribuyen en la República Mexicana de la siguiente manera:

- Duripán.- Tlaxcala, Puebla, Veracruz, Morelos, Querétaro, Aguascalientes, Michoacán.
- Fragipán.- Se localiza en zonas de precipitación mayor que la evaporación en climas cálidos a fríos como por ejemplo, el eje Neovolcanico (Flores *et al.*, 1991).

## **E. IMPORTANCIA.**

La importancia de los tepetates radica en dos aspectos fundamentales:

- Su génesis, caracterización morfológica y mineralógica.
- Las repercusiones de su afloramiento y su integración al proceso productivo.

Los principales problemas para la integración de los tepetates a la producción agrícola, son su dureza y su baja disponibilidad de nutrimentos, de manera que el manejo más adecuado para su incorporación, está basado en su fragmentación, incorporación de materia orgánica y en favorecer la formación de agregados para la posterior formación de suelo (Velázquez, 1994).

Desde el punto de vista agronómico, el tepetate es importante porque limita la penetración de las raíces, reduce el paso del agua al subsuelo y provoca el drenaje lateral que conlleva la pérdida de materiales y componentes minerales del suelo, provocando su empobrecimiento y erosión. Por otro lado, representa una forma grave de degradación y su extrema dureza dificulta su manejo (Flores *et al.*, 1991).

En los tepetates no todo es negativo; desde el punto de vista de la construcción, resultan altamente satisfactorios como basamentos para construir casas y edificios, también se utilizan directamente en forma de bloques que son altamente resistentes a la meteorización (Flores *et al.*, 1992).

## **F. USO AGRÍCOLA DE LOS TEPETATES.**

El tepetate presenta cuatro limitantes para su uso agrícola:

Dureza. Impide el desarrollo radical de las plantas, limita su potencial de crecimiento y dificulta las labores agrícolas y su mecanización. Además; los tepetates una vez expuestos se endurecen aún más. (Arias, 1992).

Impermeabilidad. Presentan una baja porosidad y consecuentemente, baja infiltración y conductividad hidráulica. Las bajas conductividades hidráulicas, son un indicador de la escasa macro porosidad que presentan y la poca disponibilidad de agua para las plantas. (Arias,1992).

Disponibilidad de nutrimentos. Es la limitante más crítica, ya que la ausencia de materia orgánica, particularmente de nitrógeno y fósforo no permite un crecimiento adecuado de las plantas. (Arias,1992).

Manejo. La aplicación de técnicas agrícolas no adecuadas puede llevar a un retroceso en el proceso de formación de suelo a partir de tepetate (Arias,1992).

Como se mencionó, el principal obstáculo para la habilitación del tepetate a un uso agrícola, pecuario y forestal, lo constituye su dureza, consecuencia de la estructura masiva que lo caracteriza. El endurecimiento del tepetate es resultado directo de la consolidación, al momento del deposito, de las partículas minerales en estado incandescente (endurecimiento geológico) y de la acción de arcilla y cementantes en solución (endurecimiento pedológico). Por ello, para la habilitación del tepetate, es indispensable propiciar la creación de una estructura formada por agregados estables, a través de la fragmentación o roturación de la capa endurecida y la adición de materia orgánica. Una estructura formada por agregados, facilita el movimiento del agua y el aire, permite la emergencia de las plántulas, el desarrollo de especies vegetales y el establecimiento de una biota activa.

## **2. Agregación.**

La agregación del suelo es un fenómeno dinámico, formador de una estructura edáfica temporal (Hillel, 1982). Se presenta en los primeros 20cm del suelo o más (Primavesi, 1982). Los agregados o unidades estructurales, constituyen agrupaciones naturales de partículas primarias (arena, limo, y arcilla) que ocurren y persisten en el suelo (Troeh y Thompson, 1993). Representan el producto final de una agregación química y física que se relaciona con la retención y el movimiento del agua, el intercambio gaseoso, las propiedades mecánicas; la buena germinación de las semillas, el desarrollo radical, la compactación y la erodabilidad (Baver y Garner, 1980).

## **A. Definición.**

Los agregados son grupos de dos o más partículas, las cuales se unen, una a otra, más fuertemente que con las partículas de su alrededor (Kemper y Chepil, 1965). Son el ordenamiento de los grados individuales en partículas secundarias y el espacio de vacíos que llevan asociados, unidas por fuerzas físico – químicas y cementantes orgánicos secretados por raíces, bacterias y hongos, o bien por resultado de la descomposición y resíntesis de otros compuestos (Hayes y Tapp, 1994).

La formación de agregados del suelo, depende de la naturaleza y contenido de materia orgánica, del contenido de arena, limo y arcilla; de la naturaleza de los minerales arcillosos, de la población microbiana y su actividad, y en menor grado, de factores abióticos (Tisdall y Oades, 1982).

La elección del tamaño  $0.2 \mu\text{m}$  como límite inferior del agregado (macroestructura) obedece a que la porosidad desarrollada por tamaños menores son poco eficaces para el movimiento del agua (Hillel, 1982).

## **B. Factores que determinan la agregación.**

El grado de desarrollo de la estructura del agregado depende del tipo de partículas presentes y de las fuerzas de atracción - repulsión que se generan entre ellas. Su formación se debe a la interacción prolongada en el tiempo de partículas de arena, coloides orgánicos y dominios de arcilla (Marshall *et al.*, 1996). Los mecanismos implicados en la formación de unidades estructurales o agregados son controlados por una serie de factores de tipo físicos, químicos y biológicos.

### **a. Físicos.**

La ruptura y debilidad de la superficie separada de forma natural en los agregados ocurre por el movimiento del suelo al contraerse y expandirse (Marshall *et al.*, 1996). Esto se presenta en los periodos de sequía, humedad, congelamiento y deshielo.

**b. Químicos.**

La dispersión química, es un mecanismo de rompimiento de agregados que depende de la mineralogía de las arcillas, así como la naturaleza y cantidad de cationes intercambiables. Esto se debe al efecto de dispersión y floculación de las arcillas y a la dispersión físico – química por la reducción de las fuerzas de atracción entre las partículas y coloides en húmedo. También influye la concentración de electrolitos en el suelo (Le Bissonnais, 1995).

**c. Biológicos.**

La materia orgánica es un compuesto constituido por elementos como carbono, hidrogeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo principalmente, provenientes de restos de plantas, microorganismos y animales parcial o totalmente descompuestos, los cuales presentaron transformaciones y se van acumulando en el suelo; influye en las propiedades del suelo; en la estructura de la agregación, capacidad de intercambio catiónico y absorción de tóxicos (Almendros, 2002).

Almendros (2002) menciona que otros componentes importantes de la materia orgánica son:

- El litter, que es la materia orgánica que se encuentra en la superficie del suelo.
- La fracción ligera constituida principalmente de residuos de plantas en varios estadios de descomposición.
- La biomasa microbiana de los organismos que se encuentran en el suelo.
- El humus que es la materia orgánica ya estabilizada.

Por otro lado Bohn *et al.* (1996) mencionan que la adición frecuente de residuos orgánicos de fácil y rápida descomposición, conducen a la síntesis de compuestos orgánicos complejos (polisacáridos), que aglutinan las partículas del suelo en agregados y que la asociación de las partículas del tamaño de la arcilla con el humus, vía puentes de cationes (calcio, aluminio, magnesio, hierro), propician la agregación.

Stevenson (1982) menciona que los constituyentes orgánicos pueden influir en la agregación del suelo de tres formas:

- Como agentes de unión entre las partículas, por adsorción en la superficie de las arcillas; por la capacidad de intercambio catiónico, cationes polivalentes, puentes de hidrogeno, fuerzas de Van der Waals y penetración en los espacios interestructurales de expansión de las arcillas.
- Mediante la formación de capas de geles orgánicos, como los polisacáridos, que cubren a las unidades del suelo o actúan como cementantes.
- Mediante las hifas fúngicas y las raíces de las plantas que unen a las partículas del suelo mediante fenómenos de empaquetamiento mecánico.

### **C.- Estabilidad en húmedo.**

Le Bissonais (1995) menciona que la estabilidad en húmedo de los agregados se define como la resistencia de la estructura del suelo a la lluvia o procesos de humedecimiento, como el riego.

Tisdall y Oades (1982) mencionan que las raíces y las hifas estabilizan a los macroagregados, definidos como partículas mayores de 250  $\mu\text{m}$  de diámetro y que los microagregados, menores de 250  $\mu\text{m}$  son estabilizados por la persistencia de agentes cementantes orgánicos; como los agentes transitorios, agentes persistentes y agentes temporales.

La estabilidad de los coloides del suelo depende de la interacción entre las fuerzas de atracción de Van der Waals y la repulsión eléctrica, en donde la estabilidad y dispersión de los cationes depende de su tamaño y valencia (Le Bissonnais, 1995). Los cationes pueden clasificarse en el siguiente orden según su capacidad estabilizadora  $Ca > Mg > K > Na$  (Levy y Van Der Watt, 1990). Los sesquióxidos actúan en la interacción de las partículas de arcilla – polímero orgánico. La materia orgánica y el hierro juntos, crean condiciones que ayudan a la estabilidad de los agregados.

#### **D. Factores que determinan la estabilidad de los agregados.**

Basados en la edad, degradación de la materia orgánica, tamaño y estabilidad de los agregados los agentes cementantes orgánicos en la estabilidad de los agregados se consideran en tres grupos:

Agentes transitorios.- Los polisacáridos se presentan como el grupo más importante de este agente, incluyen polisacáridos microbianos, producidos en varios materiales orgánicos que son incorporados en el suelo; se encuentran asociados con la estabilidad de los macroagregados, asociados con raíces y biomasa microbiana en la rizósfera

Agentes temporales.- Son las raíces y las hifas que se encuentran en el suelo pocas semanas o meses como los sistemas de raíces asociados con las hifas, y pequeños macroagregados.

Agentes persistentes.- Son derivados de fragmentos resistentes de raíces, hifas y bacterias desarrolladas en la rizósfera, se originan de la degradación de materiales húmicos aromáticos asociados al hierro amorfo, aluminio y aluminosilicatos, formando la fracción organomineral (Tisdall y Oades, 1982).

De acuerdo con todo lo anterior, la dinámica de formación de una estructura constituida por agregados estables, depende de la materia orgánica presente en el sustrato.

En el caso del tepetate, por su dureza y carencia casi total de compuestos orgánicos, la agregación no solo depende de la fragmentación de la capa, sino también, de la cantidad y calidad de la materia orgánica que se le adicione. Esta, será la que finalmente determine la velocidad de formación de los enlaces entre fragmentos y su resistencia o estabilidad.

### **3. Abonos orgánicos.**

Los abonos orgánicos son materiales de gran volumen, constituidos principalmente de residuos vegetales y excretas animales, que se incorporan al suelo directamente o después de algún tiempo de procesado (Navarro, 1995).

Los abonos orgánicos en los suelos:

- Mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas.
- Favorecen la productividad.
- Evitan la pérdida de recursos y energía (Navarro, 1995).

Los abonos pueden ser utilizados como acondicionadores de los suelos cuando son susceptibles de mejorar alguna o algunas propiedades de los mismos, o como fertilizantes, lo que tiene como finalidad el aporte de nutrimentos para el sostenimiento de la cubierta vegetal ( Navarro, 1995).

La aplicación de materiales vegetales o de composta preparados con desechos urbanos e industriales, pueden contribuir a solucionar los graves problemas que surgen de la escasez de materia orgánica y su adición ayuda al mantenimiento de los suelos.

Los residuos orgánicos muestran claramente posibilidades de ahorro en fertilizantes químicos. Un ejemplo son los fertilizantes nitrogenados que son los más empleados y demandados en todo el mundo.

La aplicación de abonos orgánicos puede favorecer al suelo en los aspectos siguientes:

- Minimizan la introducción de elementos y sustancias tóxicas, por inhibición y activación del crecimiento en la vida microbiana del suelo.
- Evitan la pérdida por lavado de nutrimentos del suelo, con la formación de agregados
- Retienen la humedad, aumentando la capacidad de retención de agua.
- Aumentan el intercambio de aniones, especialmente de fosfatos y sulfatos.
- Aumentan la capacidad de intercambio catiónico.
- Favorecen la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre, a través de procesos de mineralización.
- Aumentan la capacidad tampón de los suelos y por lo tanto regulan el pH (Bollo,1999)

La adición de los residuos orgánicos no suele realizarse en su estado original. El uso de materiales orgánicos requiere de procesos aeróbios y/o anaeróbios de estabilización. Por ello, la mayoría de los residuos pasan por acondicionamientos, los cuales consisten básicamente en una preparación del material para su posterior adición y adecuado manejo (Navarro,1995).

Para este estudio se eligieron la composta y vermicomposta, como enmiendas orgánicas por ser productos de fácil obtención, no contaminan, mejoran la calidad en los suelos, aportan nutrimentos y proporcionan materia orgánica. La dosis seleccionada se eligió tomando en cuenta la deficiencia nutrimental del tepetate, los requerimientos de la planta y las cantidades recomendadas para la misma.

## **A. Composta.**

### **a. Definición.**

La palabra composta proviene del Latín "*componere*", que significa "juntar". Una composta es la aglomeración de restos de materia orgánica que se descomponen por la actividad de los microorganismos en un ambiente adecuado (Bollo, 1999).

El proceso de composteo se define como la fermentación controlada de los residuos orgánicos, por proceso bioxidativo de microorganismos, que presentan una etapa termófila (de calentamiento), y con ello se produce materia orgánica estabilizada (Navarro, 1995). Otra forma de definirlo sería, como la descomposición de los residuos de plantas y otros organismos mediante procesos biológicos controlados, que da como resultado una sustancia de aspecto terroso, de color oscuro, con buenas propiedades físicas y excelentes atributos como enmienda orgánica del suelo (Capistrán *et al.*, 1999).

La elaboración de la composta da como producto la obtención rápida de humus. La transformación de los residuos se produce principalmente por la acción de macro y microorganismos y ocurre en dos etapas: desintegración (física) y descomposición (química). La primera se refiere al rompimiento mecánico de los residuos y la segunda, a la descomposición en sus unidades estructurales básicas por acción de enzimas extracelulares generadas por microorganismos.

Estas unidades posteriormente son absorbidas u oxidadas por los microorganismos que así obtienen energía y nutrimentos básicos para su crecimiento, propiciando de esta forma la transformación de la materia orgánica en composta y/o humus (Almendros, 2002).

## **b. Tipos.**

En los tipos de composta se utiliza el mismo material orgánico, y se manejan de la misma manera, la diferencia está en el material de construcción, la forma de preparar los materiales orgánicos y en la forma del montículo.

## **c. Importancia.**

La utilización de la composta es posible gracias al efecto tampón en el suelo y a la necesidad de aumentar la fertilidad en el suelo cultivado. De esta forma una de sus aplicaciones es la de enmienda orgánica. Para ello además, es imprescindible tener en cuenta determinados criterios de manejo de los agrosistemas. Esto permite considerar la multifuncionalidad de la agricultura como actividad fundamental en el desarrollo de las comunidades humanas (Capistrán *et al.*, 1999).

La composta es una fuente de nutrimentos para las plantas, tiene mayor efecto en su crecimiento, decremento en la infección de patógenos, influencia benéfica sobre el número y función de los fijadores de nitrógeno (Bollo,1999).

## **B. Vermicomposta.**

### **a. Definición.**

La vermicomposta es un abono completo y una enmienda fertilizante de primer orden; con su incorporación al suelo se cubren todas las necesidades de las plantas (Bollo,1999). La vermicomposta es un fertilizante orgánico por excelencia, es el producto que sale del tubo digestivo de la lombriz (Capistrán *et al.*,1999).

La vermicomposta (compostaje con lombrices) es una forma especial de compostaje, basada en la actividad descomponedora de la materia orgánica de algunas especies de lombrices de tierra. La lombriz, a través de un proceso de bioxidación y estabilización, compostea pequeñas cantidades diarias de restos orgánicos a gran velocidad, evitando problemas indeseables como el mal olor (Capistrán *et al.*,1999).

La vermicomposta es un material de color oscuro, con un agradable olor a mantillo del bosque, limpio, suave al tacto y su gran estabilidad evita su fermentación o putrefacción.

### **b. Tipos.**

Los tipos pueden ser industriales o tradicionales, su diferencia radica en la cantidad de volumen en el material a utilizar.

### **c. Importancia.**

La vermicomposta cumple un papel trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos.

---

De acuerdo con Bollo (1999) la importancia de la vermicomposta radica en que:

- Contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser inmediatamente asimilables por las raíces. Por otra parte, impide que éstos sean lavados por el agua de riego, manteniéndolos por más tiempo en el suelo.
- Influye de forma efectiva en la germinación de las semillas y en el desarrollo de las plantas.
- Aumenta notablemente el porte de plantas (árboles y arbustos), en comparación con otros ejemplares de la misma edad.
- Durante el trasplante, previene enfermedades y evita el desequilibrio por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad.
- Favorece la formación de micorrizas.
- Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas a las plagas y agentes patógenos.
- El pH neutro que presenta, la hace adecuada para usarse en plantas delicadas.
- Aporta y contribuye al mantenimiento y desarrollo de la micro flora y micro fauna del suelo.
- Favorece la absorción radical.
- Transmite directamente del terreno a la planta hormonas, vitaminas, proteínas y otras fracciones humificadoras.
- Absorbe los compuestos de reducción que se han formado en el terreno por compresión natural o artificial.
- Neutraliza eventuales presencias contaminantes (herbicidas, ésteres fosfóricos).
- Evita y combate la clorosis férrica.
- Aumenta la resistencia de las plantas a las heladas.

- 
- Aumenta la retención hídrica de los suelos (4-27%) disminuyendo el consumo de agua de los cultivos (Bollo, 1999).

Efecto de la vermicomposta en las propiedades físicas del suelo:

- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados, compactados y liga los sueltos y arenosos.
- Mejora la porosidad y por consiguiente, la permeabilidad y ventilación.
- Reduce la erosión del terreno.
- Incrementa la capacidad de retención de humedad.

Efecto de la vermicomposta en las propiedades químicas del suelo:

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente nitrógeno.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.

Efecto de la vermicomposta en las propiedades biológicas del suelo:

- La vermicomposta es una fuente de energía, incentiva a la actividad microbiana.
- Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana (Bollo, 1999).

### **C. La vermicomposta frente a la composta.**

La elección de uno u otro método (composta y vermicomposta) depende principalmente del tiempo, tipo y cantidad de residuos, así como del espacio que se disponga para compostar. Para grandes cantidades de residuos orgánicos o para residuos muy fermentados, el compostaje debe ser el método más adecuado.

No obstante en estos casos la vermicomposta puede utilizarse como forma complementaria para incrementar la calidad del producto. Además, el vermicomposteo es un método eficaz ya que el tiempo de estabilización de los residuos orgánicos, es mejor que el composteo (Capistrán *et al.*, 1999).

Ante la carencia de N y P del tepetate, y a que, como señalo, la descomposición de los abonos es un proceso que requiere cierto tiempo, el establecimiento de cultivos en estos materiales requiere del suministro de nutrimentos en forma fácilmente asimilable y en cantidades que permitan crecimiento de las plantas, sin alterar negativamente las características del sustrato. Por ello, en la integración del tepetate al proceso productivo, es conveniente considerar la aplicación de fertilizante químico y fomentar la evaluación de diferentes dosis de fertilizante, para determinar las óptimas para cada cultivo.

#### **4. Fertilizantes inorgánicos.**

En condiciones de fertilidad natural el suelo, no siempre proporciona los nutrimentos suficientes para lograr un rendimiento satisfactorio de los cultivos; por lo que es necesario suplementar las deficiencias de nutrimentos por medio de suministro de fertilizantes químicos inorgánicos.

##### **A. Definición.**

Se considera fertilizante a todo material que incorporado al suelo o aplicado a los vegetales o a sus partes, otorga en forma directa o indirecta, sustancias requeridas para su nutrición, estimular su crecimiento, aumentar su productividad o mejorar la calidad de producción (Potash and Phosphates Institute, 1997).

##### **B. Tipos.**

Los fertilizantes pueden ser líquidos, sólidos, y gaseosos. Los líquidos son soluciones acuosas, los sólidos pueden ser en polvo o granulados y los gaseosos de los cuales se emplea el amonio anhidro con un 81%.

Los fertilizantes, sólidos y líquidos, contienen diferentes porcentajes de nutrimentos; pueden tener un solo nutrimento, o diferentes nutrimentos en combinación, los cuales son conocidos como fertilizantes de multinutrimentos o fertilizantes compuestos (SEP, 1983).

La mayoría de los fertilizantes contienen uno o más de los macronutrimentos como nitrógeno, fósforo y potasio. Algunos contienen ciertas cantidades de elementos secundarios tales como calcio, magnesio y azufre, que pueden ser mezclados mecánicamente o por combinaciones químicas entre ellos (SEP, 1983).

El contenido de nutrimentos presentes en un determinado tipo de fertilizante se expresa como un porcentaje de la cantidad total. Éste a su vez, determina la calidad de un fertilizante. En el comercio de fertilizantes compuestos, el contenido de nutrimentos del producto se designa en números separados con guiones, por ejemplo: 10-10-20. Estos números indican el porcentaje respectivo de nitrógeno, fósforo y potasio, que siempre se expresan en la misma secuencia.

Si a estos fertilizantes se agrega un microelemento, por ejemplo Boro, su porcentaje aparece como un número después del potasio. Además se agrega una letra mayúscula que indica el tipo de microelemento, por ejemplo: 10-10-20-0.3B (SEP, 1983).

#### **a. Clases de fertilizantes:**

**Fertilizantes nitrogenados.**- Son sustancias químicas inorgánicas que contienen el elemento nutritivo nitrógeno en forma asimilable (especialmente como amonio o nitrato), o que lo suministran como producto de su transformación. La mayor parte de los fertilizantes nitrogenados se producen sintéticamente, a partir del nitrógeno del aire, vía síntesis del amoníaco (Finck, 1988).

**Fertilizantes fosfatados.**- Son productos que contienen fósforo asimilable en forma de anión fosfato, o lo producen por transformación. Su grupo abarca una amplia gama de productos; desde sales solubles, pasando por otras insolubles pero fácilmente movilizables, hasta materiales poco solubles, que sólo se movilizan en condiciones localizadas y determinadas.

Los materiales para su producción son, los fósforos naturales de diversos yacimientos, los minerales que contienen fósforo y otros compuestos fosfatados (Simpson, 1991).

Fertilizantes potásicos.- Son sustancias químicas que contienen el elemento nutritivo potasio (K) en forma asimilable de catión potásico, o que suministran cationes  $K^+$  por transformación. Son sales solubles en agua (Finck, 1988).

Los nutrimentos más importantes para la planta son:

Nitrógeno.- Estimula el vigor y le brinda un color verde intenso a la planta. Es el constituyente de todas las proteínas y de la clorofila.

Fósforo.- Estimula el desarrollo del sistema radical y activa la madurez de la planta.

Potasio.- Tiene que ver con la fortaleza del tallo, con la resistencia de las plantas a las enfermedades y controla el mecanismo de absorción de agua (Potash and Phosphates Institute, 1997).

### **C. Importancia.**

Los fertilizantes aumentan la demanda de alimentos, fibras y combustible; rendimientos de los cultivos por unidad de área y la producción de alimentos en el mundo.

Los fertilizantes en el suelo ayudan a producir más cosecha por mm de agua, ayudan, promueven un sistema radical robusto y profundo que absorbe más nutrimentos y agua, así como un abundante crecimiento vegetativo que cubre el suelo y evita la evaporación de agua; ayuda a los cultivos a crecer rápidamente eliminando las malezas que compiten por humedad (Potash and Phosphates Institute, 1997).

### **a. Métodos de aplicación de los fertilizantes.**

No existe una metodología fija o única para aplicar el fertilizante, ya que se deben considerar muchos factores, entre los que destacan, los niveles de fertilidad del suelo, los métodos de labranza, el equipo utilizado, la época de aplicación y entre otros. La fijación de los nutrimentos es un factor importante a considerar cuando se debe decidir la forma de aplicación (Potash and Phosphates Institute, 1997). Las propiedades físicas y químicas del fertilizante determinan su adecuación para condiciones específicas del suelo y del cultivo (SEP, 1983).

Respecto a la dosis y tipo de fertilizante, se seleccionaron tomando en cuenta los requerimientos del cempasúchil, con el conocimiento de la baja disponibilidad nutrimental del tepetate, en el que la principal limitante es el contenido de nitrógeno y fósforo. Los fertilizantes utilizados fueron sulfato de amonio, superfosfato de calcio simple y cloruro de potasio, en mezcla.

La disponibilidad de nutrimentos influye de manera determinante en el establecimiento de especies vegetales en tepetate, pero cabe destacar, que las plantas también influyen decisivamente en las características del sustrato. Debido a la dureza y carencias nutrimentales del tepetate, las especies vegetales susceptibles de desarrollarse en ellos, son aquellas con características morfológicas y fisiológicas rústicas, poco exigentes en cuanto a nutrimentos, poco sensibles a un déficit hídrico y capaces de adaptarse condiciones edáficas adversas.

Desde el punto de vista de la habilitación del tepetate, es necesario considerar plantas económicamente importantes y con una significativa capacidad de producción de compuestos de rizodepositación, de tal manera que puedan inferir en el balance nutrimental y la estructuración del tepetate. Tal es el caso del Cempasúchil.

## 5. CEMPASUCHIL (*Tagetes erecta* L)

La planta que se utilizó se eligió debido a que presenta las siguientes características: es una especie rústica, agresiva, adaptable a gran cantidad de climas, puede resistir fuertes lluvias, granizadas, heladas y no tiene muchas exigencias edáficas para su desarrollo.

El nombre del cempasúchil proviene del vocablo Náhuatl “cempoal” (veinte) – “Xochítl” (flor) que significa “veinte flores”.

### A. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

Nombre científico: *Tagetes erecta* L

Orden: *Campanulatae*.

Familia: *Asteraceae*.

Tribu: *Tagetae*.

Género: *Tagetes*.

Especie: *Tagetes erecta* L

Nombre común. Cempasúchil, Flor de muerto.



Es una planta de ciclo corto, que florece en forma continua durante el verano, hasta llegar a los fríos otoñales. De porte erguido y rápido crecimiento; anual, ramosa, aromática; glabra, de 50 a 100cm de altura; hojas simples, opuestas, elípticas, de 1 a 5cm de largo.

Con glándulas oleíferas cerca de los márgenes, pinnatisecta, con segmentos cerrados, peciolada variable; inflorescencia: cabezuela solitaria o en cima, de 3 a 8cm de ancho, hinchado debajo de la cabezuela, involucre campanulado o cilíndrico, con brácteas uniseriadas unidas hasta el ápice; flor amarilla o anaranjada, periférica femenina, lígulada, numerosa, lígula entera o bilobada, grande. Los frutos son aquenios fusiformes oscuros provistos de un cáliz basal amarillento, papus formado de cinco a diez pajitas desiguales, unas mas largas que otras, escamiformes (Argueta, 1980).

Apreciaciones de la gente de campo mencionan que el *Tagetes* es una flor muy difundida y común, sus variedades son gigantes, medianas y enanas. Las llamadas hembras, son grandes a comparación de los machos, lo cual probablemente es una variación genética. Sus flores se presentan dobles o simples, con corolas líguladas de diversos colores que varían con muchas mezclas y matices del color amarillo.

Planta nativa de México y América Central también llamada:

- Cempoalxóchitl.
- Copaliyacxiuhtontli.
- Tiscoque.
- Rosa de muerto.

## **B. Origen.**

La planta del cempasúchil es originaria de México y se desarrolla en climas cálidos semicálidos, secos y templados, desde los 8 a los 3,900 m.s.n.m, se adapta a distintos hábitats, puede ser cultivada en huertos, crece en milpas y zonas urbanas o bien asociada a diferentes tipos de vegetación como bosques tropicales, caducifolios y subcaducifolios, matorral xerófilo y bosques espinosos mesofilos de montaña, de encino, de pino y de pino-encino (Argueta, 1980).

El instituto Latinoamericano de Comunicación Educativa, nos dice que fueron las tribus Xochimilcas las que llegaron al valle del Anáhuac, hoy Valle de México, encontraron en las faldas del Cerro de Xochiltepec grandes flores amarillas de color y olor intensos, a las que llamaron cempualxóchitl, que quiere decir flor de los 400 pétalos.

Cuenta también la mitología que la diosa de Sal, Huixtocíhuatl, siempre se presentaba ataviada de amarillo intenso entre sus brazos grandes ramos de estas flores (<http://www.Cartademexico.com>).

### C. Distribución.

En México el cempasúchil se encuentra en los estados de Guanajuato Sinaloa, Michoacán, Guerrero, Veracruz, Chiapas, Tabasco, Puebla, Estado de México, Morelos, Distrito federal y otros (Linares, 1996)

### D. Exigencias para su cultivo.

La posición de la planta de cempasúchil debe de ser soleada, con clima templado. Es poco exigente, se adapta a todo tipo de suelo, el abonado puede ser orgánico o también líquido durante la primera etapa de desarrollo, su riego debe ser abundante. Se retira del suelo después de la floración.

La multiplicación se da mediante semillas a finales de invierno en cajas y, posteriormente, en cajones acristalados o en invernadero. Se deben de eliminar las flores emergidas, para favorecer la aparición de otras. Su siembra se realiza por un cultivo preliminar en semillero (almácigo) en marzo, o se siembra directamente en abril (Giunolina, 1984).

Se cultivan tres especies: *Tagetes erecta*, L que alcanza 80cm de altura en promedio, *Tagetes patula*, de 15 a 40cm de altura y *Tagetes tenuifolia*, que no rebasa los 20cm y presenta hojas lineales.

#### a. Requerimientos nutrimentales.

Los elementos nutritivos son necesarios para que la planta alcance el máximo desarrollo. Los macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg, y S son requeridos por la planta en cantidades relativamente grandes. Otros como el B, Cl, Cu, Mn, Mo, y Zn se requieren en cantidades pequeñas (Boul, 1974). El mismo autor menciona que la aplicación de N en la planta modifica el crecimiento vegetativo en forma positiva otorgando una iniciación floral mayor, altura de la planta y longevidad del saco embrionario.

Una deficiencia de nitrógeno se traduce en una palidez gradual o clorosis de las hojas maduras, que llegan a tornarse amarillentas y se desprenden; producción de antocianinas en tallos, nervaduras foliares y pecíolos, los cuales se tornan rojos o púrpuras y existe además poca formación de botones, flores y hojas.

### **b. Requerimientos ecológicos.**

Temperatura. La semilla requiere para germinar una temperatura de 21°C a 24°C en un periodo de 5 a 8 días. Una vez emergida, temperaturas menores de 10°C pueden dañarla. Si la luz es muy intensa, la flor tiende a decolorarse y se promueve el desarrollo de las yemas laterales. Requiere que la humedad no exceda el 80% de campo y el agua debe llegar por trasporo. Con disponibilidad de agua germina de 4 a 7 días, alcanzando al mes 15cm y su máxima ramificación a los 120 días de emergida la planta. Se produce en suelos con diferentes características texturales: arcillosa, limosa, arcillo – arenosa y franco arenosa cuyo pH fluctúa de ligeramente ácido a ligeramente básico 6 a 8 (Vázquez y Bautista, 1993).

### **E. Usos.**

El uso principal de la flor en México es ornamental, ceremonial, medicinal, químico y farmacéutico (Linares, 1996). Diferentes partes de la planta contienen extractos bioactivadores conocidos como terpenos, que funcionan como nematocidas, fungicida e insecticidas (Vasuda *et al.*, 1997). Las raíces de la planta también son utilizadas como vector de inoculó en *Glomus intraradices*, para la elaboración de micorrizas (Liu *et al.*, 2000).

El cultivo de la flor de cempasúchil ha cobrado mayor importancia industrial en la elaboración de alimentos balanceados para aves de postura y de engorda, ya que da la coloración a la yema del huevo y pigmentación a la piel.

En la medicina tradicional, este tipo de flor ha sido utilizada por los indígenas del oeste de México como antídoto en las picaduras de escorpión y como repelente para insectos. Las principales propiedades medicinales atribuidas al cempasúchil son: prevención de cáncer, dolor de estómago, parásitos intestinales, cólicos, afecciones hepáticas, bilis, vómito, indigestión entre otros.

Las hojas contienen un aceite esencial en el que se han identificado los monoterpenos geraniol, limoneno, linanol y su acetato; mentol, ocimeno, beta – fetladreno, dipenteno, alfa y beta – pineno y tagetona además de los flavonoides comferitrin. Las flores y los pétalos son ricos en carotenoides de los que se han identificado luteina, xantofila. En las flores y en las raíces se han detectado componentes de bitienilo y terciennilo. El aceite esencial obtenido de hojas y tallos presenta actividad antibiótica (Argueta, 1980).

## **6. Relación suelo – planta - agregación.**

Las plantas están consideradas como el factor principal tanto para favorecer la estructuración, como para modificar y dirigir la agregación en suelos con una deficiente o inadecuada estructura (Velázquez, 1997).

Favorecen la desintegración del material, fase inicial de la agregación, así como la formación y estabilización de los agregados. Su efecto puede ser de tres tipos, sin descartar aquellos fenómenos que se llevan a cabo en la rizósfera como resultado del metabolismo y de la interacción con los microorganismos que ahí se encuentran (Velázquez, 1997):

- Mecánico.- Resultado de la presión ejercida durante el desarrollo del sistema radical y los fenómenos de empaquetamiento.
- Químico.- A través de la producción de exudados y el aporte de materia orgánica por transformación de sus restos.
- Físicos.- Al crear ciclos de humedecimiento y secado durante la absorción de nutrimentos.

Durante el establecimiento de las especies vegetales, la raíz ejerce una presión capaz de dispersar las partículas minerales y separar grupos de agregados. Al mismo tiempo y mediante la absorción de nutrimentos y agua, se crean condiciones de deshidratación en el suelo que, al igual que los ciclos de humedecimiento y secado, afectan la contracción y expansión de arcillas, así como la solubilidad o precipitación de otros compuestos. Esto da como resultado cambios en la estabilidad de las unidades del suelo (Hillel, 1982).

Así como el suelo puede ser modificado por el crecimiento radical, las características edáficas influyen también en el desarrollo de las raíces. Cada especie vegetal tiene una morfología radical característica, susceptible de ser modificada por el medio.

La capacidad de penetración radical varía con la especie y depende de las condiciones físicas, químicas, y biológicas del perfil del suelo, como son la dureza, permeabilidad, cantidad de agentes cementantes, etc. (Velázquez, 1997).

---

### **III.-OBJETIVOS**

#### **1. OBJETIVO GENERAL:**

- Determinar la modificación de las propiedades del tepetate fragmentado, como respuesta al cultivo de Cempasúchil (*Tagetes erecta* L.) y a la aplicación de composta, vermicomposta y fertilizante, como una opción para su habilitación a un uso florícola.

#### **2. OBJETIVOS PARTICULARES:**

- Determinar el efecto del cultivo de Cempasúchil y aplicación de composta, vermicomposta y fertilizante, en la formación de agregados estables a partir de un tepetate fragmentado.
- Evaluar el efecto del cultivo de Cempasúchil y de la aplicación de composta, vermicomposta y fertilizante, en las principales propiedades químicas del tepetate fragmentado.
- Evaluar el efecto de la aplicación de composta, vermicomposta y fertilizante, sobre el cultivo de Cempasúchil en tepetate fragmentado

#### **IV.- Hipótesis.**

- El cultivo de Cempasúchil y el aporte de composta, vermicomposta y fertilizante, favorece la formación de agregados estables en el tepetate fragmentado.
- El cultivo de Cempasúchil y el aporte de composta, vermicomposta y fertilizante, modifica las propiedades químicas del tepetate.
- El aporte de composta, vermicomposta y fertilizante, favorece el establecimiento de las plantas (Cempasúchil), en tepetate fragmentado.

#### **V.- Características de la zona de colecta.**

El Tepetate que se utilizó para este experimento se recolectó en el municipio de Tetela del Volcán, estado de Morelos, en donde se han estado realizando investigaciones sobre estos materiales, en el Instituto de Geología de la UNAM.

##### **1. Localización.**

El estado de Morelos se encuentra situado en la parte sur y central de la República Mexicana, entre los paralelos 18° 22' 08" y 19° 07' 10" de Latitud Norte y los meridianos 98° 37' 08" 99° 30' 09" de Longitud Oeste al meridiano de Greenwich.

El municipio de Tetela del Volcán tiene una superficie territorial de 98km<sup>2</sup>, superficie que representa el 1.99% del total del estado de Morelos (Marañón, 1994).

La zona de estudio está ubicada en una franja latitudinal que va de los 1500 a 2000 m.s.n.m., de Este a Oeste en el estado de Morelos, donde El Dr. David Flores Román y colaboradores han realizado estudios sobre tepetate (Figura 1).



Figura 1. Distribución de los suelos con tepetate en el Estado de Morelos.

## 2. Fisiografía.

La provincia Eje Neovolcánico, en donde se ubica la zona de muestreo, se caracteriza por una enorme masa de rocas volcánicas, depositadas en diversos episodios volcánicos que se originaron a mediados del Terciario. Está integrada por grandes sierras volcánicas, conos dispersos y amplios estrato-volcanes y depósitos de arena y cenizas dispersas en extensas planicies (Marañón, 1994).

## 3. Clima.

La zona de estudio se caracteriza por presentar un clima Cb (m) (w) ig, templado húmedo, el más húmedo de los templados con lluvias en verano y un porcentaje de lluvias invernal menor de cinco (García, 1988).

La precipitación media anual oscila entre los 1200 – 1800mm y la temperatura media anual entre 14 y 20°C; la mayor incidencia pluvial se presenta en julio con un intervalo entre 330-380mm y la menor se registra en febrero y diciembre con un valor menor de 10mm.

Los meses más cálidos son de marzo a junio, con una temperatura entre 15 y 19°C, diciembre es el mes más frío con una temperatura que varía de los 10-15°C. (Marañón, 1994).

#### **4. Vegetación.**

La vegetación en la zona de estudio se encuentra sumamente perturbada debido a la deforestación de que ha sido objeto, para integrar zonas a la agricultura, la vegetación nativa estaba conformada por bosques de encino, pino- encino y vegetación secundaria. Existen huertas de árboles frutales introducidos por el hombre como son: aguacate, durazno, ciruela, higo, chabacano, pera y manzana, así como productos agrícolas como el maíz, frijol y jitomate (Marañón,1994).

#### **5. Edafología.**

Los suelos que se encuentran en el municipio de Tetela del Volcán corresponden a climas semicálidos y templados subhúmedos, presentan un origen residual y volcánico. En la zona de estudio se pueden encontrar Andosoles y Luvisoles. Los Andosoles se caracterizan por tener una capa superficial de color negro muy oscuro, cada subunidad tiene características especiales, el húmico es rico en materia orgánica, es muy ácido y de textura media. Los Luvisoles son suelos que poseen un alto contenido de arcilla en el horizonte B y que han sufrido un intemperismo moderado, contienen importantes cantidades de bases. Los Luvisoles corresponden a suelos empardecidos templados, los cuales desarrollan un horizonte argílico (Marañón,1994).

Esta situación, aunada a las condiciones ambientales, la geoforma de lomeríos y cañadas de pendiente medias a fuertes, ha incrementado la susceptibilidad de los suelos a la erosión, permitiendo el afloramiento del tepetate (Velázquez, 1997).

## VI.- Metodología.

### 1. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental factorial  $2 \times 3 \times 3$ , con arreglo de los tratamientos completamente al azar y tres repeticiones; resultando un total de 54 unidades experimentales.

Los factores que se consideraron para este experimento fueron:

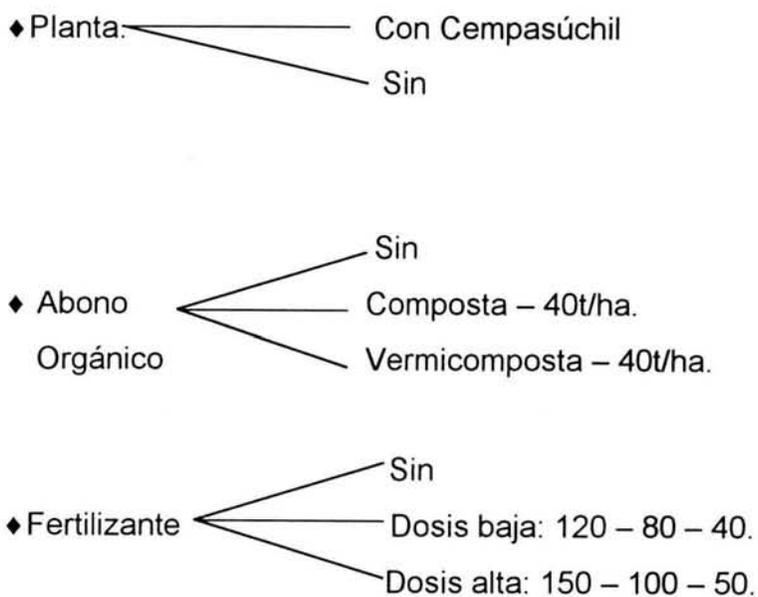


Tabla 1.- Descripción de los tratamientos aplicados al Tepetate.

Tratamiento	Planta	Vermicomposta	Composta	Fertilizante	Título	Clave
1	No	No	No	No	Testigo	T
2	No	No	No	B	Testigo con fertilizante dosis baja	TFB
3	No	No	No	A	Testigo con fertilizante dosis alta	TFA
4	No	Si	No	No	Testigo con vermicomposta	TV
5	No	Si	No	B	Testigo con vermicomposta y fertilizante dosis baja	TVFB
6	No	Si	No	A	Testigo con vermicomposta y fertilizante dosis alta	TVFA
7	No	No	Si	No	Testigo con composta	TC
8	No	No	Si	B	Testigo con composta y fertilizante dosis baja	TCFB
9	No	No	Si	A	Testigo con composta y fertilizante dosis alta	TCFA
10	Si	No	No	No	planta	P
11	Si	No	No	B	Planta con fertilizante dosis baja	PFB
12	Si	No	No	A	Planta con fertilizante dosis alta	PFA
13	Si	Si	No	No	Planta con vermicomposta	PV
14	Si	Si	No	B	Planta con vermicomposta y dosis baja de fertilizante	PVFB
15	Si	Si	No	A	Planta con vermicomposta y dosis alta de fertilizante	PVFA
16	Si	No	Si	No	Planta con composta	PC
17	Si	No	Si	B	Planta con composta y fertilizante dosis baja	PCFB
18	Si	No	Si	A	Planta con composta y dosis alta de fertilizante	PCFA

<sup>1</sup> A: Fertilizante dosis alta ;B: Fertilizante dosis baja.

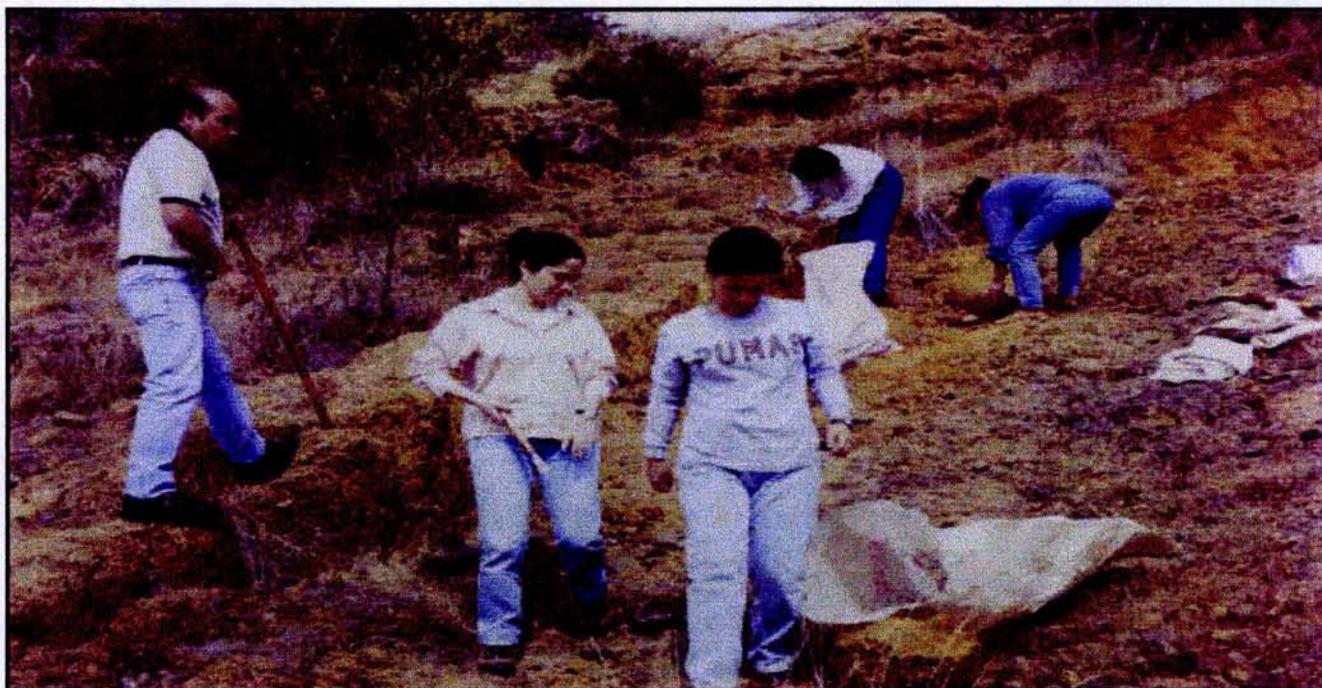
La obtención del material se realizó en una zona de Tetela del Volcán, Morelos, que se encuentra a 8km del centro del poblado, sobre la carretera Tetela del Volcán – Tlacotepec, en la parte sureste del municipio.

El experimento se llevó a cabo en condiciones de invernadero durante la primavera de 2001 con una duración de seis meses. Se recolectaron aproximadamente 270 kg. de tepetate, el cual se fragmentó en forma manual, con la ayuda de un mazo pasando por tamices de 2 a 10mm de diámetro y se colocó en macetas de plástico, con capacidad de 6 kg., sin perforaciones, se ajustaron 5 kg. de tepetate fragmentado por maceta (Figura 2 y 3).

Las semillas de cempasúchil fueron germinadas en con un sustrato de vermiculita y posteriormente se transplantaron a las macetas correspondientes (Figura 4).

En los tratamientos con enmiendas orgánicas, se mezclaron 100g de composta y vermicomposta con el tepetate para que quedara distribuido homogéneamente, antes del transplante de la especie. Estas cantidades corresponden a lo recomendado desde el punto de vista agrícola (Figura 5).

Establecidos los tratamientos, a los tratamientos con fertilizante, se les adiciono una concentración de fertilizante un mes después, para que el aprovechamiento de los nutrimentos fuera más eficiente en la planta (Figura 6).



**Figura 2. Recolecta del material.**



**Figura 3 . Roturado del material.**

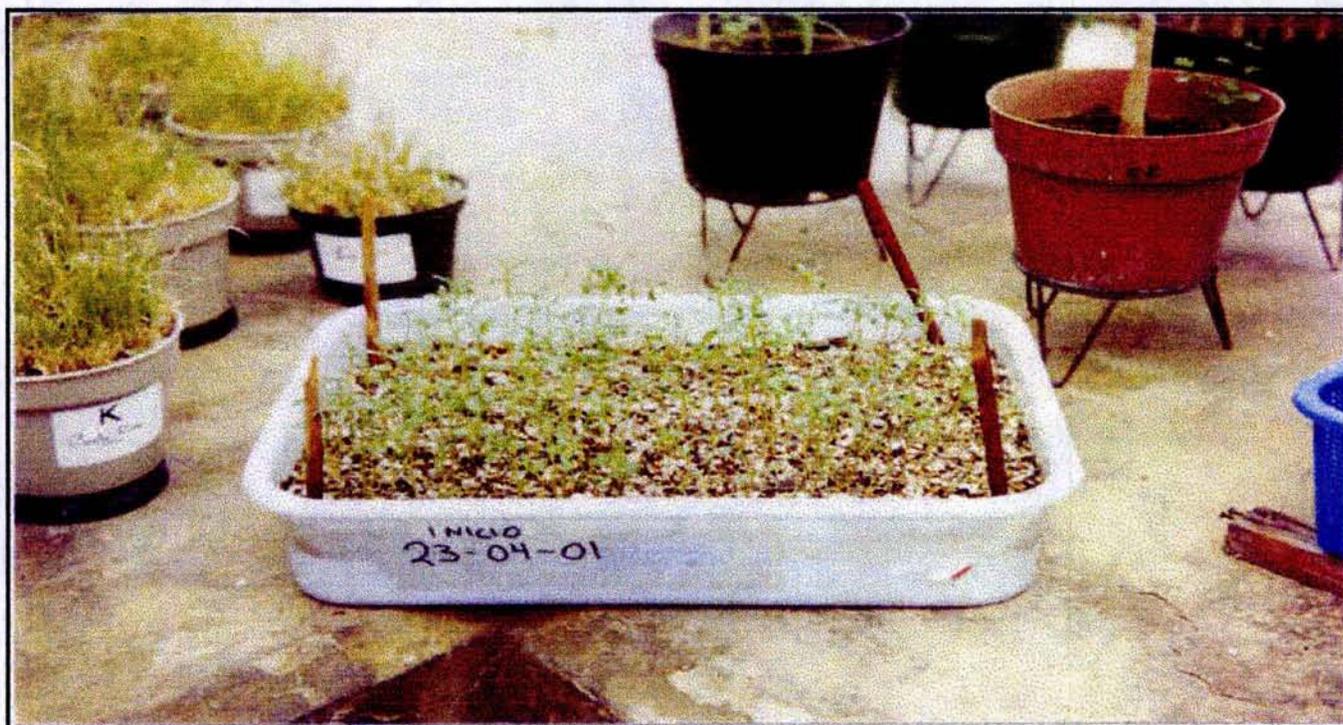


Figura 4 . Establecimiento del Almacigo.

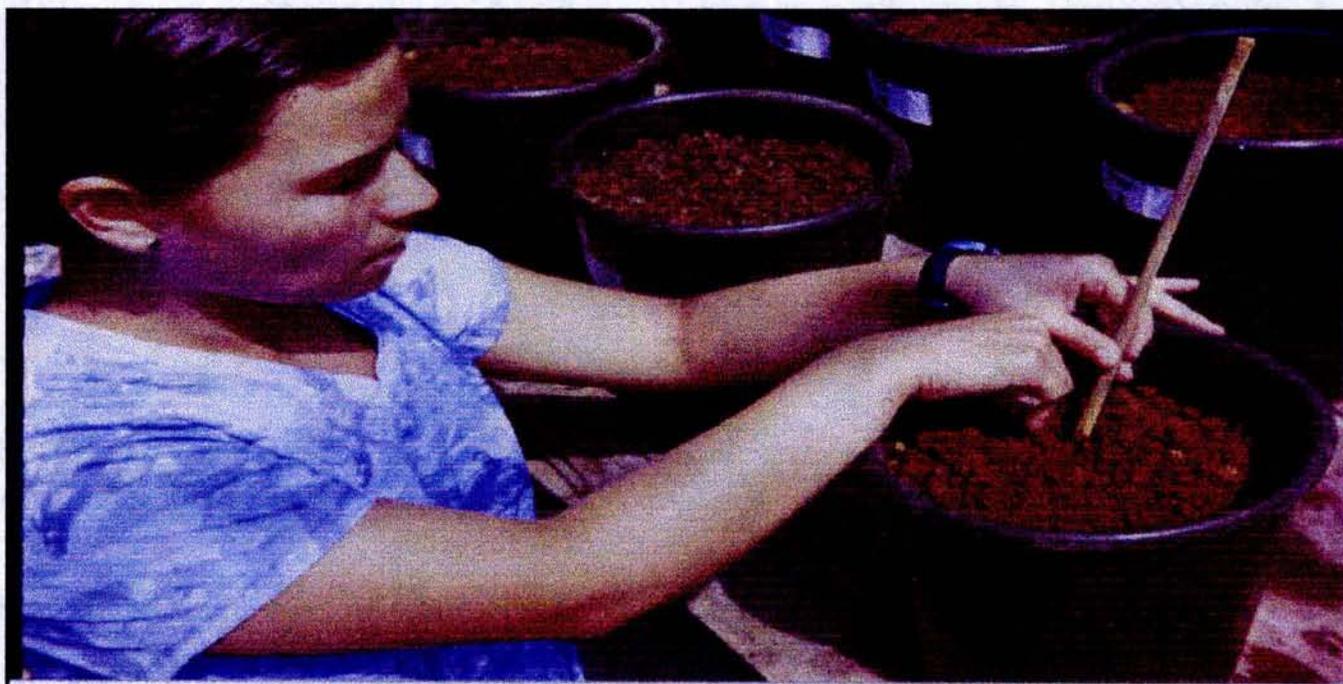


Figura 5. Transplante de la planta.



**Figura 6 . Tratamientos estudiados establecidos.**

Se realizaron pruebas físicas y químicas al Tepetate, antes y después del experimento. La composta y vermicomposta sólo se analizaron químicamente al inicio del experimento.

Los parámetros de la planta se midieron al final del experimento (6 meses).

## **A.Parámetros de estudio.**

### **a. Del Tepetate**

#### **Físicos.**

- Color en seco y en húmedo, por comparación con Tablas Munsell (Munsell, 1975)
- Densidad aparente; por el método de la parafina (Black *et al.*, 1965), en muestras inalteradas.
- Determinación granulométrica por el método de la pipeta (Blak *et al.*, 1965).
- Tamaño de agregados por el método de Sávinov (Kaúrichev *et al.*, 1984)  
\*la determinación se hizo mediante el uso de tamices
- Estabilidad de Agregados en húmedo por el método de Klute ( Oleshko, 1995)

#### **Químicos.**

- pH en solución acuosa en relación 1: 2.5 y en KCL en relación 1: 2.5, con un potenciómetro Marca Orión modelo 920A.
- Materia orgánica por el método de Walkley y Black (modificado por Walkley 1974).
- Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) por el método de centrifugación con acetato de amonio 1N a pH 7(Peech, 1964)
- Bases intercambiables por determinación en el extracto obtenido por lavado y centrifugación con acetato de amonio 1N a pH 7 y cloruro de sodio.

**b. De la Planta.**

- Altura.
- Diámetro del tallo.
- Peso fresco de la parte aérea.
- Peso fresco de la parte radical.
- Peso seco de la parte aérea.
- Peso seco de la parte radical.
- Longitud del pedicelo.



a.- Biomasa de la planta

- Número de flores.
- Diámetro de las flores.
- Peso fresco de las flores.
- Peso seco de las flores.
- Número de botones florales.



b.- Rendimiento de la planta

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p=0.01$ ). En ambos casos se utilizó el paquete estadístico MSTAT versión para MS – DOS.

## VIII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 1.- Propiedades Físicas.

#### A.- Agregación.

En la Tabla 2, se presenta el comportamiento de los tratamientos Testigo con fertilizante, Testigo con composta, Testigo con composta – fertilizante, Testigo con vermicomposta y Testigo con vermicomposta – fertilizante. Los cuales son comparados con respecto al Testigo absoluto.

Tabla 2. Porcentaje de agregados en los tratamientos T, TB, TA, TC, TCB, TCA, TV, TVB, TVA. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos <sup>2</sup>	Tamaños (mm)							
	< 0.25	0.25 0.5	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	> 10
T	1.01 <b>b</b>	0.31 <b>c</b>	0.83 <b>b</b>	2.28 <b>c</b>	18.52 <b>b</b>	5.08 <b>c</b>	80.59 <b>a</b>	0.95 <b>b</b>
TB	1.72 <b>b</b>	0.81 <b>b</b>	2.24 <b>a</b>	5.29 <b>a</b>	24.11 <b>a</b>	6.81 <b>b</b>	55.70 <b>d</b>	1.65 <b>b</b>
TA	0.87 <b>b</b>	0.23 <b>c</b>	0.68 <b>c</b>	2.32 <b>c</b>	18.71 <b>b</b>	5.99 <b>c</b>	71.84 <b>b</b>	2.50 <b>a</b>
TC	2.03 <b>a</b>	1.03 <b>a</b>	3.33 <b>a</b>	5.19 <b>a</b>	17.27 <b>b</b>	11.76 <b>a</b>	55.78 <b>d</b>	1.85 <b>b</b>
TCB	2.37 <b>a</b>	1.09 <b>a</b>	2.93 <b>a</b>	4.87 <b>a</b>	22.87 <b>a</b>	6.43 <b>b</b>	57.65 <b>d</b>	1.64 <b>b</b>
TCA	1.22 <b>b</b>	0.37 <b>c</b>	1.14 <b>b</b>	3.49 <b>b</b>	20.55 <b>a</b>	7.38 <b>b</b>	63.66 <b>c</b>	1.37 <b>b</b>
TV	1.29 <b>b</b>	0.52 <b>b</b>	1.42 <b>b</b>	3.06 <b>b</b>	19.70 <b>a</b>	5.89 <b>c</b>	65.25 <b>c</b>	1.49 <b>b</b>
TVB	1.69 <b>b</b>	0.93 <b>b</b>	2.62 <b>a</b>	4.67 <b>a</b>	22.14 <b>a</b>	6.47 <b>b</b>	59.58 <b>d</b>	1.43 <b>b</b>
TVA	1.65 <b>b</b>	0.96 <b>b</b>	2.80 <b>a</b>	4.58 <b>a</b>	22.30 <b>a</b>	6.39 <b>b</b>	57.51 <b>d</b>	2.81 <b>a</b>

<sup>1</sup>Las letras ubicadas después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( p= 0.01) Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

<sup>2</sup>T: Testigo. TB: Testigo con fertilizante dosis baja. TA: Testigo con fertilizante dosis alta. TC: Testigo con composta. TCB: Testigo con composta y dosis baja. TCA: Testigo con composta y dosis alta. TV: Testigo con vermicomposta. TVB: Testigo con vermicomposta y dosis baja de fertilizante. TVA: Testigo con vermicomposta y dosis alta.

En los tratamientos sin especie vegetal los cambios en los porcentajes de agregados pudieron estar dados por los ciclos de humedecimiento y de secado, los cuales se repitieron a lo largo del experimento, y provocaron de esta forma procesos de disgregación y desintegración en el material, de tal manera que los fragmentos de mayor tamaño se rompen por la contracción y expansión del material, provocando su fragmentación en unidades de diferentes tamaños, que a la vez pueden ser unidas en agregados (Acevedo, 1997), sobre todo cuando hay presencia de materia orgánica.

En la fracción > 10mm se incrementó significativamente el porcentaje de agregados en los tratamientos TA, TVA, mientras que en los restantes se mantuvo constante. Acevedo (1997), menciona que el fertilizante en forma aislada, no interviene en la estructuración, si no que realmente lo que sucede en esta fracción es que existe un dominio de fragmentos y no agregados, resultado de la fragmentación del material que se realizó al inicio del experimento; así como por la falta de un factor de alteración del sustrato (Wild, 1992). Los fragmentos son unidades más resistentes que los agregados, como resultado de la naturaleza de los enlaces entre partículas. Las partículas que constituyen a los fragmentos se encuentran soldadas desde el momento de la depositación del material en estado incandescente. Sin embargo, en los agregados los enlaces son, principalmente de naturaleza orgánica, lo que los hace susceptibles a la descomposición microbiana (Velázquez, 2002)

La fracción 5mm – 10mm disminuyó significativamente su porcentaje con todos los tratamientos. Esta disminución implica que muchas de ellas se disgregaron probablemente por el efecto mencionado anteriormente de los ciclos de humedecimiento y secado.

Aun cuando hubo variaciones mínimas, todos los tratamientos favorecieron el incremento significativo de la fracción de 1mm – 5mm de diámetro. Dicho incremento implica, necesariamente, que hubo unión del material fino, como también disgregación para dar lugar a la formación de unidades del diámetro mencionado. Este comportamiento se pudo deber a la formación de agregados a través de las enmiendas orgánicas (composta y vermicomposta) incorporadas al tepetate; así como por los compuestos orgánicos producidos por los microorganismos en el Tepetate.

Ferrera *et al.* (1997) mencionan que las poblaciones microbianas se incrementan después de la incorporación de nutrimentos al sustrato, debido a que son un suministro de compuestos energéticos que pueden ser usados por microorganismos. Al mismo tiempo se lleva a cabo una agregación orgánica a través de compuestos producidos por los microorganismos, lo que favorece el incremento de las poblaciones y acentúa su efecto de agregación en el sustrato.

Alvarez *et al.* (1998) cuantificaron la cantidad de microorganismos presentes en un tepetate y observaron variaciones dependiendo del tipo de tratamiento. Con sólo roturar el material, se incrementó la cantidad de microorganismos en el tepetate, pero cuando se le adicionó materia orgánica, el incremento fue considerablemente mayor. Esto explica el aumento en el porcentaje de la agregación con los tratamientos utilizados en el presente estudio, los cuales contienen cantidades importantes de nutrimentos orgánicos e inorgánicos, útiles para la biota.

En la fracción de 0.5mm – 1mm se presentó una disminución significativa con el tratamiento TA, con respecto al testigo. Sin embargo con los tratamientos TB, TC, TCB, TVB, TVA el porcentaje se incrementó significativamente. Este comportamiento implica, en el primer caso, que las unidades de 0.5mm – 1mm disminuyeron por que se unieron en agregados de mayor tamaño, por ejemplo de 2mm a 5mm, que fue la fracción que se incrementó con el mismo tratamiento.

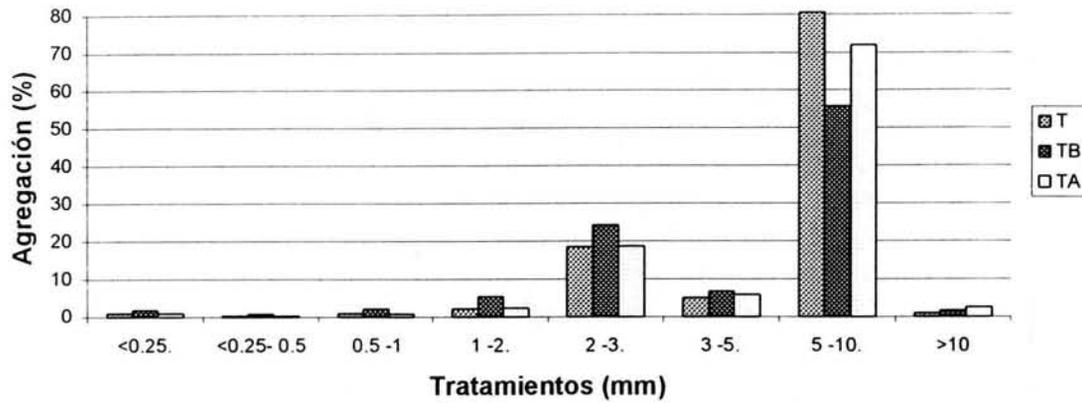
En el segundo caso, el incremento pudo deberse a que parte significativa del material que resultó de la desintegración de los fragmentos grandes, quedó comprendida en el nivel de 0.5mm, o bien, que las fracciones menores de 0.5mm se agregaron en unidades de mayor diámetro mediante compuestos orgánicos que fueron aportados por las enmiendas orgánicas.

En la fracción de 0.25mm a 0.5mm se incrementó significativamente el porcentaje de agregados con todos los tratamientos, excepto con TA y TCA, en los que el contenido se mantuvo constante.

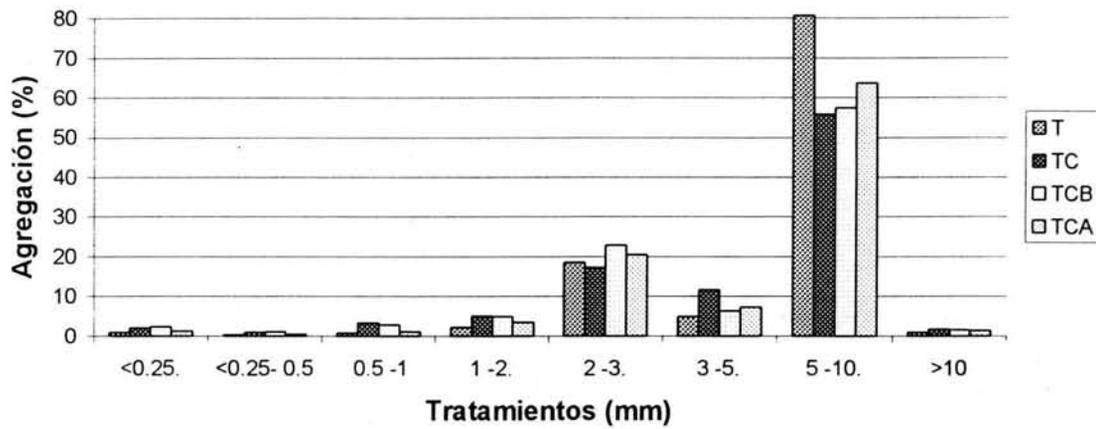
Sin embargo, fueron precisamente estos últimos tratamientos, los que favorecieron un incremento significativo de las unidades  $< 0.25\text{mm}$ , lo cual pudo deberse a la desintegración de los fragmentos grandes mencionada en el párrafo anterior (Velázquez, 2002).

En la Figura 7, se muestra la tendencia que presentan los porcentajes de agregación en los tratamientos testigo con enmiendas orgánicas e inorgánicas con respecto al testigo absoluto. En donde se observa que los mayores porcentajes los presenta la fracción de 5-10 mm, sin embargo se presenta una disminución dentro de esta fracción, siendo esta menor en el tratamiento TA. En las fracciones de 2-5 mm se observó un incremento con todos los tratamientos, en el caso de TC presentó el mayor incremento en la fracción de 3-5 mm y en la fracción de 2-3 mm disminuyó. Los porcentajes menores se presentaron en las fracciones  $< 0.5\text{ mm}$  y  $> 10\text{ mm}$ .

a)



b)



c)

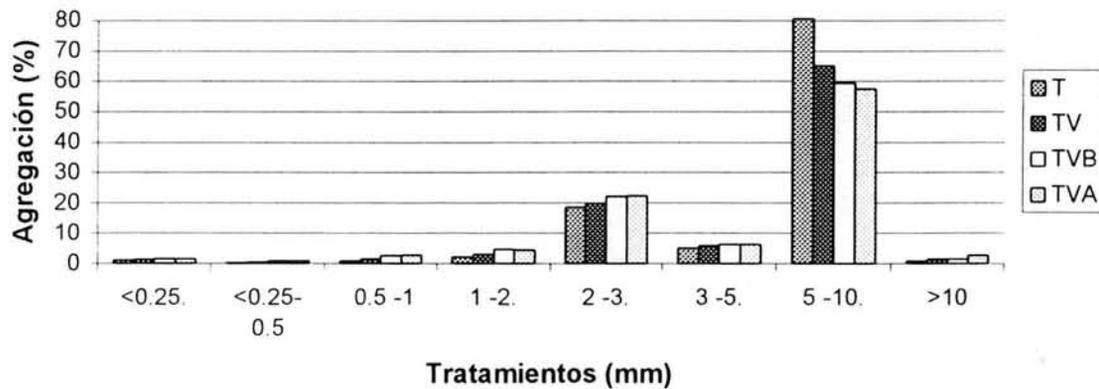


Figura 7. Porcentaje de agregados en los tratamientos testigo. a) testigo con fertilizante, b) testigo con composta y fertilizante y c) testigo con vermicomposta -fertilizante.

En la Tabla 3, se presenta el comportamiento de los tratamientos con planta y fertilizante, planta con composta, planta con composta – fertilizante, planta con vermicomposta, y planta con vermicomposta - fertilizante; los cuales se comparan con respecto al tratamiento con planta.

Tabla 3. Porcentaje de agregados en los tratamientos P, PB, PA, PC, PCB, PCA, PV, PVB, PVA. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos <sup>2</sup>	Tamaños (mm)							
	< 0.25	0.25 0.5	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	> 10
P	3.14a	0.96b	3.46a	6.15a	23.55a	6.58b	54.19d	0.97b
PB	2.79a	1.11a	2.76a	5.08a	20.93a	5.97c	57.06d	3.48a
PA	2.96a	1.28a	3.10a	5.00a	21.46a	5.91c	48.96e	1.77b
PC	1.39b	0.91b	2.19b	4.20b	19.20b	6.09c	62.70c	1.81b
PCB	1.09b	0.83b	2.08b	3.63b	19.62a	5.31c	63.00c	1.22b
PCA	1.63b	0.85b	2.44a	4.28b	22.83a	6.37b	59.03d	1.33b
PV	2.01a	1.20a	3.07a	5.11a	20.08a	6.02c	59.97d	2.18a
PVB	2.44a	1.45a	3.68a	5.33a	22.96a	6.25b	56.39d	1.85b
PVA	1.69b	1.01b	2.84a	4.34b	18.83b	6.08c	61.86d	1.93b

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

<sup>2</sup>P: Planta. PB: Planta con dosis baja. PA: Planta con dosis alta. PC: Planta con composta. PCB: Planta con composta y dosis baja. PCA: Planta con composta y dosis alta. PV: Planta con vermicomposta. PVB: Planta con vermicomposta y dosis baja. PVA: Planta con vermicomposta y dosis alta.

En la fracción > 10mm se incrementó significativamente el porcentaje de agregados con los tratamientos PB, PV. El aumento en el porcentaje de estos tratamientos se pudo deber en el caso del tratamiento PB al incremento del sistema radical de la planta por efecto del fertilizante, lo que pudo favorecer que las fracciones de menor tamaño se unieran por empaquetamiento mecánico, para formar agregados más grandes.

En el tratamiento PV debió aumentar la agregación por la incorporación de nutrimentos a través de la vermicomposta, los cuales ayudaron a que los agentes temporales, representados por el sistema radical de la planta, formaran agregados de mayor tamaño (Tisdall, 1994).

Con los tratamientos PC y PCB se presentó un aumento significativo en el porcentaje de agregados de 5mm a 10mm, este comportamiento no se observó en el tratamiento PA con el que el porcentaje disminuyó. El aumento pudo deberse a la acción del sistema radical de la planta y las enmiendas orgánicas, como consecuencia de la unión de fracciones de menor tamaño por procesos de empaquetamiento (Tisdall, 1994). Por otra parte, con el incremento del desarrollo radical aumenta el metabolismo, de tal manera que la producción de mucílagos también es mayor y da lugar a la formación de agregados (Tisdall y Oades, 1982).

La disminución del porcentaje de agregados del tratamiento PA, pudo deberse a procesos de desintegración y disgregación, provocados por el crecimiento radical de las fracciones >10mm. Dicho comportamiento ya había sido observado en otros trabajos y, de acuerdo con los mismos, los fragmentos resultado de la desintegración quedaron comprendidos en la fracción 0.25mm – 0.5mm, incrementando significativamente su porcentaje (Velázquez, 2002), información que coincide ampliamente con lo observado en el presente estudio.

La fracción de 3mm – 5mm disminuyó significativamente con todos los tratamientos, presentándose el mismo comportamiento en los tratamientos PC y PVA de la fracción de 2mm – 3mm. Esta tendencia indica que en estas fracciones, dominó, por una parte el proceso de desintegración sobre el de agregación, es decir que la alteración de los tratamientos dio lugar a unidades menores de 0.5mm, lo cual se puede corroborar al analizar los porcentajes de esta última fracción para los tratamientos PB, PA y PV.

Por otra parte, en el caso de los tratamientos PC y PVA, la disminución de los fragmentos de 2mm a 3mm puede ser interpretada como la unión de éstos para dar lugar a la formación de unidades mayores de 5mm. Esto se debió, en ambos casos a que los fragmentos de este tamaño se alteran fácilmente cuando la acción de las plantas se intensifica a causa de la materia orgánica y nutrimentos que se adicionaron a través del fertilizante y los abonos (Velázquez, 2002).

En la fracción 0.5mm – 2mm se presentó una disminución significativa en el porcentaje de agregados con los tratamientos PC, PCB, con los restantes el porcentaje fue estadísticamente equivalente, al igual que la fracción de 1mm –2mm. Con los tratamientos PCA y PVA, sólo disminuyó la fracción de 1mm – 2mm.

La disminución en los tratamientos PC, PCB, pudo ser consecuencia de la unión de los fragmentos, por el sistema radical mencionado en los párrafos anteriores la cual dio lugar a unidades de 5mm – 10mm (Tisdall, 1994).

Con respecto al tratamiento PVA se observó una disminución en las fracciones de 1mm – 5mm y 0.25mm – 0.5mm; pero no con el tratamiento PCA que solo disminuyó en la fracción 1mm -2mm y 0.25mm –0.5mm. Por lo que es posible inferir que los fragmentos pequeños se unieron para dar origen a agregados grandes y que los fragmentos de mayor tamaño se disgregaron en fracciones más pequeñas. Todo ello a causa tanto de las raíces y microorganismos que fueron capaces de inducir la desintegración y disgregación de unidades (Velázquez, 2002),

La fracción 0.25mm –0.5mm se incrementó significativamente con los tratamientos PB, PA, PV, PVB. Esto se explica por la disgregación en las fracciones de mayor tamaño, por los procesos mencionados con anterioridad y gran parte del material resultante quedó en esta fracción.

La fracción < 0.25mm disminuyó significativamente con los tratamientos PC, PCB, PCA, PVA. Esto, probablemente, se debió a que las fracciones finas se unieron para formar agregados de mayor tamaño, 2mm -3mm, a causa del efecto que provoca el sistema radical mencionado anteriormente.

En la Figura 8, se muestra la tendencia que presentan los porcentajes de agregación en los tratamientos con planta y enmiendas orgánica e inorgánicas respecto al testigo absoluto. En donde se observa que los mayores porcentajes son los de la fracción de 5-10 mm. Sin embargo se presenta una disminución dentro de esta fracción, siendo mayor con los tratamientos con fertilizante.

En las fracciones de 2-5 mm se observó un incremento con todos los tratamientos; las fracciones <0.5 y >10 mm muestran los porcentajes más bajos. Cabe resaltar el incremento de los tratamientos con fertilizante en la fracción < 0.25 mm. Esto indica que la mayor disgregación se presentó en la fracción de 5 –10 mm con los tratamientos con fertilizante siendo mayor con el tratamiento PA; La fracción que presentó mayor incremento en la formación de agregados fue de 2 – 3mm, con los tratamientos de enmiendas orgánicas teniendo los valores más altos PCA y PVB.

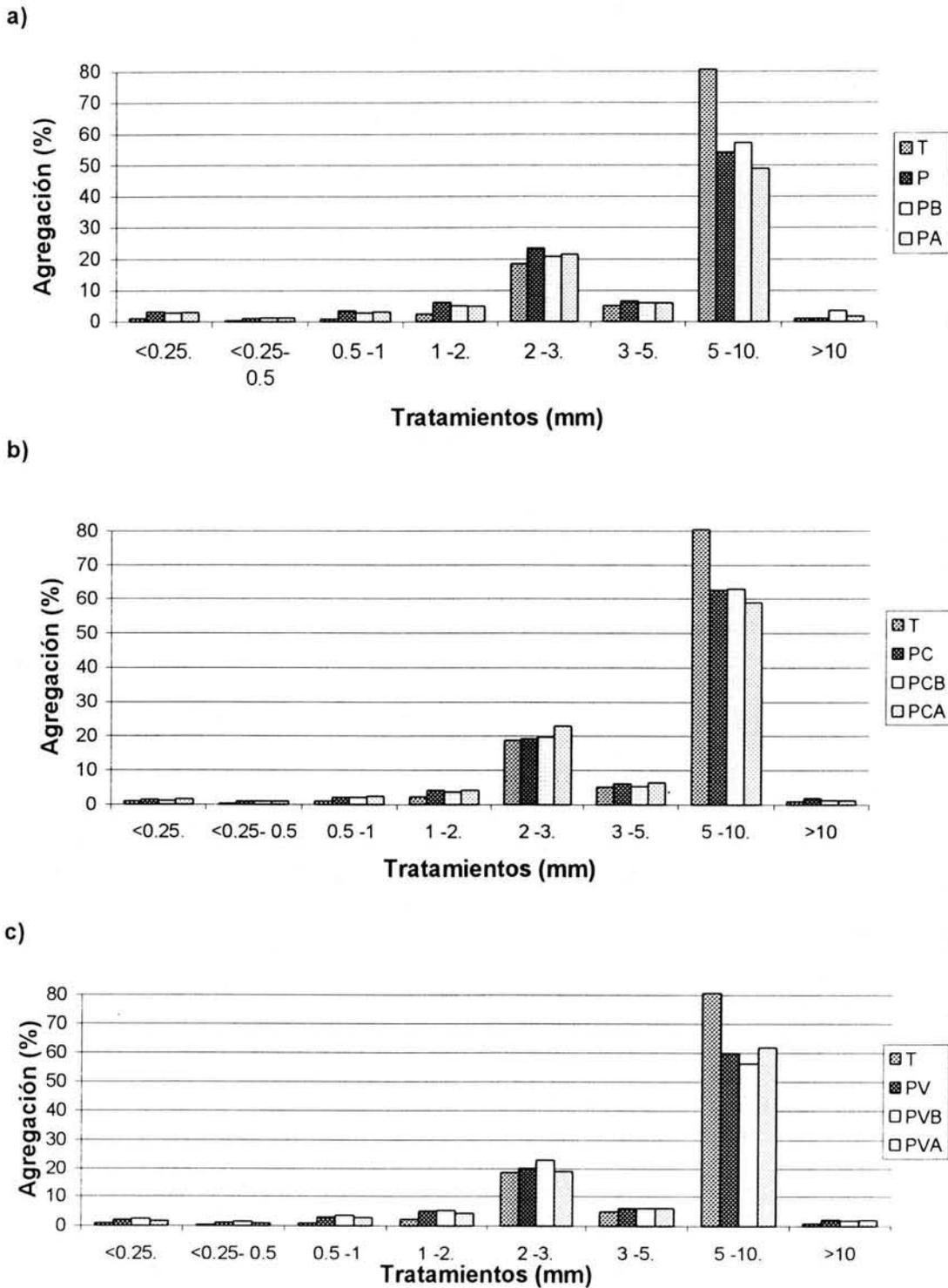


Figura 8. Porcentaje de agregados en los tratamientos con planta. a) planta con fertilizante b) planta con composta - fertilizante, c) planta con vermicomposta -fertilizante

**B.– Estabilidad de agregados.**

En la Tabla 4, se presenta el comportamiento de los tratamientos Testigo con fertilizante, Testigo con composta, Testigo con composta – fertilizante, Testigo con vermicomposta y Testigo con vermicomposta – fertilizante. Los cuales son comparados con respecto al Testigo absoluto.

Tabla 4. Porcentaje de agregados estables en húmedo en los tratamientos T, TB, TA, TC, TCB, TCA, TV, TVB, TVA. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Tamaños (mm)						
	< 0.25	0.25 - 0.5	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	>5
T	9.92 <b>b</b>	0.57 <b>b</b>	1.48 <b>b</b>	4.56 <b>a</b>	24.45 <b>a</b>	7.16 <b>b</b>	51.87 <b>b</b>
TB	10.74 <b>a</b>	0.53 <b>b</b>	1.30 <b>b</b>	2.64 <b>b</b>	19.00 <b>a</b>	8.14 <b>b</b>	58.09 <b>a</b>
TA	4.20 <b>c</b>	0.81 <b>a</b>	2.19 <b>a</b>	4.37 <b>a</b>	20.61 <b>a</b>	8.37 <b>b</b>	59.47 <b>a</b>
TC	11.75 <b>a</b>	0.56 <b>b</b>	1.62 <b>b</b>	3.60 <b>a</b>	21.53 <b>a</b>	7.77 <b>b</b>	52.72 <b>a</b>
TCB	10.49 <b>a</b>	1.25 <b>a</b>	3.68 <b>a</b>	5.96 <b>a</b>	21.15 <b>a</b>	5.30 <b>c</b>	52.08 <b>b</b>
TCA	12.23 <b>a</b>	1.10 <b>a</b>	2.49 <b>a</b>	4.49 <b>a</b>	19.89 <b>a</b>	6.85 <b>b</b>	55.43 <b>b</b>
TV	9.46 <b>b</b>	0.57 <b>b</b>	1.52 <b>b</b>	2.51 <b>b</b>	15.43 <b>b</b>	5.59 <b>c</b>	64.91 <b>a</b>
TVB	12.53 <b>a</b>	0.77 <b>a</b>	1.81 <b>b</b>	2.48 <b>b</b>	13.87 <b>b</b>	6.45 <b>b</b>	62.09 <b>a</b>
TVA	15.25 <b>a</b>	0.67 <b>a</b>	2.75 <b>a</b>	4.62 <b>a</b>	20.97 <b>a</b>	5.85 <b>c</b>	49.89 <b>b</b>

<sup>1</sup>Las letras ubicadas después de los valores, corresponden a la significancia estadística por columna. (p=0.01). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

En la fracción > 5mm se incrementó significativamente la estabilidad de agregados con los tratamientos TB, TA, TC, TV, TVB. Este aumento se debió a la acumulación de fragmentos resultado del rompimiento o disgregación de las unidades de mayor tamaño.

La alta estabilidad en esta fracción nos indica que existe un dominio de fragmentos, los cuales son más estables que los agregados debido a que se trata de material consolidado desde el momento de su depósito y a la presencia de agentes cementantes (Velázquez, 1997).

En las fracciones de 1mm – 5mm disminuyó significativamente el porcentaje de unidades estables con los tratamientos TC, TVA, TV, TVB, TB. Tal comportamiento destaca la presencia de agregados en esta fracción, ya que los agregados por estar unidos mediante enlaces de naturaleza orgánica, se disgregaron al entrar en contacto con el agua, por tratarse de agentes cementantes que son fácilmente descompuestos por los microorganismos (Tisdall, 1994). La disminución en el porcentaje de unidades con respecto al testigo absoluto, implica que se presentó un proceso de desintegración o disgregación de las unidades mayores de 5mm, directamente relacionado con la adición de enmiendas orgánicas y fertilizante.

Bohn *et al.* (1996), mencionaron que la adición de materia orgánica conduce a la síntesis de compuestos orgánicos (polisacaridos), que recubren a los agregados evitando la entrada abrupta de agua a la unidad y la salida de aire de los poros que es lo que provoca la disgregación. Es por ello, que al recubrir a los agregados, la materia orgánica evita la desintegración e incrementa la estabilidad.

El análisis en húmedo permitió detallar las características de la fracción 1mm – 5mm ya que la baja estabilidad asociada a la fracción 1mm – 3mm implica un dominio casi en su totalidad de agregados, que debido a la naturaleza transitoria de los agentes de unión (Puget *et al.*, 1999), presentaron una estabilidad menor que la de los fragmentos.

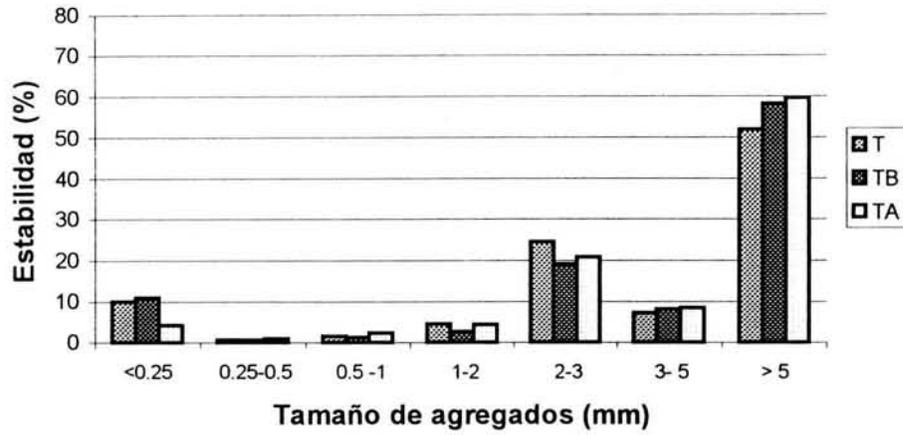
Por lo tanto es posible sugerir que, de la fracción de 1mm – 5mm, las unidades de 3mm – 5mm corresponden, en su mayoría a fragmentos y las de 1mm – 3mm a agregados. Lo que justifica la estabilidad y la diferente influencia de los tratamientos (Velázquez, 2002).

La fracción 0.25mm – 1mm aumentó significativamente su estabilidad con los tratamientos TA, TCB, TCA, TVA; La estabilidad de la fracción 0.25mm – 0.5mm solo aumentó con el tratamiento TVB, y con los tratamientos TB, TC, de la fracción < 0.25mm.

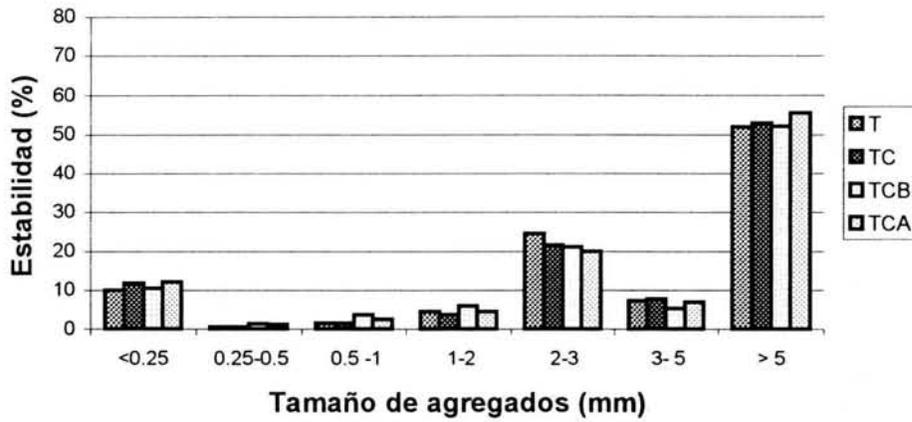
El incremento en la estabilidad de estas fracciones pudo ser el reflejo del dominio de fragmentos sobre agregados, como resultado de los procesos de desintegración o disgregación de las unidades de mayor tamaño (Velázquez, 1997).

En la figura 9, se muestra la tendencia que presentó la estabilidad de los agregados en los tratamientos testigo con enmiendas orgánicas e inorgánicas con respecto al testigo absoluto. Se observa que la fracción >5 mm presentó la mayor estabilidad, mostrando un incremento con todos los tratamientos excepto con TVA. En la fracción de 2- 3 mm disminuyó la estabilidad y, por el contrario en la fracción < 0.25 mm se incrementó. La menor estabilidad se presentó en las fracciones de 0.25 mm a 2 mm.

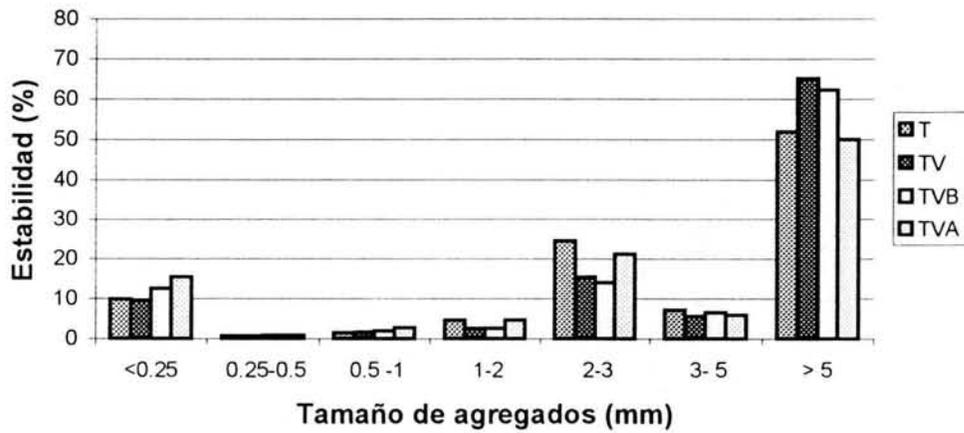
a)



b)



c)



**Figura 9.** Porcentaje de la estabilidad de agregados en los tratamientos testigo a) testigo con fertilizante, b) testigo con composta - fertilizante y c) testigo con vermicomposta - fertilizante

En la Tabla 5, se presenta el comportamiento de los tratamientos con planta y fertilizante, planta con composta, planta con composta – fertilizante, planta con vermicomposta, y planta con vermicomposta - fertilizante; los cuales se comparan con respecto al tratamiento con planta.

Tabla 5. Porcentaje de la estabilidad de agregados en los tratamientos P, PB, PA, PC, PCB, PCA, PV, PVB, PVA. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Tamaños (mm)						
	< 0.25	0.25 - 0.5	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	>5
P	14.24a	1.05a	3.43a	4.93a	17.42b	6.50b	52.03b
PB	9.13b	0.49b	1.43b	3.65a	16.54b	13.31a	55.45b
PA	8.26b	0.4b	1.33b	4.03a	18.95a	7.25b	59.51a
PC	11.93a	0.57b	1.81b	3.81a	14.29b	4.98c	62.57a
PCB	7.90b	0.26b	0.75b	2.11b	15.27b	5.21c	68.39a
PCA	10.14b	1.19a	3.72a	5.10a	21.10a	6.52c	51.88b
PV	7.41b	0.71a	2.01a	3.57b	14.82b	5.83c	65.21a
PVB	4.62c	0.26b	0.84b	2.05b	16.27b	7.09b	68.87a
PVA	6.42b	0.53b	1.91a	3.47b	16.02b	5.51c	66.14a

<sup>1</sup>Las letras ubicadas después de los valores corresponden a la significancia estadística por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

En la fracción > 5mm se incrementó significativamente la estabilidad en los tratamientos PA, PC, PCB, PV, PVB, PVA. Este aumento se debió a que la mayor parte de las unidades debieron ser fragmentos, que resultaron de la desintegración de los de mayor tamaño o bien, resultado de la disgregación de grandes agregados, en los que la degradación de los agentes transitorios ocasionada por los microorganismos (Tisdall, 1994), dio lugar a unidades de este diámetro (Jastrow y Miller 1998).

La fracción 3mm – 5mm tuvo un incremento significativo de la estabilidad de los agregados con el tratamiento PB, pero no con los tratamientos PC, PCB, PCA, PV, PVA con los cuales disminuyó. El incremento con el tratamiento PB, pudo deberse a un posible dominio de fragmentos, que resultó de la desintegración de las unidades de mayor tamaño (García, 2001), ya que se trata de uno de los tratamientos con menor contenido de materia orgánica, por no tener enmiendas orgánica y por tratarse de la dosis baja de fertilizante.

La disminución del porcentaje de la estabilidad con los tratamientos PC, PCB, PCA, PV, PVA, implica, la existencia de agregados formados por enlaces altamente susceptibles a la degradación, como son los agentes transitorios, aportados por las enmiendas orgánicas y la planta (Velázquez, 2002). Esto se corroboró con el análisis de materia orgánica, el cual mostró porcentajes significativamente mayores de materia orgánica en estos tratamientos, que en el testigo absoluto.

En la fracción 2mm – 3mm se incrementó significativamente la estabilidad con los tratamientos PA, PCA. El incremento en esta fracción pudo deberse a la aplicación de las enmiendas ya que estas favorecieron el crecimiento radical, el cual otorgó exudados que ayudaron a la unión de las partículas, lo cual indica que se trata de agregados más estables (Jastrow y Miller 1998).

En la fracción 1mm –2mm disminuyó significativamente la estabilidad de los agregados, con los tratamientos PCB, PV, PVB, PVA. La disminución se pudo deber a que las enmiendas orgánicas (vermicomposta y composta) formaron agregados cuyos agentes de unión transitorios al ser descompuestos rápidamente durante el humedecimiento provocaron una disgregación lo que se manifiesta disminución de la estabilidad (Tisdall y Oades, 1982).

En la fracción 0.25mm – 1mm disminuyó significativamente la estabilidad de los agregados con la mayoría de los tratamientos, pero no con los tratamientos PCA, PV; PVA de la fracción 0.5 – 1mm y PC, de la fracción > 0.25mm.

La disminución del porcentaje en la estabilidad de los agregados, implica que como en el caso anterior la presencia de enlaces orgánicos, que ayudaron a que se dieran uniones transitorias y temporales, donde el sistema radical de la planta, aumentó su metabolismo, ocasionando una mayor producción de exudados (Velázquez, 2002). Esto dio lugar a la formación de agregados de baja estabilidad.

En la figura 10, se muestra la tendencia que presentan los porcentajes de la estabilidad de agregados en los tratamientos con planta y enmiendas orgánicas e inorgánicas con respecto al testigo absoluto. Se observa que la fracción  $> 5\text{mm}$  presentó la mayor estabilidad, mostrándose un incremento en todos los tratamientos, siendo este mayor en los tratamientos con enmiendas orgánicas. En la fracción de 3- 5 se observó un incremento sólo en los tratamientos con fertilizante dosis baja. La fracción 2- 3 mm disminuyó su estabilidad con todos los tratamientos. Por el contrario la fracción  $< 0.25$  se incrementó con el tratamiento P y PC, disminuyendo con los demás tratamientos PCV y los que presentan vermicomposta. La menor estabilidad se presentó en las fracciones 0.25 a 2 mm. Esto indica que la mayor estabilidad estuvo dada en la fracción de 2 –3mm y  $< 0.25\text{mm}$ , con las enmiendas orgánicas, destacando la composta. En el caso de los tratamientos con fertilizante se observó que presentó menor estabilidad el tratamiento PA.

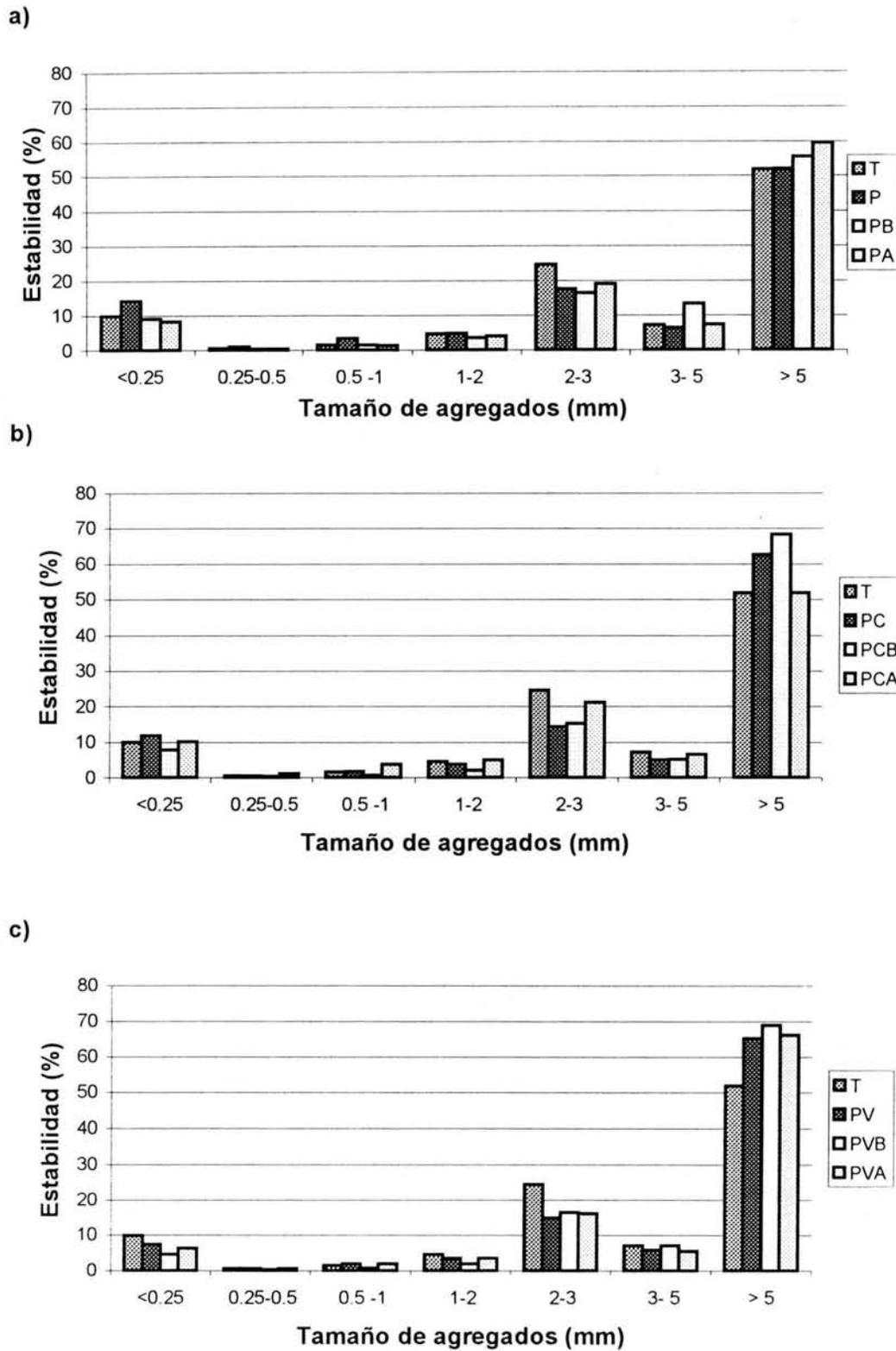


Figura 10. Porcentaje de la estabilidad de agregados en los tratamientos con planta a) planta con fertilizante, b) Planta con composta - fertilizante y c) planta con vermicomposta - fertilizante.

### 3. Propiedades Químicas.

#### A. pH en agua.

En la Tabla 6, se muestra el comportamiento que presentaron los tratamientos con relación al pH en agua y KCl, donde se observó un incremento significativo en algunos tratamientos con respecto al testigo absoluto. El comportamiento que se describe es el correspondiente a pH en agua ya que la tendencia que se presenta en KCl fue similar.

**Tabla 6.** Valores de pH en Agua y KCl de los tratamientos estudiados.

Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

TRATAMIENTOS	pH - agua Relación 1:2.5	p H - KCl Relación 1: 2.5	Tratamientos	pH - agua Relación 1:2.5	p H - KCl Relación 1: 2.5
T	6.00d	5.40d	P	6.43b	5.40d
TB	6.23c	5.10e	PB	6.33b	5.20e
TA	5.57f	5.27e	PA	6.23c	5.33e
TC	6.30c	6.33a	PC	6.47b	5.60c
TCB	6.27c	5.63c	PCB	6.43b	5.57d
TCA	6.33c	5.70c	PCA	6.40b	5.63c
TV	6.80a	6.00b	PV	6.37b	5.53d
TVB	6.53a	5.47d	PVB	6.30c	5.40d
TVA	6.40b	5.53d	PVA	6.30c	5.37d

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

El tratamiento TA tuvo el valor más bajo de pH (ácido) lo que pudo deberse a la acción del sulfato de amonio utilizado. Ya que al disociarse el ión sulfato con el agua, forma ácido sulfúrico con los hidrógenos contenidos en la solución. Esto pudo provocar una acidificación en el medio (Potash and Phosphate Institute, 1997).

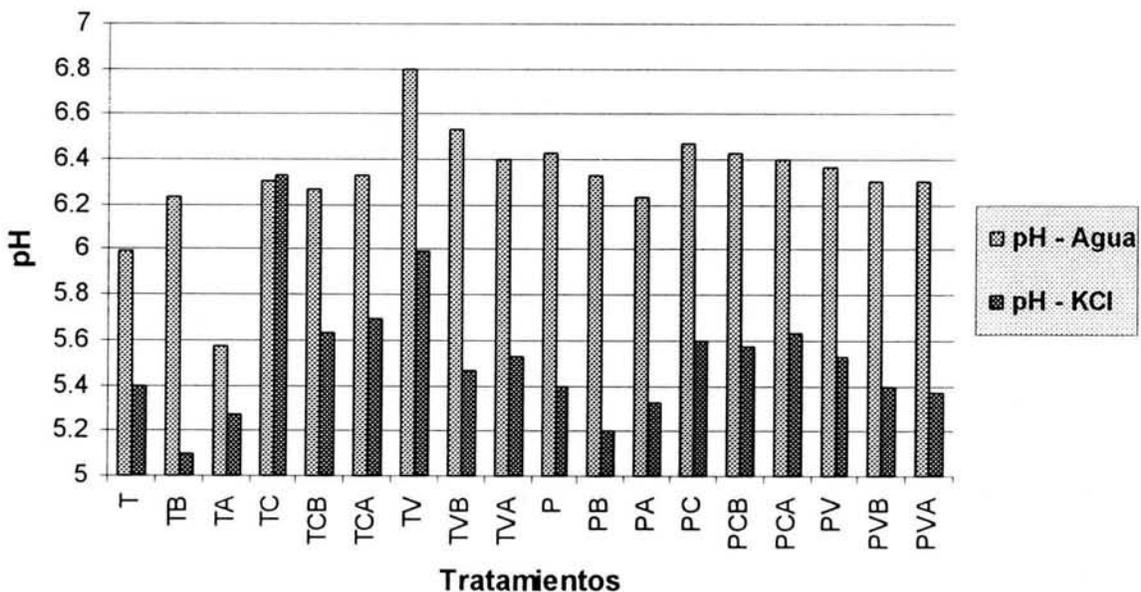
Los tratamientos TV, TVB, presentaron los valores de pH mas altos de los tratamientos estudiados, lo cual pudo deberse a la interacción con la vermicomposta, cuyo valor de pH original tendió a la neutralidad y en cuya composición destacan componentes de naturaleza básica (Capistrán *et al.*, 1999).

En la Tabla 6, se observa que los tratamientos con planta (P, PB, PA) provocaron un incremento significativo de pH, en relación con los testigos. Lo cual probablemente se debió a que la presencia de especies vegetales induce el incremento en el pH acercándolo a la neutralidad por la liberación a la rizósfera de compuestos orgánicos, iones y gases producidos por la raíz (Pinton *et al.*, 2001); Por otra parte, cuando la densidad radical es grande, sobre todo en condiciones de confinamiento como el caso de la maceta se limita la lixiviación y se favorece la acumulación de cationes (Velázquez, 2002).

Por lo que respecta al tratamiento PA, presentó un pH significativamente menor, en relación con los tratamientos P, PB. Esto pudo ser ocasionado por el incremento de la dosis de fertilizante, lo cual ocasionó una tendencia a la acidez, como se mencionó anteriormente. En los tratamientos TC, TCB, TCA, y se incrementó significativamente el valor de pH acercándose a la neutralidad, dicho incremento fue mayor con la presencia de la planta, PC, PCB, PCA. Con los tratamientos TV, TVB, TVA, y PV, PVB, PVA, presentaron valores de pH significativamente mayores que el testigo, pero entre ellos se observó que el pH fue menor con la presencia de la planta y especialmente con los tratamientos con planta y fertilizante. Lo anterior indica que tanto la composta como la vermicomposta contienen compuestos que favorecen que el pH tienda a la neutralidad, pero que en el caso de la vermicomposta, su efecto buffer es menor, ya que al integrarse la planta, el efecto de acidificación por liberación de protones en la rizosfera, es significativo (Troeh y Thompson, 1993).

En la figura 11, se presentan los resultados de pH en agua y KCl relación 1:2.5 obtenidos durante el periodo experimental respecto al testigo absoluto, los valores indican un pH ligeramente ácido. En los tratamientos con fertilizante se incremento el pH cuando la dosis fue baja, contrariamente con la dosis alta se presentó una disminución. En los tratamientos con composta el valor se incrementó, siendo similar entre ellos. Al aplicar vermicomposta también se observó un incremento de pH, siendo mayor en TV y presentando el valor mas bajo entre ellos TVA.

Por lo que respecta a los tratamientos con planta se incrementó el pH en todos, observándose una tendencia similar con las tres enmiendas utilizadas. Cuando la enmienda orgánica se encuentra sola el valor de pH es mayor, pero cuando se combina con fertilizante se presenta una disminución siendo mayor cuando la dosis es alta.



**Figura 11.** Valores de PH en Agua y KCl relación 1:2.5 de los tratamientos estudiados.

## B. Materia orgánica.

En la Tabla 7, se observa un incremento significativo en el porcentaje de materia orgánica en la mayoría de los tratamientos con respecto al testigo, excepto con TB, PC y PV.

**Tabla 7.** Valores de materia orgánica de los tratamientos estudiados. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Materia Orgánica (%)	Tratamientos	Materia Orgánica (%)
T	0.16c	P	0.44b
TB	0.24c	PB	0.31b
TA	0.60b	PA	0.57b
TC	0.73a	PC	0.26c
TCB	1.03a	PCB	0.44b
TCA	0.40b	PCA	0.40b
TV	0.30b	PV	0.07c
TVB	0.39b	PVB	0.42b
TVA	0.30b	PVA	0.33b

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

Los porcentajes significativamente más altos de materia orgánica se presentaron en los tratamientos TC y TCB, lo cual pudo ser resultado del efecto residual de la composta ya que libera los nutrientes en forma lenta (Capistrán *et al.*, 1999). También pudo incrementarse por la composición de la composta que en su mayoría es materia orgánica. El que su contenido fuera mayor que en los tratamientos con composta y planta, se debió a la ausencia de un factor de pérdida de dicha materia orgánica, el cual está representado por la planta.

Los tratamientos TB, PC, PV mostraron una significancia equivalente al testigo, en el caso del testigo con dosis baja, se pudo deber a la escasa materia orgánica que contiene el tepetate en estado original y a que el fertilizante, en sí mismo no aporta materia orgánica al sustrato. En tanto que en los tratamientos con planta - composta y ésta con vermicomposta, la causa pudo ser la descomposición lenta y secuencial que presentan dichos abonos en el suelo (Trinidad, 1999) y además una menor producción de compuestos de rizodepositación.

En la misma tabla se observa que los tratamientos T, TB, TA, presentan un porcentaje menor de materia orgánica, con respecto a los tratamientos con planta y ésta con fertilizante, así como con respecto al testigo con dosis alta.

Lo anterior pudo ocurrir gracias a la producción de sustancias orgánicas por la planta, que se incorporaron al suelo, así como también por que la adición del fertilizante en la planta constituyó un aporte inmediato de nutrimentos para la planta, acelerando su desarrollo, el cual se manifiesta en un incremento en la producción de exudados (Pinton *et al.*, 2001).

En el tratamiento planta con composta (PC) disminuyó significativamente el porcentaje de materia orgánica con respecto a los tratamientos TC, TCB, TCA, y PCB, PCA, esta situación se pudo deber a que la planta utilizó la mayor parte de la materia orgánica para satisfacer sus necesidades nutrimentales, lo que no permitió la acumulación de materia orgánica en el tepetate. Es por ello que los porcentajes en los tratamientos testigo fueron mayores. En PCB y PCA, la adición de fertilizante evitó que la planta dispusiera de toda la materia orgánica para su nutrición, por lo que el contenido de materia orgánica fue mayor en PC.

Con respecto a los tratamientos TV, TVB, TVA, y PV, PVB, PVA, la significancia estadística fue muy similar al comportamiento que presentaron los tratamientos con composta, de tal manera que la interpretación de los resultados es la misma. Excepto en PV el cual disminuyó de manera significativa.

En la figura 12, se presentan los valores del porcentaje de materia orgánica durante el periodo experimental, con relación al Testigo absoluto, donde se observa un incremento con todos los tratamientos excepto PV; en los tratamientos con composta se presentó el mayor incremento, siendo más alto con la combinación de esta y la dosis alta de fertilizante.

En los tratamientos con planta, se incrementó el porcentaje de materia orgánica con todos los tratamientos, observándose un mayor incremento con PA y la combinación de las enmiendas con fertilizante.

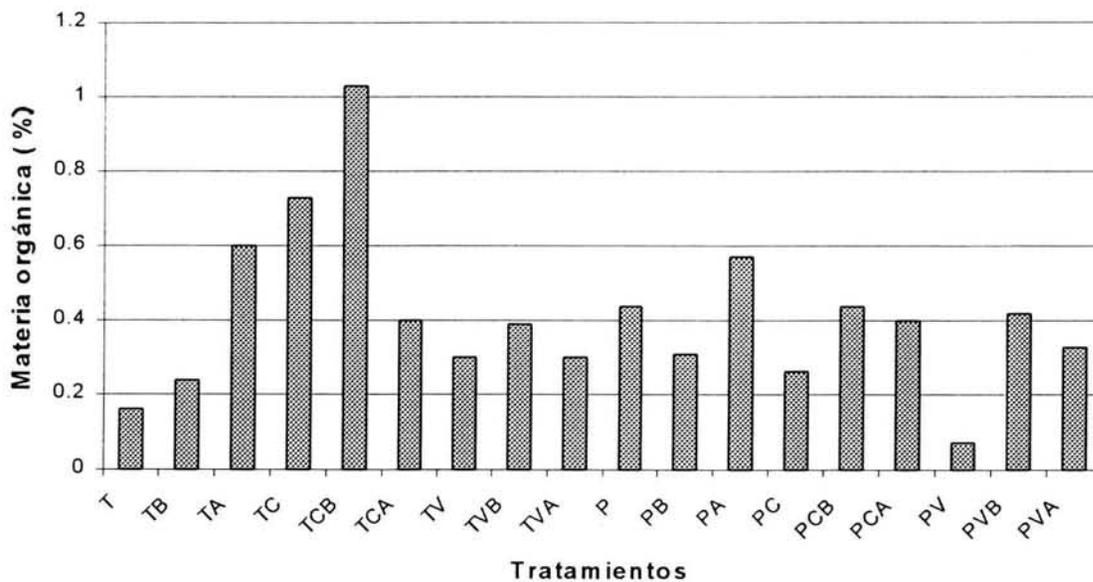


Figura 12. Porcentaje de Materia orgánica en los tratamientos estudiados.

### C. Capacidad de intercambio catiónico.

En la Tabla 8, se observa un incremento significativo en los valores de capacidad de intercambio catiónico en la mayoría de los tratamientos con respecto al testigo absoluto. A excepción de TB, TA, PB, PC, PCB, PCA, PVA, con los cuales disminuyó la capacidad de intercambio catiónico.

**Tabla 8.** Valores de la capacidad de intercambio catiónico C.I.C. de los tratamientos estudiados. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	C.I.C (cmol+Kg-)	Tratamientos	C.I.C (cmol+ Kg-)
T	23.01 <b>b</b>	P	22.44 <b>a</b>
TB	20.85 <b>c</b>	PB	22.76 <b>b</b>
TA	17.32 <b>d</b>	PA	21.67 <b>b</b>
TC	22.27 <b>b</b>	PC	18.15 <b>d</b>
TCB	24.25 <b>a</b>	PCB	19.80 <b>c</b>
TCA	23.76 <b>a</b>	PCA	18.97 <b>d</b>
TV	24.75 <b>a</b>	PV	25.08 <b>a</b>
TVB	24.91 <b>a</b>	PVB	23.26 <b>a</b>
TVA	24.09 <b>a</b>	PVA	18.81 <b>d</b>

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. (p=0.01). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes

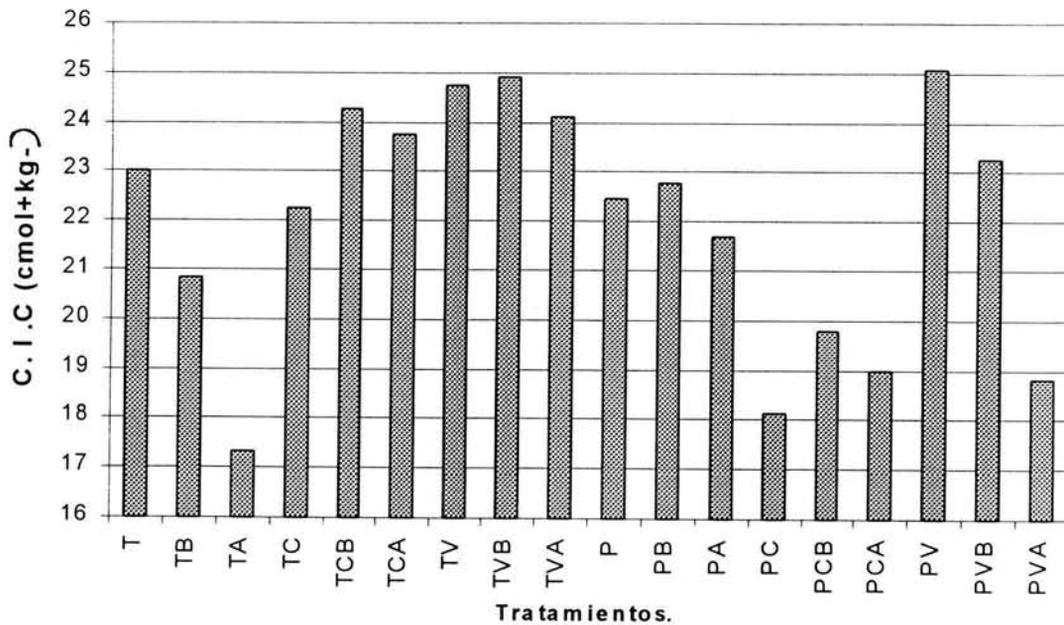
Los tratamientos TCB, TCA, TV, TVB, TVA, P, PV, PVB, presentaron los valores significativamente más altos de los tratamientos estudiados. Tal situación se pudo deber a que dichos tratamientos presentan mayor cantidad de materia orgánica, que tiene la capacidad de incrementar los sitios de intercambio para la absorción de cationes (Miller and Gardiner, 1998). Excecto en PV, que no presentó mucho materia orgánica, pero dicho incremento pudo deberse al desarrollo radical de la planta el cual al absorber los nutrimentos ocasionó que se dieran mas sitios de intercambio en el tepetate (Tisdale y Nelson, 1970).

Los tratamientos TA, PC, PCA, PVA, presentaron los valores significativamente más bajos de la capacidad de intercambio catiónico, dicha disminución en los tratamientos con enmiendas orgánicas, se pudo deber a los procesos de microagregación que ocurren en el tepetate, la cual se incrementa a lo largo del periodo experimental y promueve que las partículas de menor tamaño, como las arcillas, se unan, presentándose así una menor superficie de reacción, y disminuyendo la capacidad de intercambio catiónico (Acevedo y Flores, 2000). En el caso de TA tal situación pudo ser a causa de la sílice amorfa la cual pudo actuar como cementante, Velázquez (1997), menciona que en los tepetates se ha observado que la sílice amorfa actúa como cementante, uniendo las partículas, reduciendo así la superficie de la reacción y por tanto disminuyendo la C.I.C.

En lo que respecta a los tratamientos T, TB, TA y P, PB, PA, disminuyó la capacidad de intercambio catiónico significativamente en los testigos con fertilizante, los tratamientos con planta y fertilizante presentaron valores estadísticamente equivalentes al testigo absoluto, pero el tratamiento testigo con planta incremento la capacidad de intercambio catiónico. Tal situación se pudo deber a que el fertilizante incrementara un desarrollo radical, el cual ocasionó un empaquetamiento que evito que se diera mayor superficie de reacción en el tepetate, pasando de esta forma lo contrario con el tratamiento con planta, ya que su desarrollo radical fue menor.

En la figura 13, se muestran los resultados de la capacidad de intercambio catiónico durante el periodo experimental, con respecto al testigo absoluto. En donde se observa una disminución con fertilizante, siendo el valor más bajo TA. Al aplicar las enmiendas orgánicas el valor se incrementó, comportándose de una forma similar entre ellos.

En los tratamientos con planta, se observa que la capacidad de intercambio catiónico fue similar en los tratamientos con el fertilizante, disminuyó con la aplicación de composta y aumentó con la aplicación de vermicomposta, pero no con PVA el cual disminuyó. Los valores que se presentaron en la tabla son considerados aceptables en la bibliografía (Vázquez y Bautista, 1993) para poder tener sitios de intercambio para la absorción de nutrimentos.



**Figura 13.** Valores de capacidad de intercambio catiónico en los tratamientos estudiados.

## D. Bases intercambiables.

### a. Calcio.

En la Tabla 9, se muestra el comportamiento de los tratamientos estudiados con respecto al calcio. En donde se observa un incremento significativo en los tratamientos en comparación con el testigo absoluto; excepto con el tratamiento TB que presentó un valor estadísticamente equivalente al testigo absoluto.

**Tabla 9.** Contenido de calcio intercambiable (cmol+ Kg-) de los tratamientos estudiados. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Ca <sup>++</sup> (cmol+ kg-)	Tratamientos	Ca <sup>++</sup> (cmol+Kg-)
T	10.00d	P	11.50b
TB	9.83d	PB	11.17c
TA	10.33c	PA	11.67b
TC	11.33c	PC	13.17a
TCB	14.17a	PCB	11.85b
TCA	13.67a	PCA	11.50b
TV	10.67c	PV	13.50b
TVB	11.00c	PVB	13.67a
TVA	11.33c	PVA	12.67b

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. (p=0.01). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

Los tratamientos TCB, TCA, PC, PVB presentaron los valores significativamente más altos de calcio. En el caso de los tratamientos a los que se les adicionó fertilizante, compuesto de superfosfato de calcio simple, este pudo inducir un efecto residual que se tradujo en resultados elevados de calcio (Simpson, 1991). Con respecto a los tratamientos con composta, el aumento pudo ser el efecto residual, ya que como se había mencionado, los nutrimentos se liberan de una manera más lenta, permitiendo que el calcio se encuentre en el suelo por más tiempo (Capistrán *et al.*, 1999).

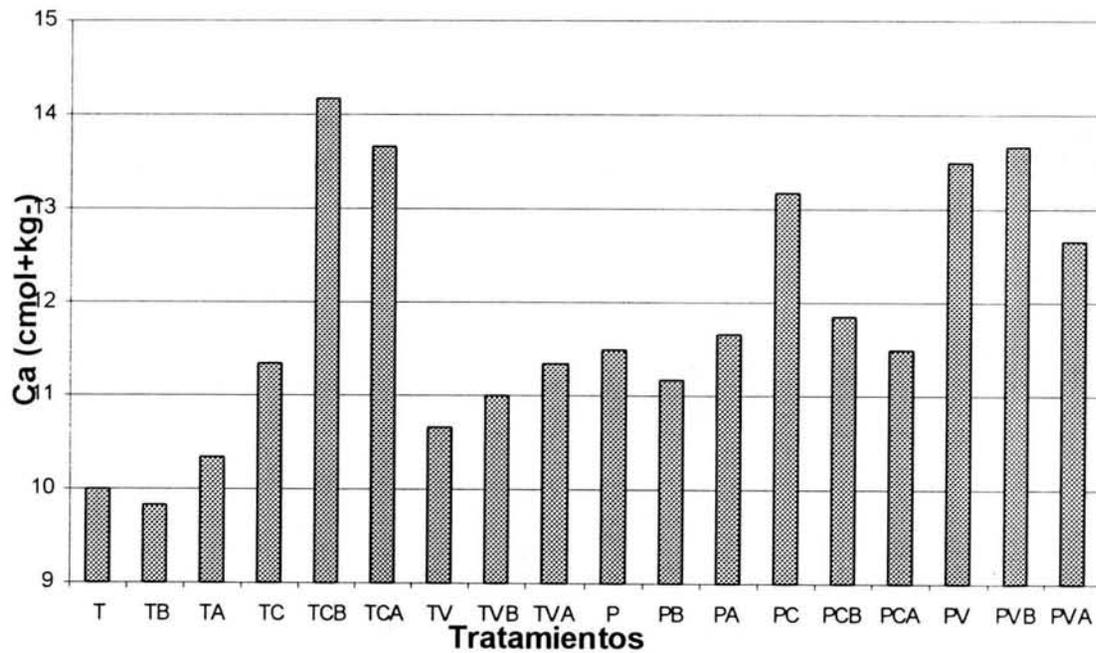
Por lo que respecta a los tratamientos con planta, composta y vermicomposta, el aumento pudo deberse tanto al efecto del de sistema radical que proporcionó materia orgánica rica en este compuesto, como al calcio aportado a través de la composición de los abonos (Velázquez, 2002).

En la Tabla 9 se observa asimismo, que los tratamientos P, PB, PA, presentaron un incremento significativo de calcio con respecto a los tratamientos testigo T, TB, TA. Esto se pudo deber al aporte de la materia orgánica que otorgó la zona radical de la planta. Por lo que respecta al tratamiento PB, que disminuyó su valor de calcio en relación con los tratamientos P, PA, tal situación pudo deberse al menor porcentaje de materia orgánica que presentó este tratamiento. De los tratamientos TC, TCB, TCA y PC, PCB, PCA se incrementó significativamente el valor del calcio en los tratamientos con planta, lo cual se puede atribuir al aporte de la materia orgánica de la zona radical mencionada anteriormente.

Los tratamientos TV, TVB, TVA, y PV, PVB, PVA aumentaron su contenido de calcio significativamente en los tratamientos con planta y vermicomposta, así como ésta con diferentes dosis de fertilizante. Esto pudo deberse al crecimiento radical, y por lo tanto un mayor aporte de materia orgánica (Velázquez, 2002).

En la figura 14, se presentan los valores de  $\text{Ca}^{++}$  intercambiables durante el periodo experimental, con relación al testigo absoluto, los cuales presentan un incremento con todos los tratamientos excepto TB. En los tratamientos con fertilizante se incrementó el  $\text{Ca}^{++}$  cuando la dosis fue alta, al aplicar la composta se presentó un mayor incremento al combinar con fertilizante, de igual manera se incrementó el valor de  $\text{Ca}^{++}$  en los tratamientos con vermicomposta y la combinación con fertilizante, presentando valores más bajos que en los tratamientos con composta. Se observa que cuando la enmienda orgánica se encuentra sola los valores de  $\text{Ca}^{++}$  disminuyen.

En los tratamientos con planta se observó que el valor de  $\text{Ca}^{++}$  se incrementó con todos los tratamientos, siendo mayor al aplicar la vermicomposta y la combinación con fertilizante, así como en composta sola.



**Figura 14.** Contenido de Calcio intercambiable de los tratamientos estudiados.

**b. Magnesio.**

En la Tabla 10, se observa una disminución en el contenido de magnesio intercambiable de algunos tratamientos con respecto al testigo absoluto, pero no en los tratamientos PCB, PCA, los cuales aumentaron sus valores significativamente.

**Tabla 10.** Contenido de Magnesio intercambiable (cmol+kg-) de los tratamientos estudiados. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Mg <sup>++</sup> (cmol+kg-)	Tratamientos	Mg <sup>++</sup> (cmol+kg-)
T	10.03c	P	8.93d
TB	8.97d	PB	8.97d
TA	8.97d	PA	9.30d
TC	7.47f	PC	8.33e
TCB	7.80e	PCB	13.67a
TCA	8.47e	PCA	13.67a
TV	8.97d	PV	8.17e
TVB	8.83e	PVB	7.00f
TVA	9.63d	PVA	10.33c

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. (p=0.01). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

Los tratamientos TC, PVB presentaron los valores significativamente más bajos de magnesio. Dicha disminución pudo ocurrir por la competencia del magnesio con otros cationes en los sitios de intercambio. Cajuste, (1977) menciona que en los suelos cuyo pH fluctúa de 4.5 a 8.5 los iones Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> son relativamente solubles en la solución del suelo y una vez que la intemperización los libera de los minerales, pueden competir libremente por los sitios de intercambio catiónico. Por lo tanto, no es de extrañar que los sitios de intercambio la cantidad relativa de cationes sea como sigue Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>; pues este es el orden de sus fuerzas de intercambio.

Esto se puede confirmar en la tabla de  $\text{Ca}^{++}$  intercambiable donde dichos tratamientos presentan un incremento.

Se observa de los tratamientos T, TB, TA, y P, PB, PA, una disminución de magnesio significativa con los tratamientos testigo con fertilizante, así como también con planta y ésta con fertilizante. El caso de los tratamientos testigo con fertilizante se pudo deber a una competencia entre el amonio contenido en el fertilizante con el magnesio, ocasionando una retención de magnesio en el tepetate (Domínguez, 1997).

En los tratamientos TC, TCB, TCA, y PC, PCB, PCA, se incrementó significativamente el magnesio con la planta, composta y fertilizante. Estos valores pudieron deberse a que el desarrollo del sistema radical provocado por las enmiendas, ocasionó que el tepetate se intemperizara, liberando  $\text{Mg}^{++}$  Como consecuencia de ello (Acevedo y Flores, 2000).

Con respecto a los tratamientos TV, TVB, TVA, y PV, PVB, PVA, se observó una disminución significativa de magnesio con los tratamientos con planta y vermicomposta y ésta misma con la dosis baja de fertilizante. Tal situación pudo ser por la absorción de magnesio de la planta (Potash and Phosphate Institute, 1997).

En la figura 15, se presentan los resultados de Magnesio intercambiable del periodo experimental, con relación al testigo absoluto. Se observa que el  $Mg^{++}$  disminuyó en los tratamientos testigo con la aplicación de las tres enmiendas. En los tratamientos con planta, se incrementó el  $Mg^{++}$  solo al aplicar la composta en combinación con fertilizante, así como en el PVA también el cual fue menor que los anteriores.

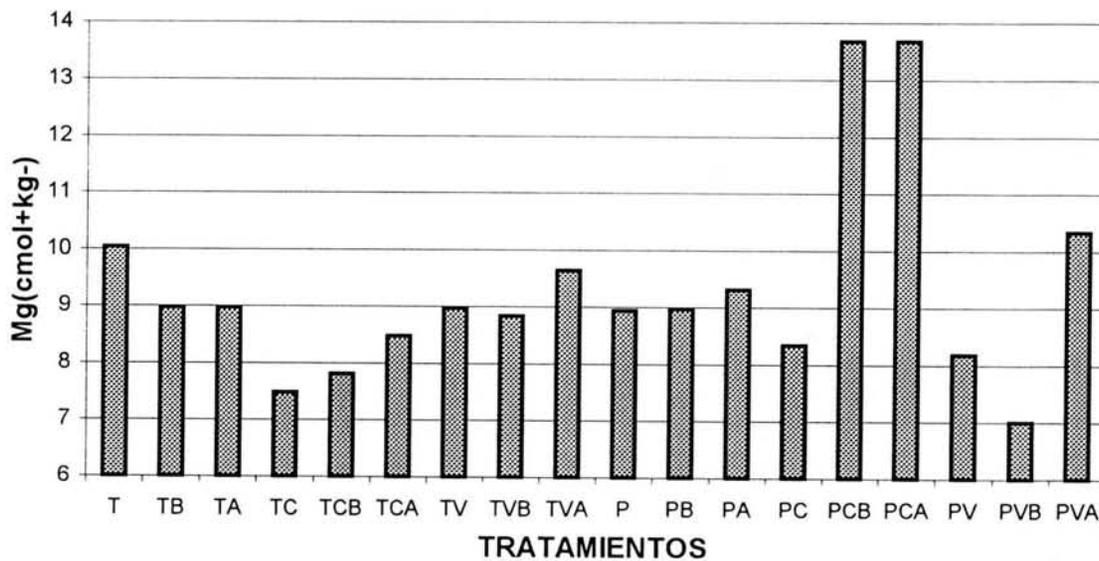


Figura 15. Contenido de Magnesio intercambiable de los tratamientos estudiados

### c.Sodio.

En la Tabla 11, se observa un incremento significativo de sodio con relación al testigo absoluto con los tratamientos con planta y planta con fertilizante dosis baja; pero no con los tratamientos testigos con sus enmiendas en los cuales disminuyó significativamente, así como tampoco con el tratamiento con planta y las enmiendas orgánicas y fertilizante; los cuales presentaron valores estadísticamente equivalentes al testigo absoluto.

**Tabla 11.** Contenido de sodio intercambiable (cmol+Kg-) de los tratamientos estudiados. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Na <sup>+</sup> (cmol+Kg-)	Tratamientos	Na <sup>+</sup> (cmol+Kg-)
T	1.81b	P	2.78a
TB	1.74c	PB	2.40a
TA	1.70c	PA	2.09b
TC	1.85b	PC	2.04b
TCB	1.62c	PCB	1.89b
TCA	1.37c	PCA	2.04b
TV	1.65c	PV	1.79b
TVB	1.72c	PVB	1.91b
TVA	1.58c	PVA	1.43c

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. (p=0.01). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes

Los tratamientos P, PB, presentaron los valores significativamente más altos de sodio con respecto al testigo. Esto pudo deberse a que el sodio ocupó los sitios de intercambio de los cationes que fueron absorbidos por las plantas (Troeh y Thompson, 1993).

El comportamiento descrito en los párrafos anteriores, también se presentó en los tratamientos PCB, PCA, PVB, PVA, los cuales son comparables con los tratamientos testigos que presentan las mismas enmiendas.

Con respecto a los tratamientos TC, PA, PC, PCB, PCA, PV, PVB, se observó que no presentaron una diferencia significativa entre ellos, pero sí una equivalencia estadística al Testigo absoluto. Los tratamientos TB, TA, TCB, TCA, TV, TVB, TVA, PVA, presentaron valores significativamente más bajos de sodio intercambiable que el Testigo absoluto. En los tratamientos TB, TA, PVA, la disminución del sodio pudo deberse a que presentaron una baja capacidad de intercambio catiónico. Con respecto a los tratamientos con abonos orgánicos, que también presentaron valores bajos, se pudo deber a una competencia entre cationes (Domínguez, 1997).

El aumento en los valores de sodio en los tratamientos con planta fue estadísticamente significativo, pero con respecto a los valores 1.37 (TCA) – 2.78 (P), que se presentan en la tabla, se elevan una unidad en los tratamientos con planta, lo que al nivel de fertilidad no se considera significativo, ya que fisiológicamente no implica un cambio en el metabolismo vegetal ni riesgo de toxicidad.

En la figura 16, se presentan los resultados de sodio intercambiable del periodo experimental, con respecto al testigo absoluto, se observa que  $\text{Na}^+$  disminuyó en los tratamientos testigo al aplicar las tres enmiendas, excepto en TC que se incrementó.

En los tratamientos con planta se incrementó el  $\text{Na}^+$  al aplicar las tres enmiendas, pero no en PVA el cual disminuyó, se observa que con los tratamientos P y PB se presentaron los valores más altos de  $\text{Na}^+$  intercambiable.

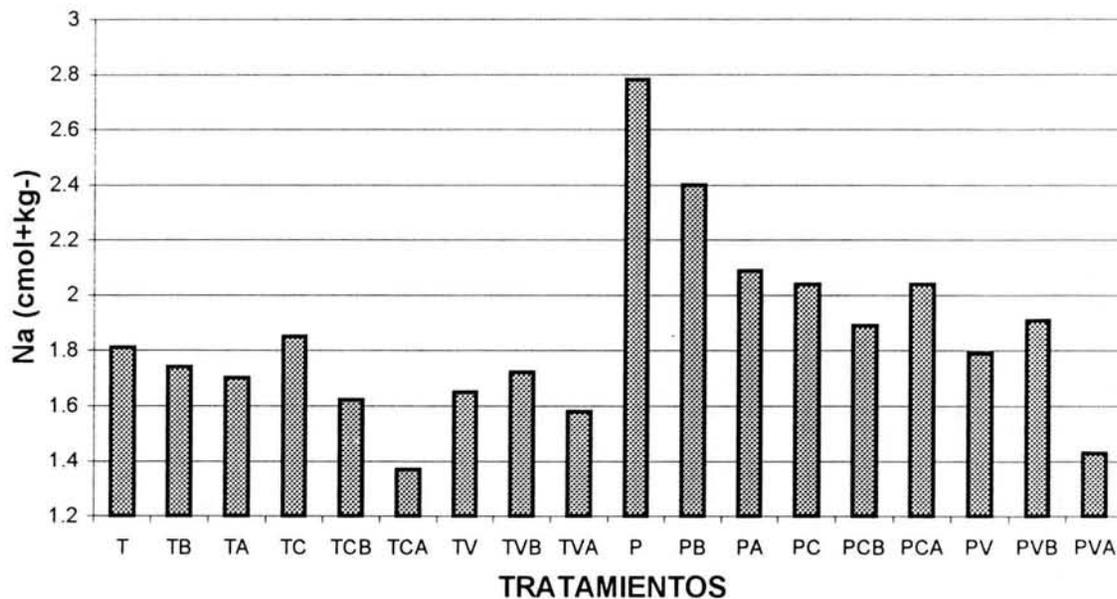


Figura 16. Contenido de sodio intercambiable de los tratamientos estudiados.

**d.Potasio.**

En la Tabla 12, se observa un incremento significativo en los valores de potasio de los tratamientos Testigo con composta y fertilizante, así como en el tratamiento Testigo con vermicomposta y fertilizante dosis alta, en comparación con el Testigo absoluto.

**Tabla 12.** Contenido de potasio intercambiable (cmol+Kg-) de los tratamientos estudiados. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	K+ (cmol+Kg-)	Tratamientos	K+ (cmol+Kg-)
T	1.35b	P	1.49b
TB	1.33b	PB	1.45b
TA	1.23b	PA	0.92c
TC	1.65a	PC	1.34b
TCB	1.93a	PCB	0.92c
TCA	1.74a	PCA	0.88c
TV	1.38b	PV	1.28b
TVB	1.35b	PVB	1.19c
TVA	1.72a	PVA	1.23b

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. (p=0.01). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes

Los tratamientos TC, TCB, TCA, TVA, presentaron los valores significativamente más altos de potasio intercambiable con relación al testigo absoluto. Esto pudo ser resultado de la adición de la composta y de la vermicomposta las cuales pudieron aportar cantidades razonables de potasio durante su descomposición (Wild, 1992), así como de la adición del fertilizante, el cual estaba compuesto de cloruro de potasio KCl. (Potash and Phosphate Institute, 1997)

Los valores significativamente más bajos de potasio intercambiable se presentaron en los tratamientos PA, PCB, PCA, PVB.

Esto pudo ser resultado del fertilizante incorporado que ocasionó un incremento en el desarrollo del sistema radical, lo cual facilitó la absorción del potasio por la planta (Troeh y Thompson, 1993).

En la figura 17, se presentan los resultados de potasio intercambiable ( $\text{cmol}+\text{Kg}^{-1}$ ) del periodo experimental, con relación al testigo absoluto. Se observa de los tratamientos testigos una disminución en TA, así como un incremento al aplicar composta, vermicomposta y la combinación de esta con fertilizante, siendo mayor con la composta y TVA.

En los tratamientos con planta, se incrementó el contenido de potasio de los tratamientos P,PB; pero disminuyó en los tratamientos con composta y fertilizante, no así cuando se encuentra sola la composta. Por lo que respecta a la vermicomposta, favoreció una disminución.

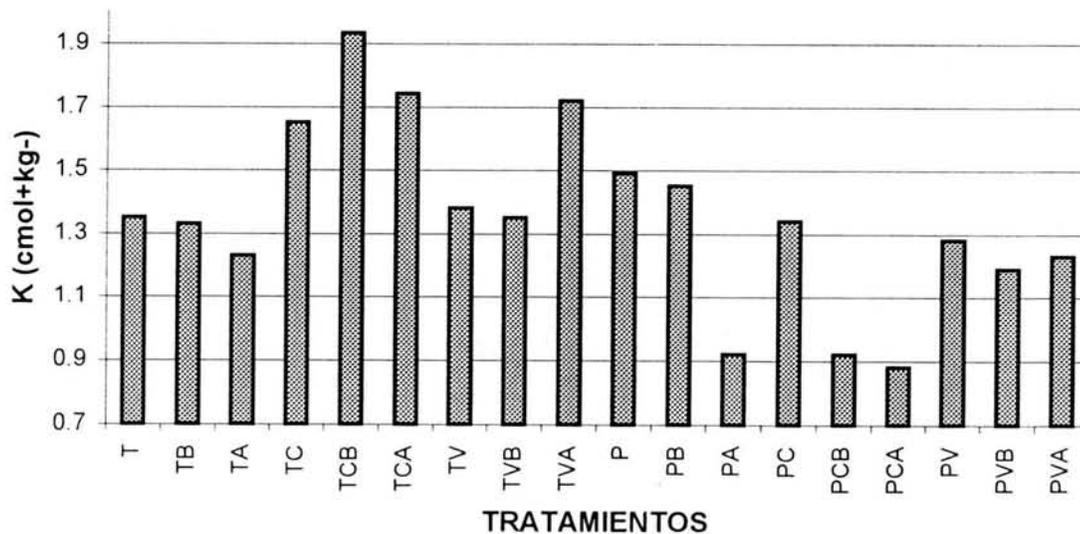


Figura 12. Contenido de potasio intercambiable de los tratamientos estudiados.

#### D. Porcentaje de saturación de bases.

En la Tabla 13, se observa una disminución significativa en el porcentaje de saturación de bases de los tratamientos TC, TCA, TV, TVB, con relación al testigo absoluto. Lo cual se pudo deber a que dichos tratamientos presentaron una mayor capacidad de intercambio catiónico, de lo cual se puede inferir que los sitios de intercambio que presentó el tepetate fueron ocupados por las bases otorgadas por las enmiendas ( Tisdale y Nelson 1970).

**Tabla 13.** Porcentaje de saturación de bases de los tratamientos estudiados. Comparación de medias. (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	S.B (%)	Tratamientos	S.B (%)
T	100.00a	P	100.00a
TB	98.11a	PB	98.46a
TA	100.00a	PA	97.68a
TC	92.66b	PC	100.00a
TCB	100.00a	PCB	100.00a
TCA	93.73b	PCA	100.00a
TV	92.01b	PV	95.87a
TVB	89.90b	PVB	99.48a
TVA	96.60a	PVA	100.00a

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

En los tratamientos con planta y sus diferentes enmiendas, se observa que presentaron valores significativamente equivalentes al testigo absoluto. Lo cual indica que se trata de un material rico en bases. Esto resulta óptimo para el crecimiento y manutención de especies vegetales y biota y permite hacer recomendaciones sobre el uso y manejo de su fertilidad. Cabe señalar, que la saturación de bases corresponde a la relación entre el contenido de bases y la capacidad de intercambio, por lo que es un reflejo preciso de la disponibilidad de nutrimentos para el desarrollo de las plantas (Tamhane *et al.*, 1986).

Este aspecto adquiere importancia para el estudio y habilitación de los tepetates ya que el objeto al que se quiere llegar es al de la formación de suelos.

En la figura 18, se presentan los porcentajes de la saturación de bases del periodo experimental, con relación al testigo absoluto, donde se observa una disminución en testigo con fertilizante dosis baja, composta y al aplicar la vermicomposta con la combinación de fertilizante.

En los tratamientos con planta, se presenta un alto porcentaje de saturación de bases, similar al testigo absoluto, al aplicar las enmiendas orgánicas, como la combinación de estas con fertilizante, pero este disminuye en los tratamientos con fertilizante y PV.

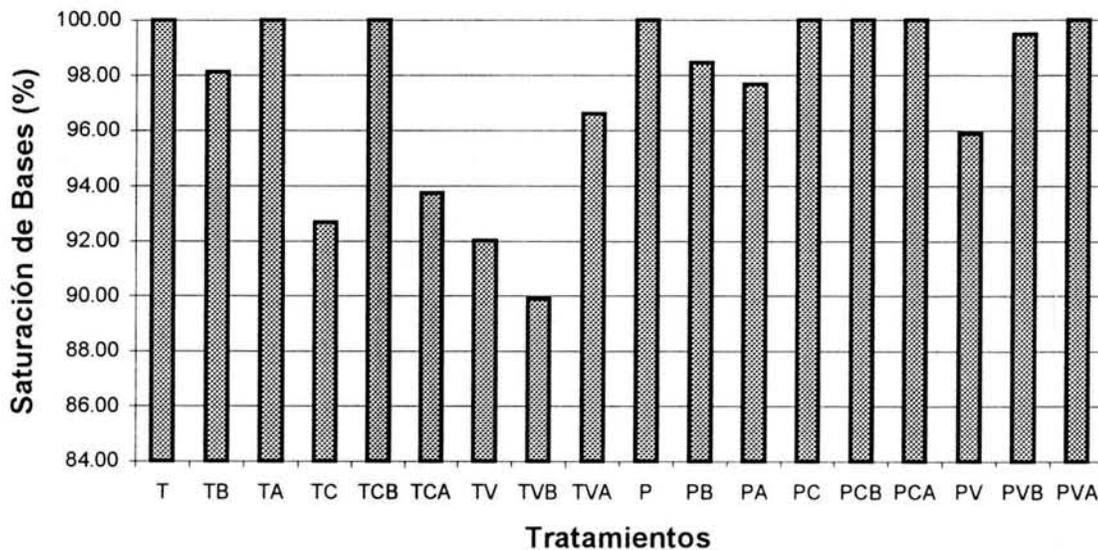


Figura 18. Porcentaje de saturación de bases de los tratamientos estudiados.

### 3. Parámetros de la planta.

#### A. Biomasa de la planta.

Los valores de la Tabla 14 a la Tabla 18 muestran los diferentes parámetros analizados referentes a la biomasa de la planta, El agrupamiento se realizó en virtud de que la tendencia presentada en los parámetros no tuvieron diferencias considerables.

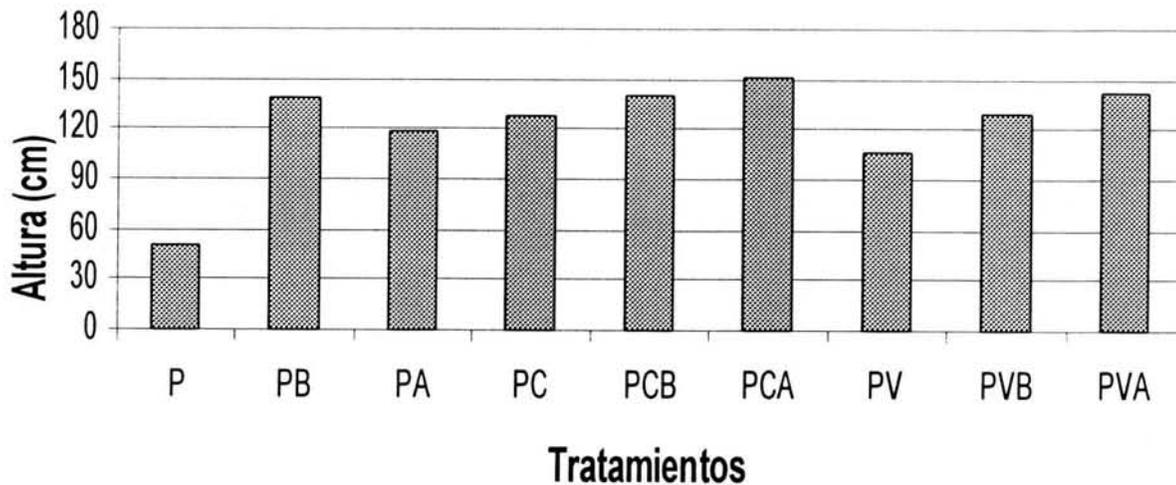
En la Tabla 14, se presentan los valores de la Altura de la planta. Se observó un incremento estadísticamente significativo con todos los tratamientos, comparados con el tratamiento testigo con planta. Observándose los valores significativamente más altos con los tratamientos PB, PCB, PCA, PVA.

**Tabla 14.** Altura de la planta (cm) de los tratamientos estudiados. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Altura de la planta (cm)
P	50.17e
PB	139.33a
PA	119.67b
PC	128.17b
PCB	140.33a
PCA	150.33a
PV	106.00c
PVB	130.50b
PVA	143.00a

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

En la Figura 19, se presenta el comportamiento de la Altura de la planta durante el periodo experimental, en donde se observó un incremento con todos los tratamientos, en comparación con el tratamiento Testigo con planta. En los tratamientos con fertilizante, la altura de las plantas se incrementó significativamente, respecto al testigo pero dicho aumento fue mayor cuando se aplicó la dosis baja. Con la composta y vermicomposta la altura de la planta fue significativamente mayor que la del testigo, alcanzándose el valor más alto al combinar composta con fertilizante.



**Figura 19.** Altura de la planta (cm) de los tratamientos.

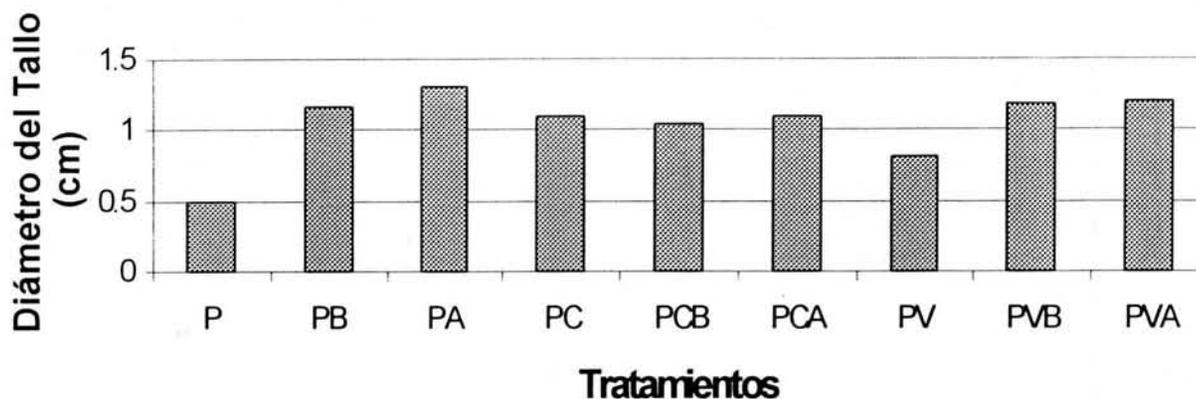
En la Tabla 15, se muestran los valores del diámetro del tallo. Se observó un incremento estadísticamente significativo con todos los tratamientos, con respecto al tratamiento testigo con planta, excepto PV. Los tratamientos PB, PA, PVB, PVA, presentaron los valores significativamente más altos; el tratamiento PV, presentó un valor estadísticamente equivalente al testigo con planta.

**Tabla 15.** Diámetro del tallo de la planta (cm) de los tratamientos estudiados. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Diámetro (cm) del tallo
P	0.50c
PB	1.17a
PA	1.30a
PC	1.10b
PCB	1.05b
PCA	1.10b
PV	0.82c
PVB	1.18a
PVA	1.20a

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

En la Figura 20, se presenta el comportamiento del diámetro del tallo de la planta, durante el periodo experimental, en donde se observa un incremento con todos los tratamientos, en relación con el tratamiento testigo con planta. En los valores del diámetro del tallo se observó, que al incrementarse la dosis de fertilizante, se incrementó el diámetro del tallo. En el caso de la composta no importó la adición del fertilizante, ya que las diferencias entre tratamientos no fueron significativas, Con la vermicomposta se observó que al añadirle fertilizante se incrementó el diámetro del tallo, pero la dosis no fue importante ya que entre PVB y PVA no hubo diferencia.



**Figura 20.** Diámetro (cm) del Tallo de la planta en los tratamientos estudiados.

La Tabla 16, muestra los valores de peso fresco y seco de la parte aérea de la planta. En donde se observó un incremento significativo con todos los tratamientos en comparación con el tratamiento con planta sin enmienda.

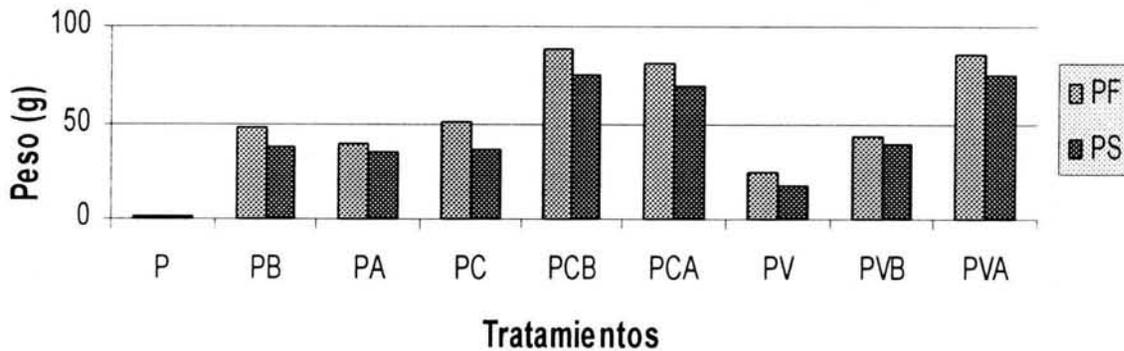
**Tabla 16.** Peso fresco y seco (g) de la parte aérea de la planta en los tratamientos estudiados. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Peso fresco(g)	Peso Seco (g)
P	4.75f	1.07g
PB	69.8b	14.78d
PA	77.00a	14.67d
PC	46.40d	13.37d
PCB	81.44a	23.72a
PCA	92.87a	24.93a
PV	31.89e	8.92f
PVB	77.38a	20.52b
PVA	91.99a	24.83a

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

Los tratamientos PCB, PCA, PVA, PA, PVB, mostraron los valores significativamente más altos del peso seco, presentándose la misma significancia estadística en los mismos tratamientos y PA, PVA, sobre el peso fresco.

En la Figura 21, se representa el comportamiento del peso fresco y seco de la parte aérea de la planta durante el periodo experimental, en donde se observó un incremento en los valores con todos los tratamientos, con relación al tratamiento testigo con planta. Observándose que al conjugar la enmienda con el fertilizante, se incrementó el peso fresco y seco de la parte aérea, siendo mayor con la composta, en el caso de la vermicomposta se presentó un incremento mayor al aplicar la dosis alta de fertilizante; de los tratamientos con enmiendas solas se observa un incremento mayor con la aplicación de la composta.



**Figura 21.** Peso fresco y seco (g) de la parte aérea de la planta de los tratamientos estudiados.

En la Tabla 17, se presentan los valores del peso fresco y seco de la parte radical de la planta. En donde se observó un incremento estadísticamente significativo con todos los tratamientos en comparación con el tratamiento con planta. Los tratamientos PCB, PCA, PVA, mostraron los valores significativamente más altos tanto en peso seco como peso fresco.

**Tabla 17.** Peso fresco y seco (g) de la parte radical de la planta en los tratamientos estudiados. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)
P	1.03d	0.78d
PB	47.13b	37.94b
PA	38.75b	35.31b
PC	51.11b	36.63b
PCB	88.49a	75.32a
PCA	81.22a	69.83a
PV	23.99c	17.78c
PVB	43.68b	39.16b
PVA	85.60a	75.48a

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

En la Figura 22, se representan los resultados del peso fresco y seco de la parte radical de la planta, durante el periodo experimental, en donde se observó un incremento en los valores con todos los tratamientos estudiados, con respecto al tratamiento con planta. De acuerdo con la gráfica, la tendencia es similar a la observada con el peso fresco y seco de la parte aérea de la planta, en la cual se muestra que al conjugar la enmienda con el fertilizante, se incrementó el peso fresco y seco de la parte radical, siendo mayor con la composta, sin embargo en los tratamientos con vermicomposta se observó un mayor incrementó al aplicar la dosis alta de fertilizante. De los tratamientos con enmiendas orgánicas solos se muestra un mayor incrementó del peso seco y fresco de la parte radical al aplicar composta.

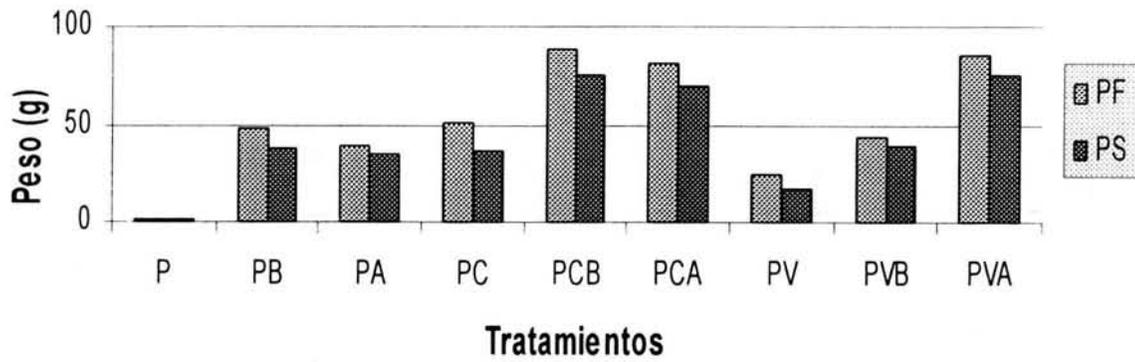


Figura 22. Peso fresco y seco (g) de la parte radical de la planta.

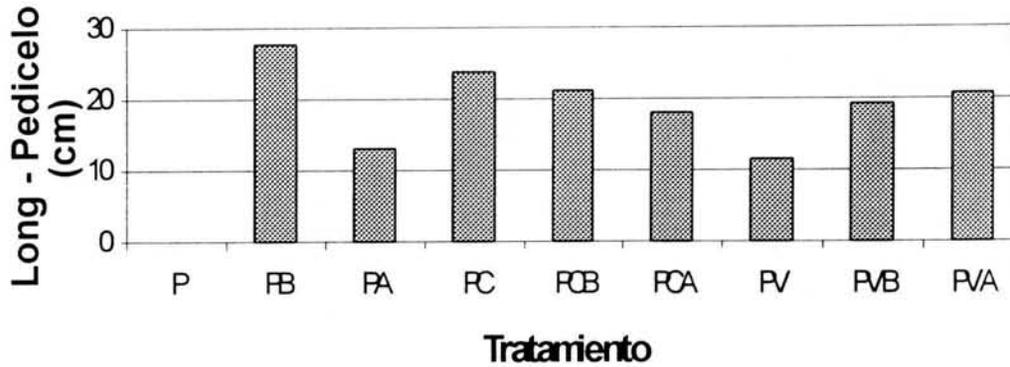
La Tabla 18, presenta los valores de la longitud del pedicelo floral. Se observa un incremento estadísticamente significativo con todos los tratamientos en comparación con el tratamiento testigo con planta. Los tratamientos PB y PC, mostraron los valores significativamente más altos.

**Tabla 18.** Longitud del pedicelo (cm) floral en los tratamientos con planta. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Long - Pedicelo (cm)
P	0.00f
PB	27.77a
PA	12.94c
PC	23.94a
PCB	21.14b
PCA	17.91b
PV	11.59c
PVB	19.08b
PVA	20.73b

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

En la Figura 23, se representa el comportamiento de la longitud del pedicelo floral, durante el periodo experimental, en donde se observó un incremento en los valores de todos los tratamientos, con respecto al tratamiento testigo con Planta. Lo que se observó es que en este caso, la dosis alta provocó una disminución de la longitud del pedicelo. Cuando se combinó fertilizante con composta la longitud disminuyó por efecto del fertilizante. En el caso de la vermicomposta, al combinarse con fertilizante la longitud se incrementó, pero la dosis de éste no tuvo influencia. En caso de las enmiendas orgánicas solas se observa un incremento mayor al aplicar la composta.



**Figura 23.** Longitud del pedicelo (cm) floral en los tratamientos estudiados.

El hecho de que los tratamientos PCB, PCA, presentaran los valores más altos sobre la biomasa de la planta, permite suponer, que la aplicación del fertilizante con un alto contenido en macronutrientes esenciales como el N, P y K (Potash and Phosphate Institute, 1997) y la composta que aporta una concentración mayor de micronutrientes esenciales (Castellanos, 2003), favorecieron un mayor desarrollo y crecimiento de la planta, al incrementar hasta en 77 % la altura, 95% en el peso fresco, 96% en el peso seco; 98% del peso fresco y seco de la raíz y 100% en la longitud del pedicelo (Tabla 14 -18).

Con respecto al tratamiento PV que presentó el menor valor de biomasa de la planta, lo anterior se puede explicar por el bajo contenido nutrimental en dicho tratamiento, como también, por la calidad de la vermicomposta. (Castellanos, 2003). La estimulación del efecto total se hizo con respecto a los valores más altos de las tablas 15 a 19. La altura de la planta disminuyó, con relación al tratamiento con la mayor altura 29%; el diámetro del tallo 36%; el peso fresco y seco 65%; el peso fresco de la raíz 73%; el peso seco de la raíz 77% y la longitud del pedicelo 58% (Figura 27).



**Figura 27. Comparación de los tratamientos en la biomasa de la planta.**

## B. Rendimiento de la planta.

Los resultados de las Tablas 18, 19, 20, se agruparon, bajo el título de rendimiento de la planta, debido a que se trata de características fuertemente relacionadas y su tendencia fue similar.

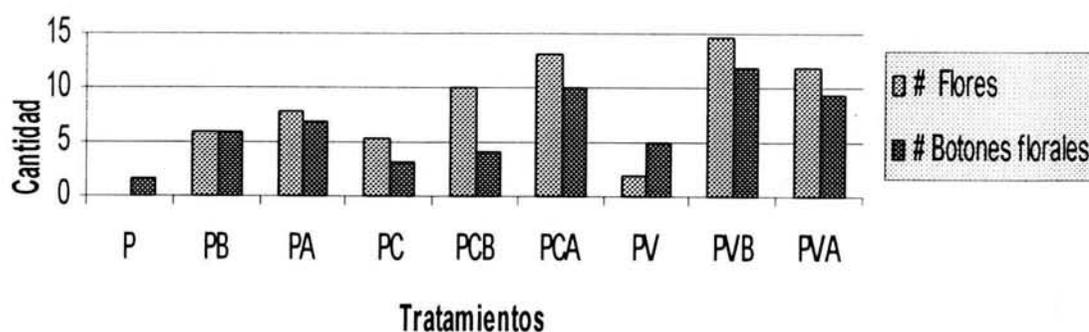
En la Tabla 19, se presentan los resultados del número de flores y botones florales en la planta. Se observó un incremento significativo con todos los tratamientos con relación al tratamiento testigo con planta, a excepción de PV en número de flores, los cuales fueron estadísticamente equivalentes al testigo. Los tratamientos PCA, PVB, PVA, presentaron los valores estadísticamente más altos para las dos variables;

**Tabla 19.** Numero de flores y botones florales en los tratamientos con planta. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	# Flores	# Botones florales
P	0.00e	1.67e
PB	6.00c	6.00b
PA	7.67c	7.00b
PC	5.33c	3.00c
PCB	10.00b	4.01c
PCA	13.00a	10.00a
PV	2.00e	5.00b
PVB	14.67a	12.00a
PVA	12.00a	9.34a

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

En la Figura 24, se presentan los resultados obtenidos del número de flores y botones florales de la planta durante el periodo experimental, en donde se observó un incremento de los valores con todos los tratamientos estudiados, con respecto al tratamiento testigo con Planta. En este caso se observó que en los tratamientos con enmiendas y fertilizante, el número de flores y botones florales se incrementó significativamente, respecto al testigo, y que la dosis de fertilizante no influyó.



**Figura 24.** Numero de flores y botones en los tratamientos con planta.

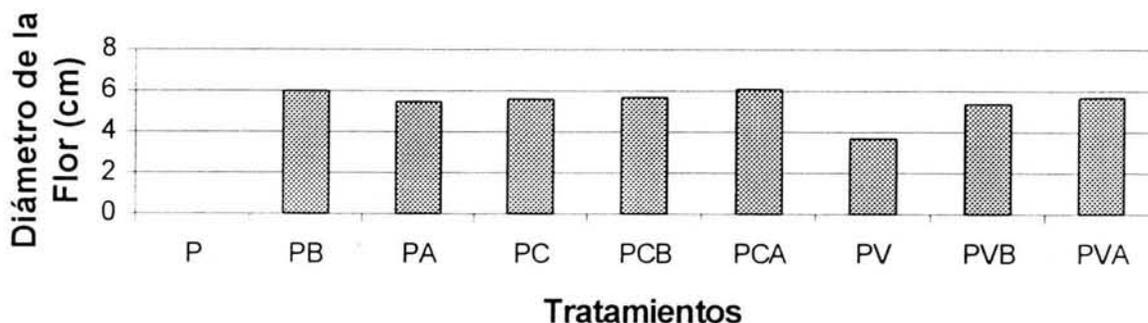
La Tabla 20, muestra los valores del diámetro de la flor. En donde se observó un incremento significativo con todos los tratamientos, en comparación con el tratamiento testigo con planta. Los tratamientos PB, PA, PC, PCB, PCA, PVB, PVA, presentaron los valores significativamente más altos.

**Tabla 20.** Diámetro (cm) de la flor de los tratamientos con planta. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Diámetro(cm) de la flor
P	0.00f
PB	6.00a
PA	5.49a
PC	5.62a
PCB	5.64a
PCA	6.10a
PV	3.67c
PVB	5.42a
PVA	5.70a

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

En la Figura 25, se representa el comportamiento del diámetro de la flor durante el periodo experimental, en donde se observó la misma tendencia en los tratamientos con fertilizante, enmiendas orgánicas y la combinación de estas con fertilizante en sus diferentes dosis. Al aplicar la vermicomposta sola disminuyó el diámetro de la flor, respecto a los otros tratamientos.



**Figura 25.** Diámetro (cm) de la flor en los tratamientos con planta.

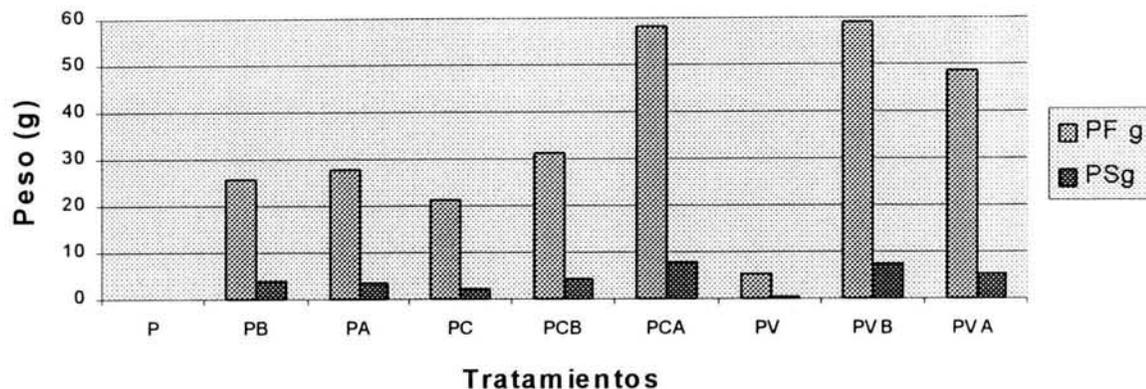
La Tabla 21, muestra los valores del peso fresco y seco de la flor. En donde se observó un incremento significativo con todos los tratamientos en comparación con el tratamiento con planta, a excepción de PV en el peso seco de la flor, cuyo valor fue estadísticamente equivalente al testigo con planta. Los tratamientos PCA, PVB, PVA tuvieron los valores significativamente más altos.

**Tabla 21.** Peso fresco y seco (g) de la flor en los tratamientos con planta. Comparación de medias (Tukey)<sup>1</sup>

Tratamientos	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)
P	0.00e	0.00e
PB	25.86c	3.91c
PA	27.82c	3.27c
PC	21.11c	2.34c
PCB	31.51c	4.45b
PCA	58.25a	7.84a
PV	5.22e	0.40d
PVB	58.96a	7.22a
PVA	48.58a	5.32a

<sup>1</sup>Las letras después de los valores, corresponden a la significancia por columna. ( $p=0.01$ ). Valores con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

En la Figura 26, se observa el comportamiento de los tratamientos sobre el peso fresco y seco de la flor, durante el periodo experimental. De los cuales se observó el mayor incremento con la combinación de las enmiendas orgánicas y fertilizante. En el caso de la composta el incremento fue mayor al combinarla con la dosis alta, contrariamente la vermicomposta funcionó mejor con la dosis baja. En las enmiendas solas se observó que la composta presentó un mayor incremento sobre los valores del peso seco y fresco de la flor.



**Figura 26.** Peso fresco y seco (g) de la flor en los tratamientos con planta.

El rendimiento de cualquier cultivo es el resultado del proceso fotosintético – respiración, en donde ambos son influenciados por factores ecológicos y la fisiología de la planta. El proceso fotosintético o de asimilación lo realizan las partes verdes de la planta y depende de los factores genéticos como estructura de la hoja, ángulo de incidencia de las hojas del tallo, número y apertura de estomas, cantidad de cloroplastos y clorofila; Así como de la luminosidad, cantidad y calidad de follaje, edad de las hojas, concentración de CO<sub>2</sub> en el tejido de las hojas, nutrimentos y el aporte de agua. La parte aérea de la planta desarrolla este proceso, necesario para formar hidratos de carbono que serán transportados a zonas de crecimiento aéreo ( follaje, brotes, flores, fruto), y raíces ( Molisch, 1995).

En el rendimiento de la planta se observó que los tratamientos PCA, PVB, PVA mostraron los valores más altos. Esto implica que la aplicación de la composta con dosis baja de fertilizante y vermicomposta con las dos dosis de fertilización, proporcionaron el incremento en el rendimiento.

Dicho incremento se pudo deber al aumento en la biomasa de la planta, porque tanto los fertilizantes, como la composta y vermicomposta, presentan un alto contenido de macro y micro nutrientes que favorecen el desarrollo de las plantas. Díaz *et al.* (2000) señalan que las enmiendas orgánicas contienen una cantidad menor de macronutrientes, pero mayor de micronutrientes que el fertilizante.

Por otra parte el aporte de fósforo por parte del fertilizante, así como de las enmiendas también ayudó al mayor rendimiento en estos tratamientos, debido a que el fósforo es uno de los nutrientes esenciales para el buen desarrollo de las flores y frutos (Ortiz, 1977). Los porcentajes sobre el rendimiento de la planta, se tomaron de acuerdo con los valores más altos. El porcentaje más alto lo presentó el tratamiento PVB con un 100% en el número de flores, 86% en el número de botones florales y 100% del peso fresco de la flor, el tratamiento PCA presentó el 100% del peso seco de la flor con una variación del 8% con respecto al tratamiento PVB. El porcentaje más bajo sobre el rendimiento de la planta, lo presentó el tratamiento PV con una disminución del 87% en el número de flores, 59 % sobre el número de botones florales, 1% del diámetro de la flor, 91% en el peso fresco de la flor y 94% del peso seco de la flor (Figura 28).

Por lo que respecta al diámetro de la flor se observó que no se presentaron variaciones significativas con todos los tratamientos, a excepción del tratamiento PV con el que disminuyó el 1% del porcentaje del diámetro, lo cual no se considera importante ya que el intervalo de diámetro de la flor es muy amplio en esta especie. Argueta (1980) mencionó que dicho intervalo en la flor de cempasúchil varía de 3 a 8cm.



**Figura 28. Rendimiento del testigo y el tratamiento con composta y fertilizante dosis baja.**

## VIII. Conclusiones.

- ❖ El cultivo de Cempasúchil con adición de fertilizante favoreció la disgregación de los fragmentos de tepetate de 5 a 10 mm e incrementó las unidades > 10 mm y > 0.25 a 2 mm de diámetro, como resultado de un mayor desarrollo radical.
- ❖ La adición de enmiendas orgánicas en el cultivo de Cempasúchil favoreció la disgregación de los fragmentos de tepetate de 5 a 10 mm, por efecto del sistema radical y la formación de agregados de 0.5 a 5 mm de diámetro, por el aporte de materia orgánica.
- ❖ En los tratamientos con composta y vermicomposta, la fracción > 5 mm presentó la mayor estabilidad por tratarse principalmente de fragmentos. En la fracción de 1 a 5 mm la estabilidad disminuyó, por la presencia de agregados, debido a la naturaleza orgánica débil de los enlaces incidentes entre partículas.
- ❖ En los tratamientos con Cempasúchil y fertilizante, se presentó una disminución de la estabilidad en la fracción de 1 a 3 mm, debido a que estuvo constituida principalmente por agregados. La fracción > 5 mm presentó la mayor estabilidad por estar constituida en su totalidad por fragmentos.
- ❖ El cultivo de Cempasúchil y la adición de fertilizante, composta y vermicomposta, no modificaron el pH, la C.I.C, las bases intercambiables y la saturación de bases del tepetate, manteniendo condiciones óptimas para el desarrollo de especies vegetales.

- ❖ El cultivo de Cempasúchil, aumentó el contenido de materia orgánica del tepetate, el cual fue mayor al incrementarse la dosis de fertilizante. Con la composta se obtuvo el porcentaje mayor y en el caso de la vermicomposta el incremento se presentó al combinarse con el fertilizante.
  
- ❖ La biomasa del Cempasúchil cultivado en tepetate fragmentado se incrementó por la aplicación del fertilizante, lo cual se atribuye a la disponibilidad inmediata de los nutrimentos del fertilizante. La adición de composta y vermicomposta no tuvo influencia sobre este parámetro.
  
- ❖ El rendimiento en Flor de la planta de Cempasúchil en el tepetate fragmentado, fue mayor al aplicar fertilizante en combinación con composta y vermicomposta, debido al mayor requerimiento de nutrimentos durante la etapa de floración.
  
- ❖ La planta de Cempasúchil manifestó excelentes condiciones de manejo y de respuesta a los tratamientos estudiados.

---

**IX.- LITERATURA CITADA.**

- Acevedo S.O.A and Flores R.D. 2000. Genesis of white fragipans of volcanic origin. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 17(2):152 –162.
- Acevedo S.O.A. 1997. Morfogénesis de suelos con tepetate de un área del estado de México y su incorporación al proceso productivo. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. p 35 – 37.
- Almendros M.G.2002. XX Curso – Diplomado Internacional de Edafología. Nicolás Aguilera. UNAM. Facultad de Ciencias.
- Alvarez C.R., Grigera M.S. and Lavado R.S. 1998. Associations and the active soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 30(6):767 –773.
- Argueta V.A. 1980. Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Instituto Nacional Indigenista. p 400 –401.
- Arias R.H.M. 1992. Rehabilitación de tepetates: Una alternativa para la producción agropecuaria y forestal. *Terra* 10 (Numero especial: Suelos Volcánicos Endurecidos): 309 – 317.
- Baver L.A y Garner W.R. 1980. Física de Suelos. U.T.E.H.A., México, D.F. p 529.
- Bidwel R.G.S. 1979. Fisiología vegetal. Bota. México, D.F. p. 200 –201.
- Black C.A, Evans D.D., White J. L., Ensmiger L.E and Clark F. E. 1965. Methods of análisis. Part 1: Physical and mineralogical properties, including statistics of Agronomy. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin. p. 770.

- Bollo T.1999. Lombricultura una alternativa para el reciclaje. Ed. Quito, Ecuador. P.104 – 106.
- Bohn B.E., Kovakava G.H.Sala.,C., Hartmann, 1996. Efect á court terme de la mise en culture sur le ataturt organique et l´agregation d´un soil ferrallitique argileux du Congo. Can. Jour. Soil Sci. (76) 493 – 499.
- Bould C.1974. Mineral nutrition of Plants Proc. Of the XIX Inter. Hort. Cong,Vol III p 260.
- Cajuste, L. H. 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola, Colegio de Posgraduados, Talleres Gráficos de la Nación, Chapingo, México, p 278.
- Capistrán F. E., Aranda y J.C.Romero. 1999. Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Instituto de Ecología, A.C. Jalapa, México. p 54-58.
- Castellanos J. 2003. Curso Internacional pos – congreso “ Materia orgánica, ciclo y captura de C en suelos y ambiente. Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo, Sociedad Química de México y Colegio de ingenieros Químicos y Químicos. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Díaz R. , Sandoval C. y Herrera C. 2000. Efecto de la lombricomposta y fertilizante químico en frijol. La Edafología y sus perpectivas al siglo XXI. Tomo II p. 577 – 581. In Quintero Lizaola, T.Reyna Trujillo, L. Coray – Chee, A. Ibáñez Huerta y N.E García Calderón (Eds) Colegio de posgraduados en ciencias Agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Chapingo, México.

- Díaz, A.J 2001. Influencia de especies vegetales, abono y fertilizante, sobre algunas de las características químicas de tepetate fragmentado, en condiciones de campo, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F., p 47 – 69.
- Domínguez V.A. 1997. Tratado de Fertilización. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España. p 181 – 185.
- Dubroeuq D., Quantin P. y Zebrowski C. 1989. Los tepetates de origen volcánico en México. Esquema preliminar de clasificación. Terra 7(1):3 –12.
- Etchevers B.J. 1995. Análisis para asegurar la calidad en los procesos y el producto de los materiales orgánicos degradados. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Posgraduados. Montecillo México. p 1-3.
- Etchevers B.J, Zebrowski C, Hidalgo M.C y Quantin P. 1991. Fertilidad de los Tepetates de los Estados de México y Tlaxcala (México). I Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. p 71 – 73.
- Ferrera C.R., Ortiz A., Delgadillo J. y Santamaría S. 1997. Uso de materia orgánica en la recuperación de tepetate y su influencia en los microorganismos. In: C. Zebrowski, P. Quantin y G.Trujillo (Eds.). Suelos Volcánicos Endurecidos. Quito, Ecuador. P 225 – 237.
- Finck A.1988. Fertilizantes y fertilización. Reverte. España. p. 437.
- Flach K.W., Nettleton W.D. and Chadwick O.A. 1992. The criteria of duripans in the U.S. Soil taxonomy and the contribución of micromorphology

to characterize silica indurated soils. Terra 10 (Numero especial: Suelos Volcánicos Endurecidos): 171 – 177.

- Flores R .D., Alcalá M.J.R., González V. A. y Gama C.J.E. 1991. Los tepetates. Geografía: Revista del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 3 (4): 37-42.
- Flores R. D., Alcalá M.J.R., González V.A. y Gama C.J.E.1992. Suelos con fragipán de origen volcánico en clima semicálido y subhúmedo – el caso del noroeste del estado de Morelos, México. Revista del instituto de Geología. U.N.A.M. Volumen 10 p. 151 – 163.
- García C.A. 2001. Agregación en tepetate por influencia de especies vegetales, abono y fertilizante en condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F p 18 – 20.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F. p 246.
- Giunolina L.1984. Guía de flores de banco y de jardín. Grijalbo, España. p45.
- Guerrero E.G., Luna J.L. y Caballero O.E. 1992. Distribución de los tepetates en la república Mexicana. Terra 10 (Número especial: Suelos Volcánicos Endurecidos): 131 – 137-.
- Haynes H.B.M. and Tapp H. 1994. Interactions of humic substances and polisacharides with soil mineral components. Transacción 15<sup>th</sup> Wold Congress of Soil Science 3A:14.

- Herrera R.S.M. 1999. Efecto de especies frutales y abono orgánico en la agregación de un tepetate fracturado durante seis meses. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p 10 – 15
- Hidalgo C. y Quantin F. 1996. Caracterización mineralógica de los tepetates tipo fragipan del Valle de México. III Simposio Internacional Suelos Volcánicos Endurecidos. Quito, Ecuador. p 65 – 67.
- Hillel D. 1982. Introducción to Soil Physics. Academic press, Inc. New York, N.Y. p 41 –53.
- Jastrow J. D., Miller R. M and Lussenhop J. 1998. Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. *Soil Biology and Biochemistry* 30(7): 905 – 916.
- Kaúrichev I.S P., Pavov N.P., Stratonóvich M.V. y Grechin I.P. 1984. Prácticas de Edafología. Mir, Moscu. p 276
- Kemper W.D. and Chepil W.S. 1965. Distribution of Agregates. In. Black, C.A. D.D Evans, J, L. White, L.E. Ensminger and F.E. Clark. *Methodo of Soil analysis Part. 1 physical and minerological properties, including statisticsof measurement and sampling.* American Soc. of Agronomy, Inc., publisher. Madison, Wincansing, USA
- Le Bissonnais, Y. 1995. Soil Characteristics and aggregate stability. In Agassi, M (Ed.). *Soil erosion, conservación and rehabilitation.* Marcel Derker, Inc. U.S.A p. 41 – 60.

- 
- Levy G.J. and Van Der Watt H. 1990. Effect of exchangeable potassium on the hydraulic conductivity and infiltration rate of some south African soils. *Soil Science* 146: 303 – 310.
  - Linares M. 1996. Selección de Plantas Medicinales de México. Limusa, México D.F. p 34 – 35.
  - Liu A., C. Hamel, R.I. Hamilton. 2000. Mycorrhizae formation and nutrient uptake of new corn (*Zea mays* L.) hybrids with extreme canopy and leaf architecture as influenced by soil N and P levels. *Plant and soil* 221(2):157 – 166.
  - Marañón G.G. 1994. Caracterización de suelos con tepetate y su relación con la vegetación en el municipio de Tetela del Volcán, estado de Morelos. Tesis Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p 34 – 42.
  - Marshall T.U., Holmes J. and Rose C. 1996. *Soil Physics*. Cambridge. U.S.A. . 452p.
  - Miller W. R. and D.T. Gardiner. 1998. *Soils in our Enviroment*, Prentice Hall, USA, New Jersey. P 735.
  - Miranda M.E y Arias R.H. 1991. Incorporación de los tepetates a la producción agrícola. III Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Quito, Ecuador p 47 – 49.
  - Molisch.H.1995. *Fisiología vegetal: con aplicación a la agricultura y jardinería*, para estudiantes de la facultad de ciencias y farmacia, de las

escuelas de ingenieros agrónomos y de montes, Edit # tr. de la 6 Ed. Alemana / por Emilio Guinca. Barcelona España p 394.

- Molzer V. 1989. Plantas de Jardín. Susaeta Madrid España. p 25.
- Munsell. 1975. Soil Color Chart. De. Munsell Color Company. Inc. Maryland, U. S.A.
- Navarro P. 1995. Residuos Orgánicos y Agricultura. Universidad Alicante. España. P. 25 – 71.
- Oleshko L.K. 1992. Naturaleza de los patrones morfológicos de los cementantes en algunos tepetates de México. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Acapulco Gro. p. 2.
- Oleshko L.K. 1995. Practicas de física de suelos Apuntes. Colegio de Posgraduados, Estado de México. México. P 110.
- Ortiz S.M. y Anaya G.M.1992. Rendimiento de maíz en tepetates productivos. Terra 10 (numero especial: Suelos Volcánicos Endurecidos): 94 – 105.
- Ortiz V. B 1977. Fertilidad de suelos. Universidad Nacional Autónoma de Chapingo. Chapingo, México p 71.  
p 499 –519.
- Peech M. 1947. Methods of Soil Analysis for Solil Fertility Investigation. U.S. Dep. Agr. Sci. p. 757.
- Pinton R; Varanini Z. y Nannipieri P. 2001. The rhizosphere. Biochemystry and organic Sudstances at the Soil – Planta interface. Marcel Deker, Inc. New York, U.S.A p 95.

- Potash and Phosphate Institute. 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Potash and Phosphate Institute. U.S.A. p 91 – 96.
- Primavesi A. 1982. Manejo ecológico de suelo. La agricultura en regiones tropicales. El Ateneo Buenos Aires, Argentina. p 227.
- Puget P., Angers D. A. and Chenu C. 1999. Nature of carbohydrates associated with water – stable aggregates of two cultivated soil. *Soil Biology and Biochemistry* 31: 55 – 63.
- Secretaria de Educación Pública. 1983. Suelos y Fertilidad. Trillas, México D.F. p 80 –92.
- Simpson K.1991. Fertilizers and manures John Wiley and Sons, New York, USA, p. 110 –135.
- Stevenson F.J. 1982. Humus Chemistry, composition, relations. John Wiley and Sons, Inc. New York, U. S. A. P 443.
- Tamhane, R.V., Motinari D.P., Bali P.B y Donahue R. L. 1986. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Diana. México, D.F. 483p.
- Troeh, F. and Thompson L. 1993. Soils and soil fertility. 5° ed. Oxford University press. USA p 89 – 147.
- Tisdale S. y Nelson W. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Montaner y Simon, S.A. Barcelona España p. 124 – 125.
- Tisdall J.M. 1994. Possible role of soil microorganisms in soils. *Plant and Soil* 159:115 – 121.
- Tisdall J.M. and Oades J.M. 1982. Organic Matter and Water – Stable Aggregates in Soils. *Journal of Soil Science* (33): 141 – 163.

- Trinidad S. 1999. El papel de los abonos orgánicos. Simposium Internacional y Primera Reunión Nacional, Universidad Autónoma de Chapingo, Colegio de Posgraduados, Texcoco, México. p 3 – 16.
- Vasuda P, Kashyap S and Sharma S. 1997. Tagetes: a multipurpose plant. *Bioresource Technology*. 62: 29 – 35.
- Vázquez A. A., Bautista A.N. 1993. Guía para interpretar el análisis químico de suelo y agua. Chapingo, México. P. 5-7.
- Velázquez R.A.S. 2003. Los tepetates: Historia, Arte y Ciencia. Agencia de noticias, Academia Mexicana de Ciencias. No.28 de marzo de 2003. [WWW.amc.UNAM.mx](http://WWW.amc.UNAM.mx).
- Velázquez R.A.S. 1994. Efecto de diferentes cultivos sobre la disgregación y alteración de tepetates del estado de Morelos en condiciones invernadero. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. p 147.
- Velázquez R.A.S. 1997. Disgregación, alteración y agregación de dos niveles de fracturación de tepetates del Estado de Morelos por especies vegetales perennes en condiciones de Invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias (Edafología), Facultad de Ciencias, UNAM. México. D.F. p147.
- Velázquez R.A.S. 2002. Especies vegetales, abono y fertilizante: su influencia en la calidad de un tepetate de Tetela del Volcán, Estado de Morelos. Tesis Doctorado en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F., p 47 –69.

- Walkley A. 1947. Critical examination for determining organic carbon in soils. Soil Science 63:251-204.
- Wild A. 1992. Condiciones del suelo para el desarrollo de las plantas según Rusell, Mundi Prensa, Madrid, España. p 1045.
- Zebrowski C. 1992. Los suelos Volcánicos endurecidos en América Latina. Terra 10 (numero especial: Suelos Volcánicos Endurecidos): 15 - 23

**X. Apéndice.**

**Tabla 1. Caracterización inicial del tepetate y las enmiendas orgánicas.**

Características físicas del tepetate.

COLOR		Densidad		TEXTURA		
Húmedo	Seco	Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Real (kg/m <sup>3</sup> )	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
10YR4/4	10YR6/4	1.44	2.3	49.42	27.09	23.35

Características Químicas del tepetate.

pH (H <sub>2</sub> O)	pH(KCL)	M.O	C	C.I.C	Ca	Mg
(1:2:5)	(1:2:5)	(%)	(%)	(cmol <sup>+</sup> Kg <sup>-</sup> )	(cmol <sup>+</sup> Kg <sup>-</sup> )	(cmol <sup>+</sup> Kg <sup>-</sup> )
6.5	5.52	0.18	0.1	21.01	6.87	20

Na	K	S.B	P
(cmol <sup>+</sup> Kg <sup>-</sup> )	(cmol <sup>+</sup> Kg <sup>-</sup> )	(cmol <sup>+</sup> Kg <sup>-</sup> )	(pmm)
3.88	1.51	92.37	0.255

Características Químicas de la composta y vermicomposta.

	pH (H <sub>2</sub> O)	pH(KCL)	M.O	Nt	C	C.I.C
	(1:2:5)	(1:2:5)	(%)	(%)	(%)	(cmol <sup>+</sup> Kg <sup>-</sup> )
Composta	6.5	6.5	6.23	0.31	3.61	45.48
Vermicomposta	7.48	7.15	6.88	0.34	3.99	41.35

	Ca	Mg	Na	K
	(cmol <sup>+</sup> Kg <sup>-</sup> )			
Composta	29.6	14.5	7.47	3.46
Vermicomposta	35.75	4.5	3.95	4.35

Tabla 2. Análisis de varianza de los tratamientos estudiados (Valores F).

VARIABLES	A	B	AB	C	AC	BC	ABC
pH- AGUA	3.17ns	13.29**	13.41**	4.81*	1.36ns	2.25ns	1.63ns
PH-KCl	7.60**	22.45**	3.58*	11.41**	4.75*	0.53ns	1.02ns
m.o	1.43ns	2.83ns	2.53ns	1.08ns	0.36ns	1.77ns	0.94ns
C.I.C.	11.57**	10.00**	15.87**	7.04**	0.12ns	3.50*	3.58*
Ca	11.20**	12.42**	10.95**	0.29ns	2.7ns	0.75ns	1.91ns
Mg	13.66**	5.18**	28.43**	8.74**	6.67**	7.78**	3.55*
Na	9.94**	4.22*	2.28ns	2.02ns	0.1ns	0.31ns	0.67ns
K	30.13ns	12.46ns	12.22ns	7.56ns	0.34ns	0.81ns	2.47ns
S.B	15.95**	0.71ns	6.22**	0.84ns	2.72ns	1.46ns	0.58ns
A>10	0.08**	0.58**	0.21**	0.57**	1.03ns	1.51ns	0.71**
A 5-10	6.85**	0.19**	9.10**	2.8ns	3.26*	1.99ns	3.46ns
A 3-5	1.86ns	1.25ns	1.79ns	0.41ns	0.13ns	1.16ns	1.08ns
A 2-3	0.11ns	0.21ns	0.38ns	1.63ns	1.33ns	0.51ns	0.91ns
A 1-2	4.54*	0.11ns	3.96*	1.57ns	2.17ns	0.78ns	1.58ns
A 0.5-1	6.07*	0.87ns	3.18ns	0.9ns	0.82ns	0.68ns	1.39ns
A 0.25-0.5	10.22**	0.49ns	3.1ns	1.07ns	0.88ns	0.41ns	1.07ns
A <0.25	5.57*	0.81ns	5.61**	0.81ns	0.41ns	0.05ns	0.61ns
E>5	1.12ns	0.77ns	0.53ns	0.76ns	0.5ns	0.46ns	1.51ns
E 3-5	0.04ns	3.66*	0.57ns	0.86ns	1.17ns	1.19ns	0.56ns
E 2-3	5.39*	2.64ns	0.58ns	1.5ns	0.46ns	0.41ns	1.07ns
E 1-2	0.15ns	1.28ns	0.37ns	1.8ns	0.58ns	0.41ns	0.86ns
E 0.5-1	0.53ns	0.28ns	0.82ns	0.66ns	2.27ns	0.62ns	0.75ns
E 0.25-0.5	0.43ns	1.32ns	0.13ns	0.78ns	1.98ns	1.02ns	1.2ns
E <0.25	1.88ns	0.44ns	4.71*	1.03ns	1.56ns	1.45ns	0.46ns
ALT-PLANT	691.55**	5.22**	5.22**	9.13**	9.13**	2.21ns	2.21ns
DIA -PLANT	644.23**	0.51ns	0.51ns	8.92**	8.92**	3.26*	3.26*
PFP	389.90**	4.52*	4.52*	32.18**	32.18**	0.73ns	0.73ns
PSP	537.09**	20.17**	20.17**	37.29**	37.29**	0.48ns	0.48ns
PFR	75.86**	4.80*	4.80*	5.01*	5.01*	0.68ns	0.68ns
PSR	70.20**	4.07*	4.07*	6.05**	6.05**	0.58ns	0.58ns
LONG-PED	206.14**	3.19ns	3.19ns	6.78**	6.78**	5.33**	5.33**
# FLORES	117.73**	5.19**	5.19**	14.04**	14.04**	1.03ns	1.03ns
DIA -FLOR	372.03**	5.06**	5.06**	12.17**	12.17**	4.79**	4.79**
PFF	101.28**	4.46*	4.46*	13.29**	13.29**	1.78ns	1.78ns
PSF	75.74**	2.88ns	2.88ns	11.11**	11.11**	1.39ns	1.39ns
# BOTONES	60.45**	2.06*	2.06*	4.04*	4.04*	0.8ns	0.8ns

Probabilidad F

\*Significativo (p= 0.05)

\*\* Altamente significativo (p= 0.01)

ns: No significativo.

A: Especie.

B: Enmienda Orgánica.

C: Fertilizante.

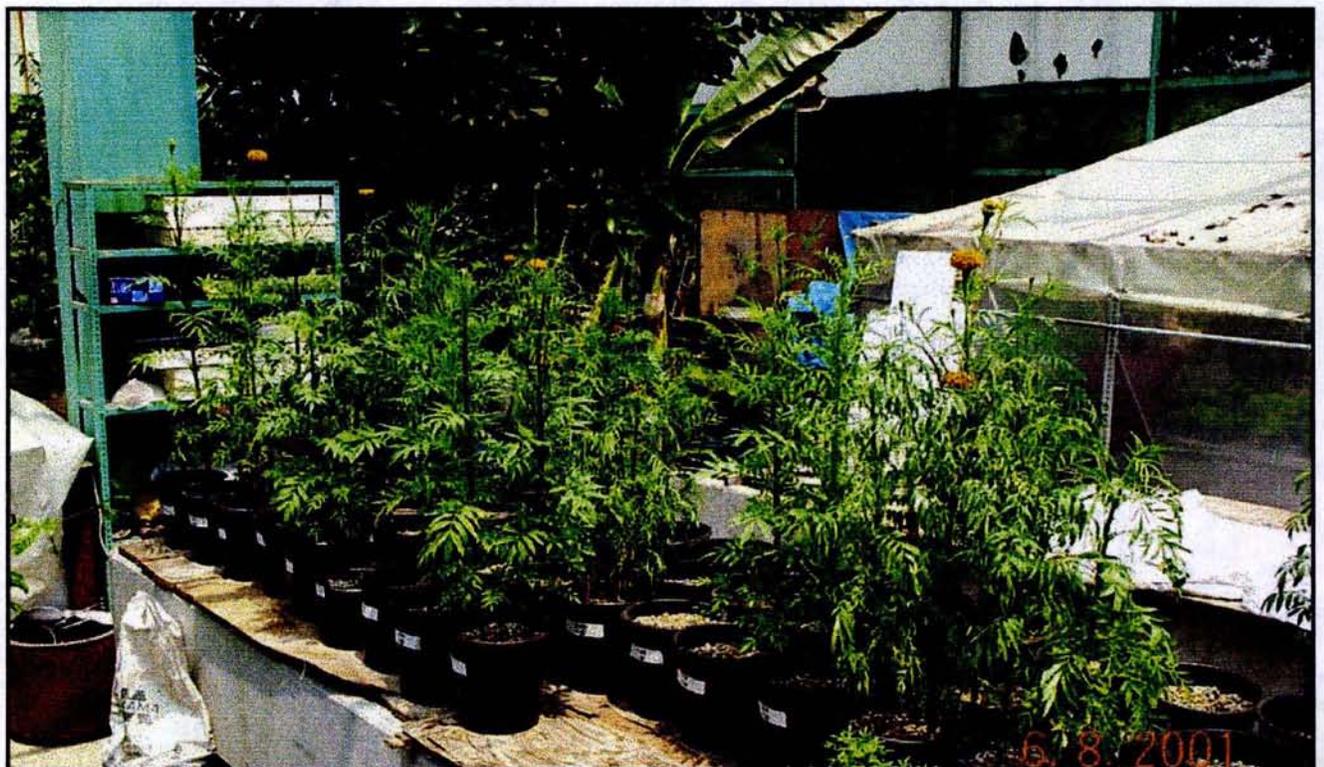
**Tabla 3. Distribución de los tratamientos en el Invernadero.**

PV III	PF1 I	TVF2 I	PCF1 I	T II	PF1 II	TF2 I	TVF1 III	PVF2 III	PC III	PCF2 III	PV I	TC II	TVF2 II	PF2 II
PV II	T I	PC I	TF2 III	TCF1 I	TCF2 II	PF2 III	P III	TC III	TV I	TF1 II	PF1 III	PVF1 I	TV III	TVF2 III
TCF2 I	TVF1 I	TV II	T III	TF1 III	P I	TCF1 III	TCF2 III	PCF1 II	TVF1 II	TCF1 II	PCF1 III	PVF2 II	PCF2 I	TF2 II
P II	PCF2 II	PC II	TF1 I	PVF1 II	PF2 I	TC I	PVF1 III	TVF2 I						

T: Testigo. C: Composta. 1: Dosis baja I: Primer repetición.

P: Planta. V: Vermicomposta. 2:Dosis alta II: Segunda repetición.

F: Fertilizante. III: Tercera repetición.



**Figura 1. Aspecto que mostraron los tratamientos en el invernadero.**