



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**“PRODUCCION DE CLAVEL (*DIANTHUS CARYOPHYLLUS*; L) Y  
SU EFECTO EN LA FORMACIÓN DE AGREGADOS EN 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 ALEJANDRA VARGAS GONZÁLEZ



DIRECTOR DE TESIS: DR. DAVID FLORES ROMÁN



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.



**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: Producción de clavel (Dianthus caryophyllus; L.) y su efecto en la formación de agregados en un tepetate fragmentado.

realizado por Tania Alejandra Vargas González

con número de cuenta 94329940 , 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 Velazquez Rodríguez

Propietario

Dra. Guillermina Murguía Sánchez

Suplente

M. en I. Jessica Ivette Díaz Avelar

Suplente

Biól. Gabriel Olalde Parra

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA



## DEDICATORIAS

Quiero dedicar este trabajo de manera especial a mi Padre por creer en mí, por impulsarme a seguir, a sus múltiples enseñanzas, por su paciencia, sus consejos y a todas aquellas cosas que no terminaría de mencionar.

A mi Madre y mis hermanas Bety, Lili, Faby y Dany por todas las cosas que cada una de ustedes me han enseñado y que hemos compartido.

A Esperanza y Salvador por la motivación, la tranquilidad y el apoyo brindado.

A mis amigos:

Javier por todo lo compartido, por escuchar y animarme siempre.

Enoch por las horas de trabajo y por la bonita amistad que tenemos.

Myriam por cada café, plática y momento compartido.

Gabriela por todo el apoyo y todo lo enseñado a lo largo de mi vida.

Jessica por cada comida, plática, corrección y ánimo brindado.

A Oscar Aguilar por cada momento compartido, por la paciencia, por escuchar, por la confianza, por su apoyo incondicional y por que pasa el Sr. de la bici.

A mi abuelita Maria Luisa (q.p.d.), por cada momento inolvidable, por todo su cariño y cada cosa que me enseñaste. Por haber creído en mi y de ver esto terminado (disculpa la tardanza).

A mis leales amigos Priscila y Daniel por acompañarme siempre, por cada plática y por su interés en todo.

A todos ustedes los quiero mucho y gracias por TODO.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, y a la Facultad de Ciencias por la educación brindada.

Al Instituto de Geología, Departamento de Edafología y al Laboratorio de Fertilidad de Suelos, por permitirme el uso de equipo e instalaciones.

Al Dr. David Flores Román por el apoyo, la paciencia y la dirección brindada.

A los miembros del Jurado Dr. David Flores Román, Guillermina Murguía Sánchez, Alma Socorro Velásquez Rodríguez, Jessica Ivette Díaz Avelar, Gabriel Olalde Parra que amablemente evaluaron mi trabajo y aportaron valiosos comentarios, a los cuales les doy las gracias.

A mis compañeros del Laboratorio de Fertilidad de Suelos, Aleida García, Tania Izquierdo, Humberto Núñez por sus consejos y su apoyo brindado durante mi estancia.

Esta tesis, se llevó a cabo en el Instituto de Geología de la UNAM, Departamento de Edafología, bajo la dirección del Dr. David Flores Román en el proyecto Diagénesis, Pedogénesis y Morfogénesis de capas cementadas del Cuaternario. I Provincia Eje Neovolcánico del Estado de Morelos; y como parte del taller de “Desarrollo sostenible en ecosistemas forestales: degradación conservación y restauración del recurso edáfico” de la Carrera de Biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM.

---

<b>I. RESUMEN</b>	<b>6</b>
<b>II. INTRODUCCION</b>	<b>8</b>
<b>III. ANTECEDENTES</b>	<b>9</b>
<b>III.1. Tepetates</b>	<b>9</b>
III.1.1. Definición	9
III.1.2. Tipos de tepetates	10
III.1.3. Importancia de los tepetates	11
III.1.4. Distribución de los tepetates en México	12
III.1.5. Usos	13
<b>III.2. <i>Dianthus caryophyllus</i> L. Clavel</b>	<b>15</b>
III.2.1. Clasificación	15
III.2.2. Factores ambientales para el cultivo del clavel	16
III.2.3. Principales plagas y enfermedades del clavel	17
III.2.4. Fertilización del clavel	19
<b>III.3. Abonos</b>	<b>21</b>
III.3.1. Definición	21
III.3.2. Tipos de abonos	22
III.3.3. Usos de abonos	23
III.3.4. Estiércol (gallinaza y bovino)	24
<b>III.4. Fertilizantes</b>	<b>25</b>
III.4.1. Definición	25
III.4.2. Tipos de fertilizantes	25
III.4.3. Usos de fertilizantes	26
III.4.4. Composición química de los fertilizantes usados en este trabajo.	26
<b>III.5. Agregación</b>	<b>27</b>
III.5.1. Definición	27
III.5.2. Formación de agregados	27
III.5.3. Proceso involucrado en la formación de agregados.	28
III.5.4. Tamaño de los agregados	29
III.5.5. Estabilidad de los agregados	30
III.5.6. Porosidad de los agregados	30
III.5.7. Función de la materia orgánica en la formación de agregados.	30
III.5.8. Influencia de las plantas en la formación de agregados	31
III.5.9. Efecto de los compuestos orgánicos e inorgánicos en la formación de agregados.	31
<b>IV. OBJETIVOS E HIPOTESIS</b>	<b>33</b>
<b>IV.1. Objetivo general</b>	<b>33</b>
<b>IV.2. Objetivo particular</b>	<b>33</b>
<b>IV.3. Hipótesis</b>	<b>33</b>

---

<b>V. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>34</b>
V.1. Localización	34
V.2. Fisiografía	35
V.3. Hidrología y edafología	35
V.4. Clima	35
V.5. Vegetación	36
V.6. Uso de suelo	36
<b>VI. METODOLOGIA</b>	<b>37</b>
VI.1. Diseño experimental	37
VI.2. Unidad experimental	38
VI.3. Establecimiento del experimento	38
<b>VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>46</b>
<b>VII.1. Características químicas</b>	<b>49</b>
VII.1.1. Potencial de hidrogeno	49
VII.1.2. Materia orgánica	52
VII.1.3. Capacidad de intercambio catiónico.	55
VII.1.4. Bases intercambiables	57
VII.1.4.1. Sodio	57
VII.1.4.2. Potasio	58
VII.1.4.3. Calcio	59
VII.1.4.4. Magnesio	60
VII.1.5. Porcentaje de saturación de bases	63
<b>VII.2. Características físicas</b>	<b>65</b>
VII.2.1. Agregación en seco	65
VII.2.2. Estabilidad en húmedo de agregados	71
<b>VII.3. Biomasa del clavel</b>	<b>76</b>
VII.3.1. Altura de la planta	77
VII.3.2. Peso seco de la parte aérea	78
VII.3.3. Peso seco parte radical	78
VII.3.4. Flores por maceta	79
VII.3.5. Diámetro de la flor	81
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	<b>84</b>
<b>IX. LITERATURA CITADA</b>	<b>86</b>

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1 Plagas y enfermedades del clavel.....	18
Tabla 2 Tipos de abono de acuerdo con Trinidad (1999).....	22
Tabla 3 Contenido y variabilidad de nutrimentos en diferentes abonos.....	22
Tabla 4 Descripción de los tratamientos estudiados.....	38
Tabla 5 Fórmula aplicada al momento del trasplante.....	40
Tabla 6 Fórmula aplicada antes de la floración.....	41
Tabla 7 Determinaciones físicas y químicas del tepetate en estado inicial y final del experimento.....	46
Tabla 8 Resultados del análisis de varianza de las variables físicas y químicas de los tratamientos estudiados (valores F).....	48
Tabla 9 Resultados del análisis de varianza de los tratamientos estudiados de la biomasa del clavel (valores F).....	48
Tabla 10 pH (agua) en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).....	49
Tabla 11 Porcentajes de materia orgánica en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).....	52
Tabla 12 Capacidad de Intercambio Catiónico en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).....	55
Tabla 13 Sodio en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).....	57
Tabla 14 Potasio en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).....	58
Tabla 15 Calcio en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).....	59
Tabla 16 Magnesio en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).....	60
Tabla 17 Porcentaje de saturación de bases en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).....	63
Tabla 18 Agregación en seco de tratamientos testigos (%). Prueba de Tukey.....	66
Tabla 19 Agregación en los tratamientos con clavel (%). Prueba de Tukey.....	68
Tabla 20 Agregación en tratamientos con y sin planta y con diferentes abonos y cantidades de fertilizante (%). Prueba de Tukey.....	69
Tabla 21 Estabilidad de agregados de tratamientos testigos (%). Prueba de Tukey.....	71
Tabla 22 Estabilidad de agregados de tratamientos con clavel (%). Prueba de Tukey.....	72
Tabla 23 Estabilidad de agregados de tratamientos con abono, fertilizante y clavel (%). Prueba de Tukey.....	74
Tabla 24 Altura de la planta. Prueba de Tukey.....	77
Tabla 25 Peso seco de la parte aérea. Prueba de Tukey.....	78
Tabla 26 Peso seco parte radical. Prueba de Tukey.....	79
Tabla 27 Número de flores por maceta. Prueba de Tukey.....	80
Tabla 28 Diámetro de la flor. Prueba de Tukey.....	81

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1 Zonas con tepetate (capas endurecidas) en México.....	13
Figura 2 Mapa del Estado de Morelos, Tetela del Volcán (circulo).....	34
Figura 3 Distribución de los tratamientos en el invernadero.....	45
Figura 4 pH (agua) en los tratamientos estudiados.....	51
Figura 5 Porcentajes de materia orgánica en los tratamientos estudiados.....	53
Figura 6 CIC en los tratamientos estudiados.....	56
Figura 7 Sodio en los tratamientos estudiados.....	58
Figura 8 Potasio en los tratamientos estudiados.....	59
Figura 9 Calcio en los tratamientos estudiados.....	60
Figura 10 Magnesio en los tratamientos estudiados.....	61
Figura 11 Porcentaje de saturación de bases en los tratamientos estudiados.....	64
Figura 12 Agregación en seco de tratamientos testigos.....	67
Figura 13 Agregación en los tratamientos con clavel.....	68
Figura 14 Agregación en tratamientos con y sin planta y con diferentes abonos y cantidades de fertilizante.....	69
Figura 15 Estabilidad de agregados de tratamientos testigos.....	72
Figura 16 Estabilidad de agregados de tratamientos con clavel.....	73
Figura 17 Estabilidad de agregados de tratamientos con abono, fertilizante y clavel.....	74
Figura 18 Altura de la planta.....	77
Figura 19 Peso seco parte radical.....	79

**RELACION DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1 Muestreo de tepetate en Tetela del Volcán.....	39
Ilustración 2 Fragmentación del tepetate.....	39
Ilustración 3 Tamizado del material.....	40
Ilustración 4 Transplante de claveles.....	41
Ilustración 5 Riego de los claveles.....	42
Ilustración 6 Observación del crecimiento de las plantas.....	43
Ilustración 7 Corte de claveles.....	43
Ilustración 8 Variedad de clavel Nelson: rojo; Delphi: blanco.....	76
Ilustración 9 Calidad de las flores.....	80
Ilustración 10 Tratamientos de planta a 134 días del transplante, combinación de abonos y fertilizantes.....	82
Ilustración 11 Tratamientos de la planta a 134 días del transplante con abono y con fertilizante.....	82
Ilustración 12 Clavel testigo, sin ramificaciones, obsérvense las hojas basales muertas.....	83

---

## I.RESUMEN

El tepetate es un material de origen volcánico prácticamente carente de materia orgánica y nutrimentos que presenta distintos grados de compactación y cementación. Tales características no permiten el crecimiento de las especies vegetales. Este trabajo se desarrolló durante seis meses, para contribuir a la habilitación del tepetate para un proceso productivo florícola, por medio del uso de enmiendas y fertilizantes.

Se recolectó tepetate tipo duripán en la zona de Tetela del Volcán, Estado de Morelos. Este trabajo se llevó a cabo en condiciones de invernadero. Para el proceso de habilitación se seleccionó la planta clavel por ser de ciclo corto, de ornato y de importancia económica. Se utilizó abono de bovino, con base en estudios previos que demuestran que es una opción viable en la agricultura, además de ser el más usado en la República Mexicana y de bajo costo. Se usó gallinaza por su alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, nutrimentos requeridos para el desarrollo vegetal. Los fertilizantes se seleccionaron por ser comerciales, además de ser los más usados.

Los principales resultados señalaron que el pH del tepetate tuvo un intervalo (7.2 – 6.1) adecuado para el cultivo de clavel. Respecto a la materia orgánica, las bases intercambiables y la saturación de bases, mostraron un incremento significativo, en relación con el testigo absoluto. Respecto al porcentaje de agregación en seco, se observó que los agregados que se formaron en mayor porcentaje fueron aquellos de 10 a 5 mm y 3 a 2 mm. Estos resultados se corroboraron con la estabilidad en húmedo de los agregados. Se observó que los fragmentos más estables fueron aquellos mayores de 5 y de 3 a 2 mm. En cuanto al desarrollo del clavel, los valores de biomasa obtenidos mostraron que tuvo una altura y un peso seco de la parte aérea altamente significativo, los tratamientos que más flores produjeron fueron clavel con bovino y clavel con gallinaza y fertilizante.

Se concluye que el clavel y los abonos incrementan el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y las bases intercambiables en el tepetate. Por otra parte, el clavel resultó ser una planta conveniente para la habilitación del tepetate, la cual se adecuó con la ayuda de los abonos y los fertilizantes utilizados. Finalmente, el tiempo de experimentación fue suficiente para que se observaran cambios en el tepetate por la influencia de los tratamientos.

---

**ABSTRACT**

Tepetate is the name of a volcanic material, almost lacking in organic matter and nutrients and showing different grades of compactness and cementation. Such features do not allow plant growth. This paper was written to contribute to the habilitation of tepetate for a flower production process, through the use of emendations and fertilizers.

Duripan type tepetate was collected in the Tetela del Volcán zone, Morelos state. This work was accomplished in greenhouse conditions. For the habilitation process the carnation plant was selected, due to its short cycle, ornamental and economical importance. Cow manure was used, based on previous studies that prove it is a viable option in agriculture; besides, it has low cost and is the most utilized in México. Hen dung was used due to its high nitrogen, phosphorus and potassium content, required nutrients for vegetal development. The fertilizers were selected for their commercial use and also, for being the most utilized.

The main results pointed out that the tepetate pH had a suitable interval for carnation crop. Regarding organic matter, the interchangeable and saturation bases showed a significant increase in relation to the absolute control. Considering the dry aggregation percentage, it was observed that the aggregates formed in the highest percentages were those from 10 to 5 mm and 3 to 2 mm. These results were proved with the aggregates wet stability. The more stable fragments were those larger than 5 and from 3 to 2 mm.

For the carnation development, the obtained somatical values showed that these had a height and dry weight of the aerial part highly significant. The treatments producing more flowers were carnation with cow manure and carnation with hen dung and fertilizer.

In conclusion, the carnation plant and the emendations increased the organic matter content, cationic exchange capacity and the exchangeable bases in tepetate. Besides, the carnation turned out to be a suitable plant for the habilitation of tepetate, that was adjusted with the help of the used emendations and fertilizers. Finally, the experimentation time was enough to observe tepetate changes, due to the influence of treatments.

---

## II.INTRODUCCION

Los tepetates son capas endurecidas de origen volcánico que presentan distintos grados de compactación y cementación de las partículas minerales, lo que restringe el crecimiento y desarrollo de especies vegetales. Particularmente, la compactación limita el crecimiento de las raíces, reduce el paso del agua al subsuelo y provoca el drenaje lateral, que conlleva la pérdida de numerosos materiales. Los tepetates, cuyo cementante es la sílice ( $\text{SiO}_2$ ) se encuentran representados principalmente en la zona del Eje Neovolcánico transversal de México. Éstos representan un grave problema para la República Mexicana, pues afloran impidiendo el crecimiento de especies, lo cual ocasiona que los agricultores abandonen sus tierras. Además, los tepetates presentan un bajo o nulo contenido de nitrógeno y fósforo, sin embargo, contienen cantidades suficientes de potasio, sodio, calcio y magnesio, nutrimentos requeridos para el desarrollo vegetal.

En este trabajo se utilizó una especie ornamental de valor comercial, clavel *Dianthus caryophyllus* L., para favorecer la formación de agregados a partir del tepetate fragmentado. Se usaron enmiendas orgánicas, como el abono de bovino y gallinaza y como enmienda inorgánica se aplicó fertilizante. Dichas enmiendas incrementaron la materia orgánica y contribuyeron al crecimiento de la planta.

Trabajos anteriores como el de Acevedo (1997), Velázquez (1994, 1997, 2002), Herrera (1999), Díaz (2000), García (2001), han probado diferentes especies; cultivos de ciclo corto, forestales y frutícolas. Con este trabajo y el de Izquierdo (2004) se iniciaron los estudios con plantas ornamentales. En los cuales se fragmenta el material para dar espacio al crecimiento de las raíces, se le adiciona algún abono o fertilizante para nutrir la especie vegetal y para propiciar de esta manera la formación de agregados ya que constituyen la base de la estructura para la formación del suelo.

De esta manera, en este estudio se pretendió mejorar la estructura del tepetate y favorecer la producción del clavel.

### III.ANTECEDENTES

#### III.1. Tepetates

La palabra "tepetate" deriva del náhuatl *tepétlatl*, vocablo compuesto por las raíces **tetl** que significa piedra y **pétlatl**, petate; por lo tanto el significado etimológico es "petate de piedra" (Rojas y Sánchez, 1985).

##### III.1.1. Definición

Desde el punto de vista científico, el término se aplica a muchos materiales que tienen en común diferentes grados de cementación y compactación, desde muy débiles hasta extremadamente fuertes (Flores *et al.*, 1991). Se les llama tepetates a una variedad de horizontes endurecidos a semiendurecidos que subyacen a suelos de origen volcánico y que en algunos casos afloran a la superficie debido a la erosión de éstos (Etchevers *et al.*, 1992). Para Pimentel (1991), el término genérico "tepetates" se refiere a un grupo de materiales terrosos derivados de cenizas volcánicas, cuyas composiciones mineralógicas los hacen variar, tanto en color como en dureza. Estos materiales afloran al perderse la capa de suelo que hay sobre ellos. La pérdida de ésta se da por erosión eólica e hídrica o por mal manejo del hombre, ya que muchas zonas donde existe tepetate, tienen fuertes pendientes que favorecen una rápida pérdida de los suelos (García *et al.*, 2000).

Recientemente algunos autores consideran como tepetates a las capas endurecidas formadas por procesos geológicos, con influencia posterior de procesos edafogénicos y cuyo depósito original involucra materiales piroclásticos (Dubroeuq *et al.*, 1989; Quantin *et al.*, 1992; Zebrowski, 1992, Velázquez, 2002).

### III.1.2. Tipos de tepetates

La terminología edáfica para designarlos se encuentra en función de los cementantes y en algunos casos, del nivel de compactación, de esta manera podemos clasificar a las capas endurecidas como:

Tepetates tipo duripán: tienen de 50 cm a varios metros de espesor; su estructura generalmente es masiva, laminar o prismática gruesa. Con frecuencia entre las caras de estos prismas existen rellenos de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), los cuales pueden ser visibles microscópicamente. En láminas delgadas se pueden observar muchos revestimientos de sílice coloidal y ópalo de pocas micras de diámetro en la matriz del suelo, lo que parece indicar que la cementación empieza en dicha matriz. En tepetates con desarrollo más fuerte, las cubiertas de sílice llegan a través de la parte superior de los prismas y las láminas horizontales de sílice que se forman confieren una estructura laminar a la parte superior del duripán. Estos tepetates son de colores generalmente claros, blancos o grises muy claros, aunque llegan a presentar con menor frecuencia colores rojizos y amarillentos. Se encuentran en suelos de origen volcánico (Flores *et al.*, 1991, Guerrero *et al.*, 1992, Soil Survey Staff, 1999).

Tepetates tipo fragipán: Con base en Soil Survey Staff (1999), se define al fragipán como un horizonte subsuperficial de textura franca, con densidad aparente alta en relación con los horizontes superficiales y un contenido de materia orgánica bajo. Parece cementado cuando está seco; cuando está húmedo, es frágil y de ahí su nombre. Tienen alta proporción de limo y arena muy fina, moderado a bajo contenido de arcilla y baja conductividad hidráulica (Flores *et al.*, 1991).

Petrocálculos: Son un estrato generalmente continuo y muy duro, con un espesor mayor de 10 cm. Por lo regular los cementantes son carbonatos de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), generalmente son de color blanco y se forman por precipitación y acumulación de carbonatos. Estos se encuentran ampliamente distribuidos, principalmente en las zonas semiáridas de México (Guerrero *et al.*, 1992).

Petrogípsicos: contienen sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ), son de color predominantemente blanco y la cementación se lleva a cabo por cristalización del sulfato de calcio, cuando llega a un nivel de hidratación óptimo. Es duro a tal grado que no puede ser penetrado por las raíces ni se disuelve con el agua (Guerrero *et al.*, 1992).

Plintitas: Los cementantes son sesquióxidos ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), y forman las lateritas; en estos materiales la coloración varía de amarillo muy claro hasta rojo intenso (Flores *et al.*, 1991).

### III.1.3. Importancia de los tepetates

Los tepetates tienen limitantes para la producción pecuaria y forestal tales como dureza, alta densidad aparente y erosionabilidad (Arias, 1992) por ello limitan la penetración de las raíces, reducen el paso del agua al subsuelo y provocan drenaje lateral, que conlleva a la pérdida de componentes minerales del suelo y la erosión del mismo.

La cementación y compactación constituyen una forma grave de degradación del suelo, que impide el desarrollo radical de las plantas, tanto cultivadas como aquellas que crecen en áreas con poco disturbio humano. Por otra parte, la presencia de capas endurecidas favorece la erosión del suelo al impedir el paso del agua al subsuelo y propiciar el drenaje lateral interno y un mayor escurrimiento superficial, con la consecuente disgregación y transporte de partículas minerales (Flores *et al.*, 1991).

Por su dureza y bajas concentraciones de nitrógeno, fósforo y materia orgánica, los tepetates son un sustrato difícil para el trabajo agrícola; sin embargo, se puede mejorar con especies vegetales poco exigentes en elementos nutritivos (Pimentel, 1991).

Mediante una habilitación adecuada, estos materiales pueden ser incorporados al proceso productivo.

### III.1.4. Distribución de los tepetates en México

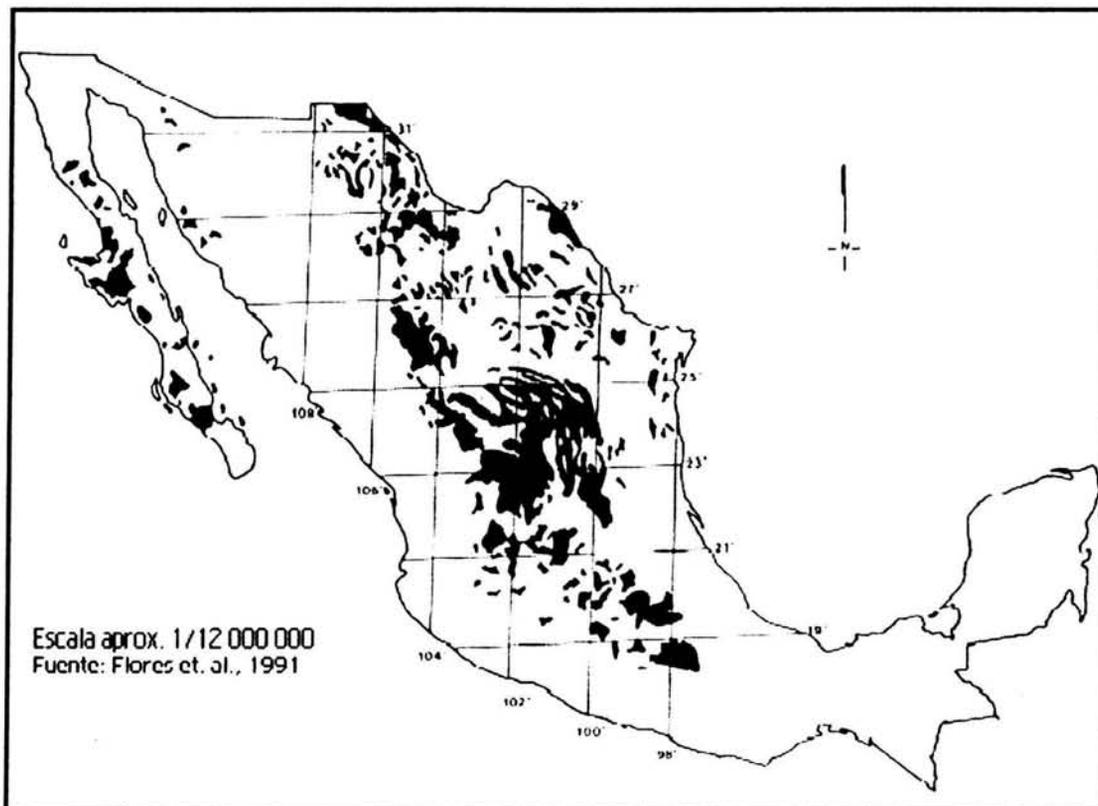
La planimetría de estas formaciones indica que cubren una superficie de 30,700 km<sup>2</sup> de la superficie del Eje Neovolcánico Mexicano (Zebrowski, 1992). En la República Mexicana son 660,000 km<sup>2</sup> es decir, el 30% de la superficie (Flores *et al.*, 1991), como se muestra en la Figura 1.

Los tepetates tipo duripán se encuentran en climas semiáridos, templados y húmedos como en el Eje Neovolcánico Transmexicano, que corresponden a los estados de México, Tlaxcala, Hidalgo, Querétaro, Morelos, Michoacán, Puebla, Veracruz y Jalisco. En algunos estados adyacentes a la franja volcánica como Aguascalientes y San Luis Potosí (Guerrero *et al.*, 1992) también coinciden con ambientes donde hay suficiente precipitación para disolver los productos del intemperismo en el perfil, pero donde no ocurre mucha lixiviación (Flores *et al.*, 1991).

Los tepetates tipo fragipán se encuentran en climas calidos y fríos, en zonas de precipitación mayor que la evaporación como son Tlaxcala, Hidalgo, Querétaro y Jalisco (Guerrero *et al.*, 1992).

Los petrocálcicos se localizan en Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí y Durango. (Guerrero *et al.*, 1992).

Los petrogípsicos se encuentran principalmente en los estados que están en el centro y Norte del país como Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. En suelos de regiones áridas y semiáridas, aunque también se presentan en suelos de áreas subhúmedas y húmedas (Guerrero *et al.*, 1992).



**Figura 1 Zonas con tepetate (capas endurecidas) en México.**

### III.1.5. Usos

La incorporación de los tepetates a la agricultura se practica desde la época prehispánica, siendo los elementos de esta tecnología la roturación y la fertilización. La forma de roturar tepetate era manual, utilizando herramientas como azadones y picos; la fertilización se realizaba con cenizas de hojas de maguey, estiércol y tierra lama (sedimentos) o tierra de hoja. Esta forma de incorporación fue heredada a los pobladores actuales de algunas comunidades de la cuenca de México, en donde actualmente se practica (Acevedo, 1997).

La roturación es necesaria con el fin de mullir la capa endurecida. El tamaño final de las partículas es importante, ya que deben ser suficientemente finas para no obstaculizar la emergencia de las plantas y suficientemente gruesas para evitar la asfixia. Dexter et

---

*al.*, 1976 citados por Acevedo, (1997); han señalado que el tamaño de los agregados debe estar comprendido entre 2 y 8 mm para que los suelos cuenten con un conjunto de propiedades ideal en lo que se refiere a la aireación y a la capacidad de retención de agua. La habilitación se puede llevar a cabo a través de la fragmentación de la capa dura y de la aplicación de materia orgánica y/o fertilizantes; pero también es necesario considerar el establecimiento de una flora adecuada al ambiente, junto con la actividad de microorganismos, para que se mantenga un ciclo natural que permita la formación y desarrollo del suelo.

Desde el punto de vista de la ingeniería civil, los tepetates resultan útiles como basamentos para construir casas y edificios, a diferencia de los sedimentos arcillosos y arenosos no consolidados. Igualmente, se les ha utilizado directamente en la construcción, en forma de bloques que son altamente resistentes a la meteorización e intemperismo, tal como se les puede observar todavía en algunas casas particulares e iglesias antiguas, e incluso en construcciones campestres modernas, donde se alternan los tepetates blancos con los amarillos (Flores *et al.*, 1991).

Estudios previos han demostrado que las especies vegetales constituyen uno de los principales factores que favorecen la formación del suelo, a través de la estructuración, debido a los efectos físico y químicos del sistema radical en el sustrato y al aporte significativo de materia orgánica que opera durante su desarrollo (Reid y Goss, 1981).

### III.2. *Dianthus caryophyllus* L. Clavel

Ha sido cultivado por el hombre desde hace unos 2000 años. Es originario del área del Mediterráneo y se introdujo en América en 1852, desde entonces muchas empresas han desarrollado cientos de cultivares para la producción de flor comercial. Los claveles modernos tienen poco parecido a sus ancestros ya que ahora florecen durante todo el año, tienen tallos fuertes que llegan a medir hasta 80 cm, flores mucho más grandes y con más variedad de colores (Larson, 1988; Sánchez de Lorenzo, 2001).

#### III.2.1. Clasificación

El clavel tiene la siguiente clasificación, de acuerdo con Sánchez de Lorenzo (2001):

- División                    Magnoliophyta – Angiosperme
- Clase                        Magnoliopsida – Dicotiledoneae
- Subclase                    Caryophyllidae
- Orden                        Caryophyllales
- Familia                      Caryophyllaceae
- Genero                      *Dianthus*
- Especie                      *D. caryophyllus* L.
- Variedad
  - ❖ **Nelson** (flores rojas)
  - ❖ **Delphi** (flores blancas)

La importancia ornamental reside en el color y forma de los pétalos, además de la presencia de pequeñas cantidades de una esencia que les confiere un penetrante y agradable aroma. Una planta de clavel comercial es capaz de producir de 10 a 20 flores por año. Una buena flor comercial de clavel tiene múltiples pétalos rodeados de un cáliz como de taza en la base (Larson, 1988).

Entre las variedades de standard más conocidas de clavel destacan en rojo a "Nelson", "Francesco", "Gigi", "Lury", "Master", "Cantalupo", "Tanga", "Masai", "Guapo" e "Indios" -

un clásico aún muy apreciado-. "Riffi" es un bonito rojo rayado, y "Gaudina" es un nuevo rojo con buenas perspectivas de futuro.

En blanco son de especial relieve los "Delphi" y "White Giant" -los mundialmente más famosos-, seguidos por otros blancos como "Gatsby", "White Castellaro", "Nordika", "Dove", " Angelica", "Simona". "Rendez-vous", "Tempo", "Forever" y "Thura" son blancos estriados destacados. (Pagina internet #1, 2, 3, 5).

La mayoría de los cultivadores norteamericanos de clavel, compran esquejes libres de enfermedades, de alta calidad y enraizados a firmas profesionales de propagación. Un esqueje típico de clavel consiste en una punta de tallo vegetativo fuerte, de 10 a 15 cm de largo con cuatro o cinco pares visibles de hojas que pesa unos 10 g. El esqueje se puede cortar de una planta madre para evitar las enfermedades a través del extremo dañado (como con un cuchillo). La profundidad a la cual se plantan los esquejes enraizados de clavel puede ser un factor crítico para el éxito o fracaso de la plantación. Los claveles son sensibles a plantarse demasiado profundos. Si los esquejes se caen, pueden ser enderezados unos pocos días después de la plantación (Larson, 1988).

### **III.2.2. Factores ambientales para el cultivo del clavel**

Los factores ambientales para el cultivo del clavel se consideraron con base en Larson (1988) a continuación se describen:

Un suelo muy poroso, bastante arenoso, con buen drenaje y bajo contenido de arcilla es el más adecuado para el cultivo de claveles. Los suelos con barro y limo son más difíciles de manejar, pueden mejorar con la incorporación de materia orgánica para optimizar la aireación. El drenado de la parte superior del suelo es importante, idealmente a una profundidad de 30 cm.

El pH ideal para los claveles se encuentra entre 6.5 y 7.5, la adición de carbonato de calcio o cal dolomítica corrige una condición demasiado ácida y también abastece de calcio o magnesio para la nutrición de la planta. La adición de azufre o el uso regulado

de fertilizantes que forman ácidos ayudará a la acidez del suelo si el pH está por encima de 7.

La luz es otro factor ambiental imprescindible para este cultivo, pues no sólo induce la realización de la fotosíntesis, sino también porque determina la rigidez del tallo y el tamaño y número de flores.

La temperatura, asociada directamente con la energía luminosa es un factor de importancia para los claveles. En los cultivares la temperatura óptima oscila entre los 22 a 24 °C y durante la noche de 10 a 12 °C. Varios estudios han documentado los efectos de los fotoperíodos estacionales y la temperatura en el índice de crecimiento y la producción floral de los claveles.

En el aspecto nutricional las investigaciones han mostrado que al menos 200 ppm de nitrógeno y potasio en solución producirán claveles de alta calidad. El calcio, magnesio y fósforo generalmente se incorporan al suelo antes de la plantación.

### **III.2.3. Principales plagas y enfermedades del clavel**

De acuerdo con Larson (1988) el sistema vascular de la planta es aquel por donde circula la savia. Toda alteración del mismo produce marchitamiento más o menos rápido de la planta, por lo que las enfermedades vasculares tienen esa característica en común: las plantas terminan secándose. En la Tabla 1 se enlistan el tipo de padecimiento que ataca al clavel, la zona que afecta y las características del daño.

Tabla 1 Plagas y enfermedades del clavel

Padecimiento	Órgano Afectado	Características del daño
Nemátodos (gusanos)	Raíces	Pican las raíces y son responsables del crecimiento raquítrico de la plantación, constituyen la entrada para muchas enfermedades vasculares.
<i>Phialophora cinerens</i> (hongo)	Tallo	Puede afectar al sistema vascular. Se observan decoloraciones pardas.
<i>Rhizoctonia solana</i> (bacteria)	Tallo	Produce pudrición húmeda en la base del tallo a nivel del suelo o por debajo de éste. Ataca plantas adultas y jóvenes, sin embargo es terrible en los primeros días de un transplante.
<i>Alternaria</i> (hongo)	Tallo	Comienzan por manchas de color morado que luego pasan a pardas. Los ataques son más graves cuando se inician en el tallo en el punto donde se cortó una flor, porque entonces no hay brotación y la producción disminuye.
<i>Fusarium oxysporum f. dianthi</i> (hongo)	Hojas	En los tallos en sentido transversal se observan unas decoloraciones internas del tejido vascular similares a áreas corchosas de color pardo. En esta alteración, sólo en los estados finales el tallo muestra agrietamiento por la parte exterior y toma el aspecto de leña seca.
<i>Uromices caryophyllus</i> (hongo)	Hojas	Forma grietas en las hojas y tallos. Al romperse desprenden un polvo pardo.
Afidos (insecto)	Hojas	Pican las hojas y flores para succionar los azúcares que se transportan por el floema. La plaga se reaviva en la primavera y baja con los fuertes calores de verano.
<i>Tetranychus urticae</i> (Araña amarilla)	Hojas	Las larvas succionan el jugo de la planta. Pasan por el estado de ninfa y en pleno verano, a los cinco días ya es adulta y vuelve a poner huevos. Todo el ciclo de vida lo puede realizar entre 8 y 10 días, es fácil darse cuenta de lo masivo que pueden ser los ataques de este parásito.
<i>Frankliniella occidentalis</i> Trips (insecto chupador)	Botones	Un adulto puede penetrar fácilmente en cuanto se haya formado el botón floral al interior de éste y dejar allí una puesta. Los nuevos individuos se alimentan de los pétalos que se están desarrollando y cuando la flor madura, aparecen decoloraciones sobre los bordes de los pétalos. También atacan a los nuevos brotes, retrasando el desarrollo.

Como se observa, existen muchas plagas y enfermedades que atacan al clavel para los cuales hay buenos productos curativos, de preferencia fitofármacos muy selectivos, desechando los de amplio espectro. Contra los ácaros, se recomienda emplear grandes volúmenes de agua y cambiar lo más posible los acaricidas. Contra los hongos, la lucha tiene que ser preventiva. El mayor enemigo es el *Fusarium* de tallo y controlando a éste, se controlan por añadidura casi todos los demás. Es necesario seguir la secuencia de fungicidas mencionada, alternándolos y variándolos para impedir que creen resistencia. Para otras enfermedades como boritis, roya, etc. modificar los factores climáticos es la forma más útil y barata de control (López, 1989).

#### III.2.4. Fertilización del clavel

Los cultivadores modernos de clavel fertilizan las plantas jóvenes tan pronto como enraizan, lo que generalmente ocurre una semana después del plantado. Actualmente, se aplica una dosis regular de nutrimento para cada riego. Los materiales comúnmente utilizados para abastecer de nitrógeno y potasio son combinaciones de nitrato de potasio ya sea con nitrato de calcio, o como nitrato de amonio (Larson, 1988).

La mayoría de los fertilizantes son solubles, al menos en parte, con la humedad del suelo y su utilización excesiva por encima de las necesidades de las plantas puede originar su acumulación en el suelo. Una acumulación excesiva puede restringir la cosecha, causar pérdidas de raíces y en casos extremos, producir el colapso de las plantas (English, 1975).

A continuación se mencionan los principales nutrimentos que se requieren para el cultivo del clavel:

**NITRÓGENO:** El nitrógeno en la planta entra a formar parte de la composición de todas las proteínas y de todos los aminoácidos. Las plantas lo absorben, principalmente a través de las raíces, como iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) o como iones nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). En la

---

planta, el nitrato es convertido rápidamente en amonio, el cual se combina con los hidratos de carbono formados en la fotosíntesis, para dar lugar a los aminoácidos y finalmente a proteínas. La formación de proteínas origina el crecimiento de las hojas y el aumento de la extensión de su superficie verde, incrementándose de este modo la fotosíntesis y estimulándose el ulterior crecimiento (Simpson, 1991).

**FÓSFORO:** Las raíces de las plantas absorben el fósforo en forma de iones ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ). Tiene un papel absolutamente indispensable para la planta, por formar parte del núcleo de las células; es indispensable en la división celular y de aquí que sea sobre todo importante al nivel de los puntos de crecimiento de la planta, es decir, en el tejido de los meristemas (Simpson, 1991).

**POTASIO:** Es fácilmente absorbido por las raíces de las plantas en forma de ion potasio ( $\text{K}^+$ ) y éste es retenido principalmente en el jugo celular, interviniendo en la regulación de la presión osmótica, el mantenimiento de la turgencia de la planta y ayuda a resistir el ataque a las enfermedades (Simpson, 1991).

**MAGNESIO:** El magnesio es absorbido por las raíces de las plantas en forma de ión magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ). En la planta éste es el constituyente de la clorofila; participa también en la regulación osmótica y en la activación enzimática (Simpson, 1991). Idealmente el nivel de magnesio en un suelo para claveles debe ser del mismo índice que el nivel de potasio. Esto proporcionará un nivel apropiado de potasio - magnesio de menos de 2:1 (English, 1975).

### **III.3. Abonos**

Entre los abonos orgánicos se incluyen a los estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de las cosechas y residuos orgánicos industriales.

#### **III.3.1. Definición**

Los abonos orgánicos son muy variables en sus características físicas y composición química, principalmente en el contenido de nutrimentos, pero su aplicación constante, con el tiempo, mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Castellanos, 1982; Cruz, 1986; Romero, 1997, citados por Trinidad, 1999).

Los estiércoles están constituidos por las heces y la orina de los animales; pueden o no estar mezclados con paja, residuos de cosecha u otros materiales usados como cama. En la antigüedad de la ciencia agrícola, los labradores empleaban los estiércoles en la fertilización de sus suelos. El valor de ese abono era tan conocido que los agricultores criaban ganado exclusivamente destinado a la producción del estiércol (Flores *et al.*, 1992).

Por todos los efectos favorables que los abonos proporcionan al suelo, se podría decir que éstos deben ser imprescindibles en el uso y manejo de este recurso, para mejorar y mantener su componente orgánico, sus características como entidad viviente, su fertilidad física, química y biológica y finalmente su productividad (Trinidad, 1987).

### III.3.2. Tipos de abonos

Los tipos de abono, de acuerdo con Trinidad (1999) se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Tipos de abono de acuerdo con Trinidad (1999).

Abono	Características
Abonos tradicionales o de granja	Sólidos voluminosos, se han empleado paja u otras materias orgánicas con el fin de absorber las excretas líquidas de los animales.
Abonos líquidos	Conocidos como purines, mezclas de deyecciones sólidas y líquidas junto con agua de limpieza. Son considerados como los abonos con menos pérdidas de nitrógeno disponible para los cultivos.
Materiales orgánicos procesados	Son producidos fuera de la explotación, se incluyen los lodos residuales, basura de las ciudades y algas marinas.
Residuos de cultivos	Son incorporados directamente al suelo como paja, rastrojo y raíces de los cereales y forrajes, hojas de los nabos y otras partes no aprovechables de las plantas.
Cultivos de abonos verdes	Son sembrados especialmente para ser enterrados con el arado.

En cuanto al contenido y la variabilidad de los nutrimentos básicos para el crecimiento y desarrollo de las plantas como el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K), la Tabla 3 muestra los abonos más comunes, se observa que la gallinaza tiene más alto contenido en nutrimentos que el bovino.

Tabla 3 Contenido y variabilidad de nutrimentos en diferentes abonos.

Estiércol	Materia seca (%)	Contenido de elementos nutritivos en kg/t producto				Reacción ácida (A) o básica (B)
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Magnesio	
Gallinaza	28	15	16	9	4.5	B
Bovino	32	7	6	8	4	A

Fuente: Domínguez, 1997

### III.3.3. Usos de abonos

Por su composición, los abonos orgánicos influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo, son formadores de humus y lo enriquecen modificando algunas de sus propiedades y características como el pH, las cargas variables, la capacidad de intercambio iónico, la quelatación y la disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio. También mejoran su estructura, porosidad y aireación, disminuyendo así la densidad aparente del suelo que es un valor indicador de compactación cuando los valores se elevan. Además, incrementan la población microbiana, haciéndolo más propio para el buen desarrollo y rendimiento de las cosechas (Avinimelech, 1986; Broadbent, 1986; Aguilar, 1995; Rangel, 1997; Pool, 1997; Trinidad, 1987). Por otro lado, los abonos pueden abatir la acidez intercambiable ( $Al_3+$  y  $H^+$ ) y Al y Fe extractables en los suelos ácidos, que influyen en la retención de fosfatos y otros aniones, disminuyendo su disponibilidad (Broadbent, 1986; Pool, 1997; Trinidad, 1987).

Trinidad, (1987) señaló que un suelo fértil, capaz de producir una cosecha redituable, debe ser un suelo biológicamente activo. Los microorganismos influyen en muchas propiedades del suelo y también ejercen efectos directos en el crecimiento de las plantas. El estiércol contiene grandes cantidades de compuestos orgánicos de fácil descomposición, cuya adición al suelo casi siempre provoca un incremento de la actividad microbiológica. En la mayoría de los casos, el resultado neto del incremento de la actividad biológica repercute en el mejoramiento de la estructura del suelo por efecto de la agregación que los productos de descomposición ejercen sobre las partículas del suelo. Con relación a la disponibilidad de nutrimentos, la actividad biológica del suelo juega un papel importante en la oxidación y reducción de los elementos esenciales, convirtiéndolos de forma no aprovechables a formas aprovechables por las plantas.

---

La única forma de mantener o mejorar el contenido de materia orgánica del suelo y por consiguiente el carbono orgánico fijado, es mediante el uso de abonos que mantiene el suelo fértil, con alta capacidad productiva y una alta redituabilidad de los recursos invertidos a través del espacio y tiempo en un sistema de producción agrícola (Trinidad, 1987).

#### **III.3.4. Estiércol (gallinaza y bovino)**

La descomposición del estiércol es lenta, pero contribuye significativamente a la mejora de la estructura del suelo. Su efecto nutritivo puede ser equivalente hasta al 30% del N total presente (Acevedo, 1997).

La gallinaza es la mezcla de excretas puras de gallina con la cama, residuos de concentrados, plumas, huevos rotos, etc. Es uno de los desechos de origen animal que mayor relevancia ha tenido en el mundo, principalmente por su alto contenido de Nitrógeno (ácido úrico). La composición química es extremadamente variada y depende del tipo de ave, del tipo de cama, de la alimentación de las aves y otros factores. Uno de los nutrimentos más variables es la proteína cruda y ésta es afectada por la humedad que contenga, ya que las bacterias presentes en el material desdoblan el ácido úrico y lo convierten en amoníaco, que se evapora (pagina Internet #4).

El estiércol de bovino debe considerarse primariamente como un abono nitrogenado que proporciona materia orgánica. Tiene una composición media de 0.30 % de N, 0.20 de  $P_2O_5$  y 0.10 % de  $K_2O$ ; mientras que la orina contiene 1.0 % de N, vestigios de  $P_2O_5$ , 1.4 % de  $K_2O$ . Tiene además un contenido apreciable de nutrimentos secundarios y micronutrimentos y del 50 al 80 % de agua (Tisdale, 1994).

### **III.4. Fertilizantes**

#### **III.4.1. Definición**

En términos amplios, se puede considerar como material fertilizante a cualquier sustancia que contenga productos minerales inorgánicos, con alguno de los tres macroelementos primarios: nitrógeno, fósforo o potasio; al igual que los que contienen una mezcla de macro y microelementos (Domínguez, 1997). 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 su calidad. Las propiedades físicas y químicas del fertilizante establece su adecuación para condiciones específicas del suelo y del cultivo (Ortiz, 1977).

#### **III.4.2. Tipos de fertilizantes**

De acuerdo con su estado físico, los fertilizantes pueden ser líquidos, sólidos, granulados y gaseosos.

- ❖ Los líquidos son soluciones acuosas de las mismas sustancias que se utilizan para los sólidos hidrosolubles.
- ❖ Los sólidos pueden ser en polvo o granulados. Por sus propiedades desfavorables de aterronamiento durante el almacenaje, se han dejado de usar pues se dificulta su posterior distribución.
- ❖ Los fertilizantes granulados no se apelmazan, inclusive aunque se hayan almacenado durante largo tiempo.
- ❖ Los fertilizantes gaseosos se inyectan al suelo; únicamente solo se usa el amoniaco anhidro al 81%.

Los fertilizantes, tanto sólidos como líquidos, contienen diferentes porcentajes de nutrimentos, además pueden tener un solo nutrimento, u otros nutrimentos en combinación (Simpson, 1986). Los que contienen varios nutrimentos se conocen como fertilizantes de multinutrimentos o compuestos, como nitrógeno, fósforo y potasio. Los fertilizantes que contienen un elemento se llaman simples, como la urea, superfosfato,

cloruro de potasio. Algunos contienen grandes cantidades de elementos secundarios tales como el calcio, el magnesio y el azufre. Otros se enriquecen con micronutrientes (Flores *et al.*, 1992).

### **III.4.3. Usos de fertilizantes**

En condiciones de baja fertilidad natural, el suelo no proporciona los nutrientes suficientes para lograr un rendimiento satisfactorio de los cultivos. Por lo tanto, es necesario suplir las deficiencias de nutrientes del suelo, por medio de un suministro de fertilizantes químicos, incrementando así el rendimiento de los cultivos; siempre y cuando se apliquen en cantidades adecuadas a cada tipo de cultivo y de suelo. Esta aportación es necesaria en casi todos los sistemas de explotación agrícola, especialmente en los sistemas intensivos pues se puede incrementar la producción (Simpson, 1991).

### **III.4.4. Composición química de los fertilizantes usados en este trabajo.**

Se utilizaron como fertilizantes el sulfato de amonio, superfosfato de calcio simple y cloruro de potasio, por ser los más utilizados en la agricultura mexicana.

Sulfato de amonio,  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ , contiene 20.5 % N, es soluble, poco lixiviable, además se le considera una excelente fuente de azufre. Es utilizado junto con el superfosfato, debido al incremento que favorece en la producción.

Superfosfato de calcio simple  $\text{Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2 * (\text{Ca} \text{SO}_4(2\text{H}_2\text{O}))$ , contiene 20 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , es de acción rápida, es soluble en agua y contiene, además, de 10 a 12% de azufre.

Cloruro de potasio (KCl), contiene 60% de  $\text{K}_2\text{O}$ , es soluble en agua y es el más usado en la República Mexicana (Simpson, 1991).

### **III.5. Agregación**

La agregación se define como la distribución de tamaños, la cantidad y la estabilidad de los agregados que se encuentran constituyendo la estructura del suelo (Baver y Gardner, 1980).

#### **III.5.1. Definición**

Existen muchas definiciones de “agregado”, en general todas coinciden en que un agregado es un grupo de dos o más partículas minerales primarias que presentan una cohesión mucho más fuerte entre ellas que con las partículas que las rodean (Primavesi, 1980; Diné *et al.*, 1991). También se define como la distribución de tamaños, la cantidad y la estabilidad de los agregados que se encuentran constituyendo la estructura del suelo (Baver y Gardner, 1980). La agregación da como resultado un suelo friable, que presenta un ensamblaje entre partículas y da lugar a la formación de poros, que permiten el libre movimiento de agua y aire (Primavesi, 1980).

#### **III.5.2. Formación de agregados**

El proceso involucrado en la formación de agregados es dinámico y sumamente complejo; en él intervienen factores físicos, químicos y biológicos. Para manejar y rehabilitar suelos con presencia de capas endurecidas, es necesario propiciar condiciones adecuadas para la agregación y futura formación de suelo.

Velázquez (1994), mencionó tres diferentes factores que pueden contribuir a la formación de agregados en tepetates.

1. el efecto del cementante que une las partículas minerales,
2. el aporte de materia orgánica en el abonado y
3. la acción mecánica y química de la raíz.

Primero, es fundamental mantener el espacio poroso, por lo que se necesita fracturar el material (Pimentel, 1991). Posteriormente, es esencial mantener estos fragmentos, es

decir, evitar nuevamente el encostramiento, para ello se requiere de especies vegetales que se adecuen a las condiciones del material, que ejerzan cambios físicos sobre los fragmentos como su disgregación, por efecto mecánico de las raíces. Así como también, que promuevan cambios químicos, como la microagregación, por efecto de los exudados. Por último, es necesario proveer al sustrato de abono y/o fertilizantes, para asegurar la permanencia y favorecer la formación de agregados (Velázquez, 1997).

El tamaño final de los agregados es importante ya que las partículas deben ser suficientemente finas para no obstaculizar la emergencia de las plantas y suficientemente gruesas para evitar la asfixia (Zebrowski, 1992).

### **III.5.3. Proceso involucrado en la formación de agregados.**

La estructuración de los suelos, implica un arreglo de partículas primarias (fracciones de arena, limo y arcilla) en agrupaciones secundarias (agregados, fragmentos, terrones y concreciones) que establecen una dinámica entre sí y por tanto, son susceptibles al cambio a través del tiempo (Hillel, 1982; Baver y Gardner, 1980). Existen tres factores físicos que determinan la estructuración del suelo y, como consecuencia influyen en la formación de agregados:

1. La textura, que está representada por la porción de arena, limo y arcilla.
2. La densidad real, que se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen total, sin incluir espacios porosos.
3. La densidad aparente, que es el peso del suelo por unidad de volumen, incluyendo los espacios porosos.

De acuerdo con estudios realizados en capas endurecidas y, en particular para tepetates, se han registrado valores para los factores físicos que determinan la estructura. En la mayoría de los tepetates, Zebrowski *et al.*, (1997) determinaron valores porcentuales de partículas primarias, en donde se destaca la proporción del 15 al 50 % de arcilla y del 35 al 70 % de arena más limo fino. En cuanto a la densidad real

de los tepetates, presenta valores de 2.4 g/cm<sup>3</sup> y la densidad aparente presenta valores que van de 2.5 – 2.8 g/cm<sup>3</sup>. (Nimlos y Ortiz, 1987).

Las características anteriores, junto con la presencia de una estructura masiva, en los tepetates dan como resultado:

- ✓ Una retención y transminación lenta de fluídos.
- ✓ Infiltración y aireación deficiente.
- ✓ Baja porosidad, la cantidad de macro poros disminuye y aumenta el número de micro poros. Aún aumentando el número de micro poros, la porosidad total resulta mínima.
- ✓ Ausencia de agregación (Nadler, 1993; Dinel, 1991; Hillel, 1982, citados por Herrera, 1999).

En los últimos años, los agregados se han clasificado dependiendo de las características del estudio. Los estudios físicos (porosidad y estabilidad), químicos (pH, materia orgánica) y biológicos (hongos micorrícicos) apoyan, amplían y relacionan características afines. Sin embargo, suelen presentarse tres enfoques principales para la descripción de los agregados: tamaño y forma, estabilidad y características de los poros que los constituyen (Herrera, 1999).

#### **III.5.4. Tamaño de los agregados**

Representa una característica física determinante para la dinámica del suelo, ya que dependiendo del tamaño se establecen otras características, como susceptibilidad a erosionarse y estabilidad, entre otros (Herrera, 1999). Primavesi (1980), indica que el tamaño de los agregados oscila de 0.5 a 5 mm y se caracteriza por presentar bordes redondeados, a diferencia de los terrones inorgánicos que presentan ángulos agudos en sus terminaciones, lo que ayuda a su estabilidad.

### **III.5.5. Estabilidad de los agregados**

Los agregados estables, dependiendo de las características y del tipo de cementación mantienen cualidades representativas de durabilidad, aun en presencia de factores abióticos como el viento o el agua (Singer *et al*, 1992 citado por Herrera, 1999).

Oades (1993), define la estabilidad de agregados como la durabilidad del arreglo de partículas y poros por efecto de materiales orgánicos e inorgánicos. Los materiales inorgánicos involucrados en este proceso dependen de la mineralogía de los suelos, sin embargo óxidos de hierro y aluminio promueven la cementación. En otros suelos, como en los arenosos y limosos, la biota juega un papel principal. Pimentel (1991) estableció que la presencia de materia orgánica mantiene las condiciones adecuadas para la estabilización de agregados.

### **III.5.6. Porosidad de los agregados**

Una de las cualidades que permiten diferenciar un agregado de cualquier otra unidad estructural del suelo, es la presencia de una serie de canales o estructuras vacías, llamadas poros, que componen gran parte de la forma y establecen procesos dinámicos en el suelo. Los poros en los agregados adquieren especial importancia por el hecho de mantener una dinámica entre los elementos sólidos, líquidos, coloides y gases (Oades, 1993; Primavesi, 1980; Tisdall, 1970; Fitz, 1980).

### **III.5.7. Función de la materia orgánica en la formación de agregados.**

La materia orgánica desempeña una función importante en la agregación, debido a que, como consecuencia de su descomposición y resíntesis, se producen compuestos que actúan como enlace entre la fracción mineral y se favorece la formación de agregados. Además, contribuye a corregir la deficiencia de nutrimentos esenciales para el desarrollo de especies vegetales y microorganismos (Velázquez, 2001).

### **III.5.8. Influencia de las plantas en la formación de agregados**

Las especies vegetales contribuyen decisivamente en la formación de agregados mediante el efecto del sistema radical en la fragmentación, reorganización y estabilización del material (Tisdall, 1994; Velázquez, 2001).

Las raíces de las especies vegetales y los microorganismos del suelo, agregan las partículas por medio de mecanismos complejos como adsorción, envoltura o enrollamiento físico y cementación por secreciones mucilaginosas (Hillel, 1982).

Además constituyen el nexo entre la planta y el suelo, son un sistema de fijación y llevan a cabo las funciones vitales de absorción de agua y nutrimentos, por otra parte, cuando mueren aumentan la cantidad de materia orgánica en el suelo (Velázquez, 1994). El fertilizante en forma aislada, no interviene en la estructuración de manera directa. Sin embargo, cuando se adiciona al sustrato, la disponibilidad de nutrimentos para las plantas es inmediata, lo que incrementa el desarrollo aéreo y radical de las mismas (Thompson y Troeh, 1982 citado por Velázquez, 2002).

### **III.5.9. Efecto de los compuestos orgánicos e inorgánicos en la formación de agregados.**

Los componentes orgánicos forman capas semipermeables que recubren los agregados e impiden la entrada brusca del agua a la unidad. En este proceso, la propiedad determinante es el carácter hidrofóbico de los compuestos involucrados (polisacáridos, ceras, resinas, gomas) mismos que son producidos por hongos, bacterias y raíces (Tisdalle, 1994; Velázquez, 1997). Éstos últimos influyen en la estructuración del suelo a través de mecanismos complejos como la adsorción y la envoltura o enrollamiento físico pero, principalmente, mediante la secreción de compuestos mucilaginosos que permiten la unión de partículas y microagregados en grupos muy estables (Hillel, 1982; Fitz, 1980; Narro, 1994 citados por Velázquez, 1997).

---

La materia orgánica, el humus y diversos compuestos mucilaginosos producidos por los microorganismos y plantas actúan como cementantes entre las partículas minerales del suelo y dan lugar a la formación de agregados estables. La descomposición, transformación y reorganización de los compuestos orgánicos finaliza por un lado, con su mineralización y por otro, con la formación del humus, compuesto coloidal por cuyas características es considerado como uno de los principales factores de agregación en los suelos (Bohn, 1993).

Los constituyentes orgánicos influyen en la agregación de dos formas: como agregantes cohesivos entre partículas o de grupos de ellas y a través de la formación de capas semipermeables que recubren a los agregados existentes (Tisdall, 1994; Velázquez, 1997).

Por otro lado, el efecto agregante de la arcilla se debe a sus características que la hacen actuar como un cementante, a su unión con moléculas orgánicas y a su capacidad de contracción y expansión. Cuando el suelo está húmedo las partículas de arcilla se rodean de una película de agua pero, a medida que la deshidratación tiene lugar, dicha película se vuelve muy delgada y permite el acercamiento entre partículas hasta que quedan fuertemente unidas por fuerzas cohesivas (Velázquez, 1997). Los cementantes inorgánicos forman capas que recubren los agregados existentes con lo que se incrementa la estabilidad de los mismos al impedir o graduar la entrada de agua al tepetate, que es el principal factor de desintegración de las unidades (Velázquez, 1997).

## **IV.OBJETIVOS E HIPOTESIS**

### **IV.1.Objetivo general**

Contribuir a la habilitación, para un uso florícola, del tepetate tipo duripán por medio de la aplicación de gallinaza, estiércol de bovino y fertilizantes.

### **IV.2.Objetivo particular**

- ❖ Determinar el efecto que tienen los diferentes abonos (gallinaza y estiércol de bovino), fertilizantes y la planta de clavel *Dianthus caryophyllus*, L en la formación de agregados a partir de fragmentos de tepetate.
- ❖ Determinar cómo se modifican las características químicas del tepetate por efecto de las enmiendas y la presencia del clavel.
- ❖ Evaluar el efecto que tiene la gallinaza, el estiércol de bovino y el fertilizante sobre la producción del clavel, en tepetate roturado.

### **IV.3.Hipótesis**

El abono de gallinaza, estiércol de bovino, los fertilizantes y el clavel, contribuyen a la formación de agregados a partir de tepetate fragmentado. Los abonos y el fertilizante favorecen el crecimiento de la planta de clavel.

## V. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

Tetela del Volcán tiene una topografía variada y accidentada donde dominan los tepetates. En dicha zona la actividad agrícola dominante es la fruticultura. Se han efectuado diversos trabajos de investigación sobre caracterización y estructuración de tepetate en esa zona (comunicación personal, Dr. David Flores Román 22-01-04).

### V.1. Localización

El muestreo del tepetate, tipo duripán, se realizó en el estado de Morelos (Figura 2) al sureste del municipio de Tetela del Volcán, en el paralelo  $18^{\circ} 50'21''$  N y el meridiano  $98^{\circ} 45'15''$  W y a una altitud de 1910 m.



Figura 2 Mapa del Estado de Morelos, Tetela del Volcán (circulo).

## **V.2.Fisiografía**

El estado de Morelos se encuentra en dos provincias fisiográficas: Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur (S.P.P. 1981). El municipio de Tetela del Volcán está ubicado en la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac, perteneciente a la provincia Eje Neovolcánico, caracterizada por una constitución ígnea resultado de la actividad volcánica de mediados del Terciario (S.P.P; 1981).

En todo el estado hay afloramientos de rocas ígneas recientes y sedimentarias del Cretácico inferior, siendo las volcánicas las más abundantes. En el municipio de Tetela del Volcán predominan rocas ígneas extrusivas como tobas y brechas volcánicas que datan del período Cuaternario. Por otro lado, en la zona de colecta predominan los depósitos clásticos de material volcánico, los derrames lávicos y los lahares o derrames de lodo (Marañón, 1994).

## **V.3.Hidrología y edafología**

El estado de Morelos está comprendido en la parte alta de la región hidrológica que corresponden a la cuenca del Río Balsas. En el municipio de Tetela del Volcán, los escurrimientos provenientes del Popocatepetl forman el río Jantetelco o Amatzinac, que tiene un curso de 35 km y un caudal permanente. Su cuenca hidrológica abarca todo el municipio, además de una serie de arroyos de caudal temporal (S.G.G.M. 1988).

En el estado, los suelos más abundantes son los Feozem, Regosoles, Luvisoles, Andosoles, Rendzina y Vertisoles (S.P.P; 1981). En Tetela del Volcán, los suelos corresponden a climas semicálidos y templados húmedos y son Luvisoles de origen volcánico.

## **V.4.Clima**

El Estado de Morelos presenta climas cálidos, semicálidos, templados y semifríos. En la zona de estudio el clima es templado húmedo, Cb (m)(w)ig (García, 1988), el más

húmedo de los templados con lluvias en verano y menos del 5% de lluvias en invierno. La mayor incidencia pluvial se presenta en julio con una precipitación de 330 a 380 mm y la menor en febrero y diciembre con un valor menor de 10 mm. La precipitación media anual es de 1200 a 1800 mm.

La temperatura media anual oscila entre 14 y 20°C. Los meses más cálidos son marzo, abril, mayo y junio, con una temperatura de 15 a 19°C y el más frío es diciembre con una temperatura de 10 a 15°C (S.P.P; 1981).

### **V.5.Vegetación**

Gran parte del suelo del estado de Morelos actualmente está ocupado por la agricultura, motivo por el cual, la vegetación no es muy diversa. En el municipio de Tetela del Volcán, la vegetación está conformada por bosques de oyamel, bosques de pino-encino, bosque de encino-pino, bosque de pino, vegetación secundaria, agricultura de riego, agricultura de temporal y selva baja caducifolia (S.P.P; 1981; Rzendowski, 1990).

### **V.6.Uso de suelo**

Del total de la superficie del estado de Morelos, el 60 % son tierras con capacidad agrícola. En la zona de recolecta, el uso principal del suelo es agrícola. Se considera que el 85% del suelo está dedicado a la agricultura de tracción animal continua y un 15 % a la agricultura mecanizada continua (Marañón, 1994).

---

## VI. METODOLOGIA

Este trabajo se llevó a cabo en condiciones de invernadero en el Departamento de Edafología del Instituto de Geología de la UNAM, durante seis meses.

### VI.1. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental trifactorial 2 x 3 x 3:

- ❖ 2 Especie Vegetal (con planta y sin planta),
- ❖ 3 Abono (con bovino, con gallinaza y sin abono),
- ❖ 3 Fertilizante (con fertilizante en dosis normal, con fertilizante en dosis alta, sin fertilizante),

Con arreglo de los tratamientos completamente al azar y tres repeticiones.

Los factores a estudiar fueron: a) plantas, b) abonos, y c) fertilizantes.

- ❖ planta: sin y con
- ❖ abonos: sin, bovino y gallinaza
- ❖ fertilizantes: sin, dosis normal y dosis alta.

De la combinación de los factores y niveles resultaron 18 tratamientos. La Tabla 4 muestra la descripción de los tratamientos estudiados, y las combinaciones posibles de los factores de estudio.

**Tabla 4 Descripción de los tratamientos estudiados.**

Tratamiento	Descripción	Clavel	Estiércol	Fertilizante	Clave
1	Testigo absoluto	No	Sin estiércol	0	TA
2	Testigo con fertilizante	No	Sin estiércol	1	TF1
3	Testigo con fertilizante	No	Sin estiércol	2	TF2
4	Testigo con bovino	No	Bovino	0	TB
5	Testigo con bovino y fertilizante	No	Bovino	1	TBF1
6	Testigo con bovino y fertilizante	No	Bovino	2	TBF2
7	Testigo con gallinaza	No	Gallinaza	0	TG
8	Testigo con gallinaza y fertilizante	No	Gallinaza	1	TGF1
9	Testigo con gallinaza y fertilizante	No	Gallinaza	2	TGF2
10	Clavel	Clavel	Sin estiércol	0	C
11	Clavel con fertilizante	Clavel	Sin estiércol	1	CF1
12	Clavel con fertilizante	Clavel	Sin estiércol	2	CF2
13	Clavel con bovino	Clavel	Bovino	0	CB
14	Clavel con bovino y fertilizante	Clavel	Bovino	1	CBF1
15	Clavel con bovino y fertilizante	Clavel	Bovino	2	CBF2
16	Clavel con gallinaza	Clavel	Gallinaza	0	CG
17	Clavel con fertilizante y gallinaza	Clavel	Gallinaza	1	CGF1
18	Clavel con fertilizante y gallinaza	Clavel	Gallinaza	2	CGF2

## VI.2.Unidad experimental

Estuvo constituida por una maceta con capacidad para 6 kg, en la cual se agregó 5 kg de tepetate fragmentado y 3 plantas de clavel, incrementando así las posibilidades del establecimiento de al menos una de las plantas.

## VI.3.Establecimiento del experimento

Se recolectó el tepetate en la zona de Tetela del Volcán (Ilustración 1). Una vez en el invernadero del Instituto de Geología de la UNAM, se fragmentó el material con ayuda de un martillo (Ilustración 2). En la Ilustración 3 se observa como se pasó el material

resultante por diferentes tamices para así dejar sólo el que pasó por la malla de 1 cm y que era más grueso que 2.0 mm. El material más fino se desechó pues partículas tan pequeñas dificultan el crecimiento radical y el movimiento del agua, propiciando la formación de costras superficiales (Velázquez, 2002).



**Ilustración 1 Muestreo de tepetate en Tetela del Volcán**



**Ilustración 2 Fragmentación del tepetate**



Ilustración 3 Tamizado del material

Posteriormente, se agregaron 5 kg de tepetate fragmentado en macetas de 6 kg sin orificios, para evitar la pérdida de agua, de materia orgánica y de partículas minerales. Después, se mezcló el tepetate con la dosis de estiércol de bovino y/o gallinaza equivalente a 50 ton/ha que correspondió a cada maceta, estos cálculos se hicieron con base en los requerimientos nutrimentales de la planta. En los tratamientos que incluyeron el fertilizante en dosis media (1) éste se incorporó en una solución de 200 ml de agua y se aplicó al tepetate, siendo la fórmula de 200-190-250. Se agregaron a la maceta 1.889 g de sulfato de amonio (N), 2.375 g de super fosfato de calcio simple ( $P_2O_5$ ), 1.035 g de cloruro de potasio ( $K_2O$ ). Aquellos tratamientos que requirieron fertilizante en dosis alta (2) la fórmula fue 250-237-312.5. A la maceta se agregó 3.042 g (N), 2.96 g ( $P_2O_5$ ), 1.301 g ( $K_2O$ ). El total del volumen de la fórmula de fertilización se aplicó en dos partes: la primera en la fase de crecimiento vegetativo (una semana después del transplante)(Tabla 5) y la segunda previo a la floración, a los 60 días de establecido el experimento (Tabla 6).

Tabla 5 Fórmula aplicada al momento del transplante.

Dosis normal	Dosis alta
1.82 g de N	2.28 g de N
0.875 g de $P_2O_5$	1.09 g de $P_2O_5$
0.41 g de $K_2O$	0.52 g de $K_2O$

Tabla 6 Fórmula aplicada antes de la floración.

Dosis normal	Dosis alta
0.609 g de N	0.762 g de N
1.5 g de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.87 g de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
0.625 g de K <sub>2</sub> O	0.781 g de K <sub>2</sub> O

Se transplantaron 3 esquejes (considerando el tamaño de la maceta y la cantidad de tepetate) de clavel variedad Nelson y Delphi, por maceta (Ilustración4), previa exposición a un enraizador marca Radix (Ácido Indo-3-Butírico 10,000 ppm) para asegurar su establecimiento.

Se regaron todas las macetas cada vez que éstas lo necesitaron (Ilustración 5).

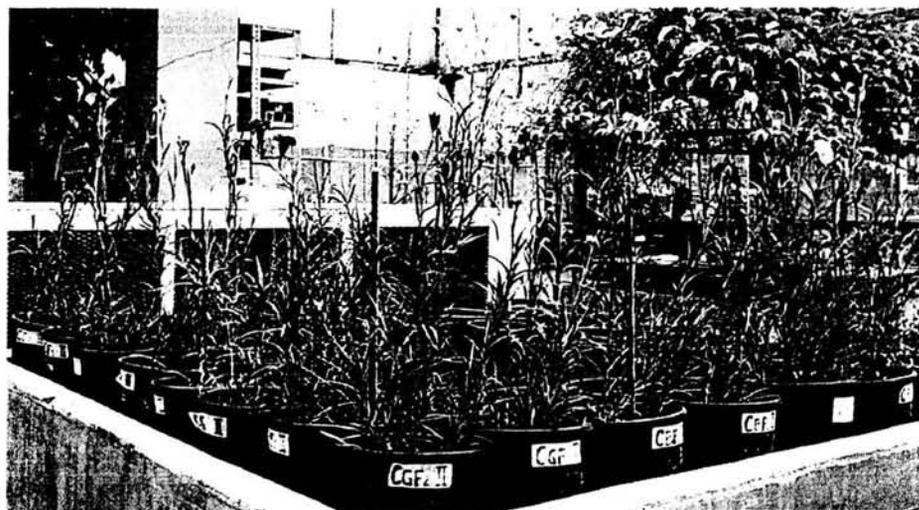


Ilustración 4 Transplante de claveles

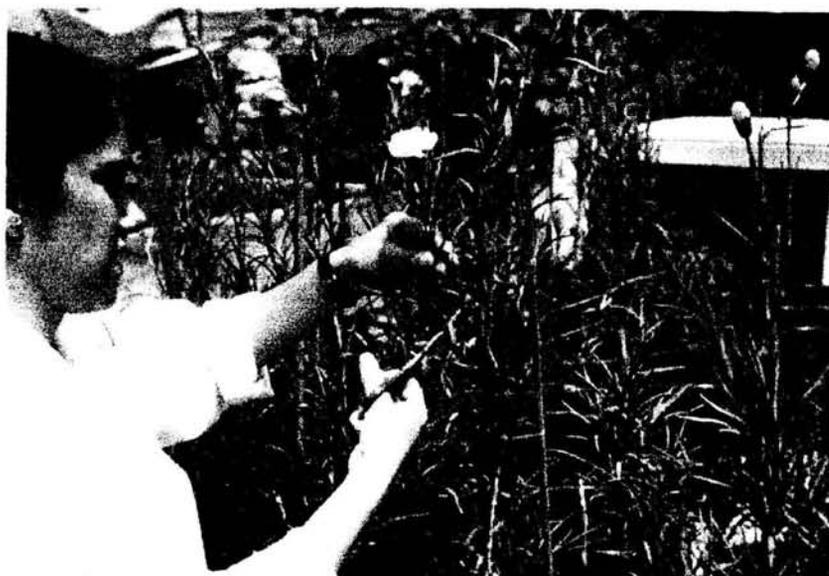


**Ilustración 5 Riego de los claveles**

Al brotar una flor se midió el diámetro de ésta y la altura del eje floral. Posteriormente se guardó en bolsas de papel y se metió a la estufa a 60°C hasta peso constante, para obtener el peso seco. Al término del experimento se midió la altura de la planta desde la base, se metió en bolsas y se obtuvo el peso seco de la parte aérea. Por otra parte, en el invernadero, se dejó secar al aire el tepetate sobre periódico. Se obtuvieron las raíces del clavel, las cuales se metieron en bolsas de papel a la estufa hasta obtener el peso seco. Dichos parámetros nos indican la productividad del clavel (Ilustración 6 e Ilustración 7). Una vez seco el tepetate se mezcló perfectamente y se tomó una muestra representativa para los análisis de laboratorio.



**Ilustración 6 Observación del crecimiento de las plantas**



**Ilustración 7 Corte de claveles**

Al término del experimento los parámetros que se consideraron para evaluar el crecimiento del clavel fueron:

- Altura de la planta (Centímetros)
- Altura del eje floral (Centímetros)
- Peso seco de la parte aérea (Gramos)
- Peso seco de la parte radical (Gramos)
- Flores por maceta (Número)

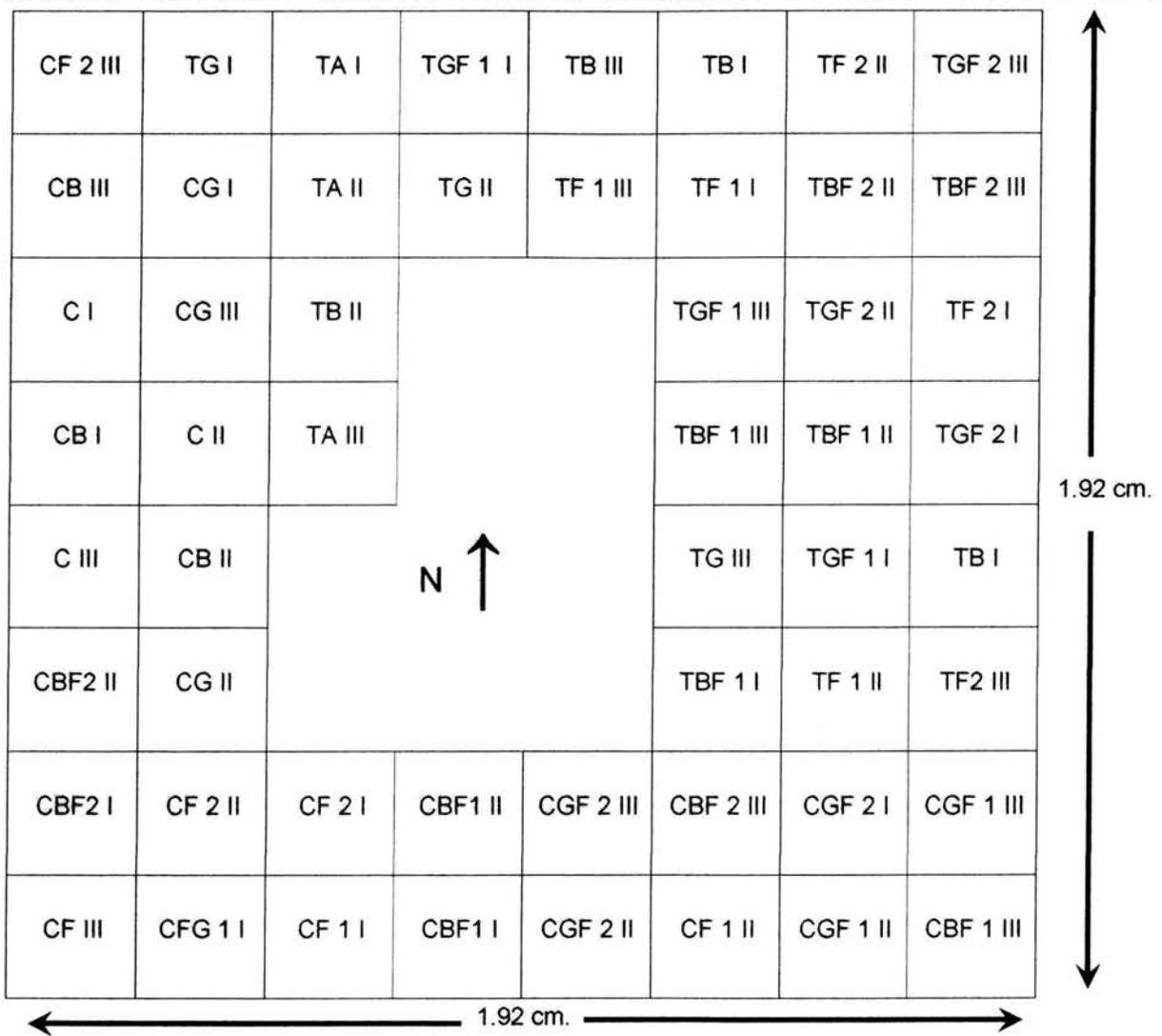
- 
- Diámetro de las flores (Centímetros)

Cabe señalar que al ser muy pequeño el número de flores por planta, se decidió tomar el valor total de flores por maceta, ya que existieron plantas que no florecieron.

Por otra parte, una vez seco el tepetate se realizaron las siguientes determinaciones físicas con base en Sparks, (1996) y químicas con base en Klute, (1998) al final del experimento:

- Color en seco y húmedo.
- Textura.
- Densidad aparente por el método de la probeta.
- Densidad real por el método del picnómetro.
- Porcentaje de materia orgánica por el método de Walkley y Black.
- Determinación del pH en solución acuosa y KCl en proporción 2:1 con un potenciómetro marca Orion, modelo 920 A.
- Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) por centrifugación, saturando con CaCl y titulando con EDTA 0.1.
- Bases intercambiables por determinación del extracto obtenido por centrifugación con NaCl. El  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  se determinaron por titulación con Edta 1N pH 7 y el  $\text{Na}^+$  y el  $\text{K}^+$  por flamometría con un flamómetro marca Corning modelo 400.
- Agregación en seco, por el método de Savvinov.
- Estabilidad en húmedo de los agregados, por método modificado de Yoder (cuya modificación consiste en hacer manualmente la inmersión de la pila de tamices dentro de un recipiente grande con agua).

En la Figura 3 se observa la distribución de los tratamientos en el invernadero. El periodo de experimentación fue de 6 meses y una etapa inicial, la cual representa el tepetate en estado original.



**Figura 3 Distribución de los tratamientos en el invernadero**

El análisis estadístico de los datos, consistió en un análisis de varianza para ver los efectos de los tratamientos sobre el desarrollo de las plantas de clavel y una prueba de comparación de medias de Tukey, para ver diferencias entre las medias.

## VII.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El utilizar un diseño experimental trifactorial, con los tratamientos completamente al azar, con tres repeticiones, permitió obtener resultados más evidentes respecto a las combinaciones de las variables y tener una mayor confiabilidad en las repeticiones.

El experimento se llevó a cabo en invernadero y esto fue favorable pues, al ser un trabajo pionero en el empleo de plantas ornamentales, era necesario propiciar las condiciones más adecuadas para éstas. Además, al utilizar macetas sin perforaciones se evitó la pérdida de materia orgánica y partículas minerales.

En la Tabla 7 se muestran los resultados de la caracterización física y química obtenidos en este trabajo para el tepetate tipo duripán en la etapa inicial y en la etapa final.

En cuanto a color, textura, densidad real, materia orgánica y pH, no hubo variación significativa, lo cual pudo deberse a que el tiempo de experimentación fue insuficiente para registrar alguna modificación. En cambio, en la CIC se observó una disminución y esto se atribuye a procesos de microagregación, lo cual promueve que las partículas de menor tamaño, como las arcillas se unan, teniendo una menor superficie de reacción, disminuyendo la CIC (Acevedo *et al.*, 2001). En las bases intercambiables y el porcentaje de saturación de bases los valores fueron más altos que en la etapa inicial, los cuales se vieron influenciados por el aporte de los abonos y el fertilizante. Al respecto, los valores serán discutidos de manera particular para cada parámetro.

**Tabla 7 Determinaciones físicas y químicas del tepetate en estado inicial y final del experimento.**

	Textura %			Color							Bases intercambiables cmol+ kg-				Saturación de Bases %
	Arena	Limo	Arcilla	Seco	Húmedo	Densidad Aparente kg/m <sup>3</sup>	Densidad Real kg/m <sup>3</sup>	pH	Materia orgánica %	CIC cmol+ kg-	Ca	Mg	Na	K	
Etapa inicial	49	27	23	10YR 6/4	10YR 4/4	1.7	2.3	7.1	0.3	22.7	11.5	7.2	1.3	1.0	92.4
Etapa final	49	27	23	10YR 6/6	10YR 3/4	1.4	2.3	7.0	0.2	19.0	12.7	9.9	1.5	1.9	136.7

Las características del tepetate, en general, de acuerdo con García *et al.* (2000) fueron: textura franco arenoso; pH de ligeramente alcalino a alcalino, 7.2 a 8.5; con bajos contenidos de fósforo y materia orgánica, no así para los cationes alcalinos y alcalinotérreos. De acuerdo con el análisis químico realizado a algunos tepetates tipo duripán, los porcentajes de materia orgánica y N total (menor de 0.3 y 0.04% respectivamente) que exhiben, son bajos. El Ca, Mg y K intercambiables están en niveles altos (sus medias son 2.35, 20.83 y 11.59 cmol/kg respectivamente) y los niveles de P extractable Olsen son bajos (menos de 5 ppm), el Mn extractable y el Fe son adecuados para el establecimiento de plantas. Los porcentajes de arcilla de los tepetates varían de 20 a 45 (Etchevers, 1992 citado por Acevedo 1997). Algunos de los resultados descritos anteriormente coinciden con los obtenidos en este trabajo, y esto corrobora algunas de las características físicas y químicas del tepetate. Sin embargo, en las bases intercambiables los valores obtenidos fueron diferentes a los reportados pero éstos se analizarán más adelante.

Velázquez, (1994) mencionó que los tepetates presentan una estructura masiva y carecen de cantidades apropiadas de materia orgánica por lo que el establecimiento de especies vegetales, en conjunto con el abono, constituyen una aportación en la formación y estabilidad de agregados. Cuando predominan tamaños de 2 a 5 mm, se incrementa la cementación por acción de la materia orgánica, resultando un buen manejo en la recuperación de zonas para la actividad agrícola en suelos endurecidos. Esto coincide con los resultados obtenidos pues se logró el establecimiento de una planta ornamental por medio de abonos y fertilizantes.

En cuanto a los resultados del análisis de varianza de las variables físicas y químicas del tepetate, la Tabla 8, muestra en que casos se presentaron diferencias significativas y en cuáles no.



## VII.1. Características químicas

De acuerdo con Tamhane et al (1986) y Etchevers et al (1992), las características químicas más importantes como método aceptado para determinar la fertilidad de los suelos son el potencial de hidrógeno (pH), la materia orgánica, la capacidad de intercambio cationico y el porcentaje de saturación de bases.

### VII.1.1. Potencial de hidrogeno

El análisis de varianza de los resultados del tepetate (Tabla 8) indicó que el abono, el fertilizante y la combinación de ambos tuvieron un efecto significativo sobre el pH. En la Tabla 10 se observan los resultados de pH en agua de los tratamientos estudiados. El valor más alto fue de 7.2 y el más bajo de 6.1, lo cual indica que el sustrato va de medianamente ácido a neutro. Esto corresponde a un intervalo adecuado para la mayoría de los cultivos, máxima disponibilidad de nutrimentos y mínimos efectos tóxicos, de acuerdo con Porta (1999) y Benton (2001). El testigo absoluto (TA) tuvo un valor de 7, esto indica que el tepetate en estado natural fue neutro. Esto coincide con lo reportado por Etchevers *et al.*, 1997, quien mencionó que el pH puede ser neutro, muy ligeramente ácido o muy ligeramente alcalino.

**Tabla 10** pH (agua) en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey)

POTENCIAL DE HIDROGENO pH							
TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR	TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR
TA	7.0	b	0.21	C	7.0	b	0.04
TF1	6.3	f	0.12	CF1	6.4	f	0.16
TF2	6.1	g	0.04	CF2	6.1	g	0.08
TB	7.1	a	0.06	CB	7.2	a	0.14
TBF1	6.8	c	0.25	CBF1	6.8	c	0.05
TBF2	6.6	d	0.11	CBF2	6.6	d	0.04
TG	6.9	b	0.26	CG	7.0	b	0.02
TGF1	6.3	f	0.20	CGF1	6.4	f	0.04
TGF2	6.8	c	0.35	CGF2	6.6	d	0.15

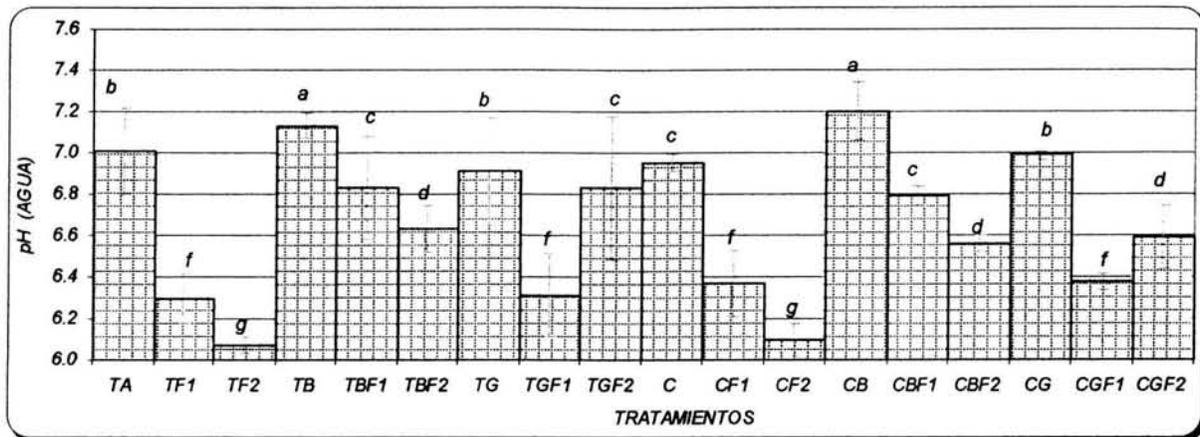
En la Figura 4 los valores más altos y estadísticamente diferentes fueron obtenidos por los tratamientos CB (clavel con estiércol de bovino) y TB (testigo con bovino) siendo éstos mayores que el TA (testigo absoluto).

---

Los valores que fueron estadísticamente equivalentes al TA fueron C (clavel), CG (clavel con estiércol de gallina) y TG (testigo con gallinaza). Se observó que conservaron la neutralidad original, condición que se presenta en la mayoría de los tepetates.

Se puede agrupar los valores de pH entre 6.8 y 6.6 a los siguientes tratamientos: TBF1 (testigo con estiércol de bovino y fertilizante en dosis normal), TBF2 (testigo con bovino y fertilizante en dosis alta), TGF2 (testigo con gallinaza y fertilizante en dosis alta), CBF1 (clavel con bovino y fertilizante en dosis normal), CBF2 (clavel con bovino y fertilizante en dosis alta), CGF2 (clavel con gallinaza y fertilizante en dosis alta). Todos los tratamientos mencionados tuvieron fertilizante, en dosis normal y alta, en su mayoría sin planta que lo absorbiera. Por tal razón acidificaron ligeramente el tepetate, lo cual coincide con Díaz (2001) quien mencionó que el efecto pudo ser debido en lo que al fertilizante se refiere a la acción del sulfato de amonio, pues es un fertilizante de reacción ácida.

Finalmente, con TF1 (testigo con fertilizante en dosis normal), TF2 (testigo con fertilizante en dosis alta), TGF1 (testigo con gallinaza y fertilizante en dosis normal), CF1 (clavel con fertilizante en dosis normal), CF2 (clavel con fertilizante en dosis alta), CGF1 (clavel con gallinaza y fertilizante en dosis normal) el pH disminuyó significativamente respecto al TA siendo menores o iguales a 6.4. Estos resultados coinciden con Velázquez (1997), quien mencionó que al no haber planta, pero sí estiércol y fertilizante tiende a disminuir el pH hacia la acidez. El efecto del estiércol y del fertilizante da diferencias significativas. La presencia ya sea del estiércol, del fertilizante o de la combinación de ambos, tuvo un efecto acidificante sobre el medio (Wild, 1992). Por otro lado, Gaucher (1971), comentó que la respiración radical siempre tiende a acidificar el medio.



**Figura 4** pH (agua) en los tratamientos estudiados.

\* Barras con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

De manera general, en este trabajo se considera que los valores obtenidos de pH no se modificaron de una manera drástica comparando los resultados con el testigo absoluto (TA). Cabe señalar que el pH fue adecuado para el establecimiento del clavel ya que logró desarrollarse satisfactoriamente y esto se corrobora con lo reportado por Larson (1988), quien indicó que el pH ideal para el clavel es de 6.5 a 7.5.

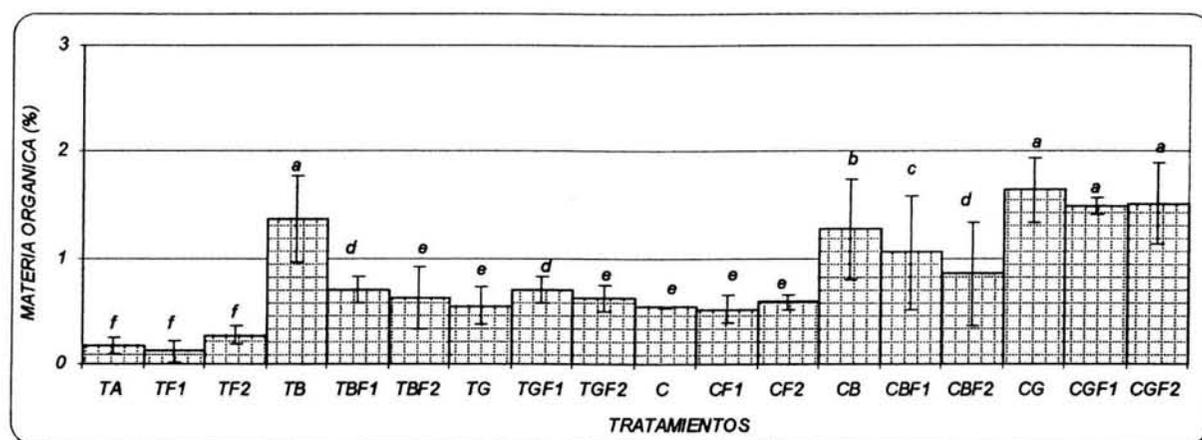
**VII.1.2. Materia orgánica**

En el análisis de varianza (Tabla 8) se reflejó que la especie, el abono y la combinación de ambos tuvieron un efecto significativo. En la Tabla 11 los valores mostraron un incremento de materia orgánica en el tepetate (respecto al contenido inicial) por efecto de los tratamientos. Dicho incremento coincidió con lo observado por García (2001) y Díaz (2001), quienes mencionaron que tanto las especies vegetales como las enmiendas orgánicas, favorecen la acumulación de materia orgánica en estos materiales. Como se sabe la materia orgánica es de gran importancia debido a su intervención en procesos como formación y estabilización de los agregados, intercambio catiónico, suministro de energía, nutrimentos y protección contra la degradación del suelo por erosión lo que favorece el crecimiento de las plantas y la penetración de las raíces, entre otros (Porta, 1999).

Tabla 11 Porcentajes de materia orgánica en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).

MATERIA ORGANICA							
TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR	TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR
TA	0.17	f	0.08	C	0.54	e	0.01
TF1	0.12	f	0.10	CF1	0.52	e	0.13
TF2	0.27	f	0.08	CF2	0.59	e	0.07
TB	1.37	a	0.40	CB	1.27	b	0.47
TBF1	0.70	d	0.12	CBF1	1.05	c	0.54
TBF2	0.62	e	0.30	CBF2	0.85	d	0.49
TG	0.55	e	0.18	CG	1.64	a	0.30
TGF1	0.70	d	0.13	CGF1	1.49	a	0.08
TGF2	0.62	e	0.13	CGF2	1.51	a	0.38

En la Figura 5 los valores más altos y estadísticamente diferentes fueron obtenidos con los tratamientos TB, CB, CBF1, CG, CGF1 y CGF2 donde todos fueron superiores al 1% y significativamente mayores que el valor del testigo absoluto, (0.17 %). Este cambio pudo deberse a las aportaciones de material orgánico que le brindó principalmente la planta aunado a la adición de los abonos aplicados.



**Figura 5** Porcentajes de materia orgánica en los tratamientos estudiados.

•Barras con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

Estos resultados coinciden con Aguilera (1989) quien explicó que la materia orgánica de los suelos se forma y acumula por la incorporación de residuos vegetales. Bohn (1993), comentó que la materia orgánica contribuye al crecimiento de la vegetación. Por otro lado, como mencionó García (2001) el estiércol es materia orgánica que al adicionarse al tepetate, una parte se queda en el material y la otra brinda nutrientes para la planta. De igual manera, Herrera (1999) indicó la importancia del estiércol en relación con algunas propiedades del suelo y destacó también el aumento de materia orgánica al aplicarlos al tepetate. Navarro (1995) citado por Herrera (1999) reveló que el agregar abonos orgánicos a los tepetates resultó benéfico para su estructuración, también sugiere que la combinación de fertilizante químico con abonos constituye un aporte inmediato de nutrientes para la planta.

Posteriormente se encuentran los tratamientos: TBF1, TBF2, TG, TGF1, TGF2, C, CF1, CF2 y CBF2 los cuales también fueron significativamente mayores que el TA pero con valores menores de 1 %. Se observó que hubo un incremento en la materia orgánica debido a los abonos aplicados y en menor proporción a la planta. Sin embargo, la mayoría tuvo fertilizante y no se observó un incremento de materia orgánica como en los tratamientos superiores al 1%, debido probablemente como menciona García (2001) a que la planta necesita mayor cantidad de nutrientes para poder desarrollarse, por lo que además de tomarlos del fertilizante, lo hizo de la materia orgánica que se

encontraba en el tepetate (cuando los tratamientos eran combinados) provocando un incremento en la materia orgánica significativamente menor al del primer grupo.

Finalmente, se encuentran TF1 y TF2 que fueron estadísticamente equivalentes al TA los cuales al no tener ni abonos ni planta, sus valores fueron significativamente más bajos. Además, al sólo tener fertilizante, éste aporta nutrimentos de absorción directa para la planta, pero no aporta materia orgánica al tepetate (Potash and Phosphate Institute, 1997). Esto coincide con Zebrowski, (1997) quien mencionó que los tepetates son prácticamente carentes de materia orgánica.

De manera general, en este trabajo se observó que la aplicación de abonos incrementó la materia orgánica y el aporte de nutrimentos que se vió reflejado en el crecimiento del clavel. También que la aplicación de abonos y fertilizantes facilitó la obtención de nutrimentos para la planta de manera inmediata, sin embargo, la materia orgánica es proporcionada por los abonos.

**VII.1.3. Capacidad de intercambio catiónico.**

El análisis de varianza (Tabla 8) mostró que en la capacidad de intercambio catiónico sólo tuvo efecto significativo la especie, mientras que el abono y el fertilizante no tuvieron efecto. Como se sabe la CIC es la capacidad que tiene el suelo de retener e intercambiar cationes (Potash & Phosphate Institute, 1997); se expresa en centimoles por kilogramo ( $\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$ ). Esto confiere al suelo el control de la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Porta, 1999), también permite saber acerca del tipo de arcilla presente, el contenido de materia orgánica y el grado de intemperismo de los suelos (Benton, 2001). En la Tabla 12 se exponen los resultados de capacidad de intercambio catiónico en los tratamientos estudiados.

Tabla 12 Capacidad de Intercambio Catiónico en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO							
TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR	TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR
TA	19	c	0.87	C	18.67	c	0.76
TF1	18.17	c	2.31	CF1	20	b	3.61
TF2	18.17	c	3.21	CF2	20	b	1.89
TB	19	c	2.18	CB	20.67	b	1.04
TBF1	20.5	b	0.50	CBF1	19.83	b	0.76
TBF2	17.67	c	1.26	CBF2	20.33	b	1.61
TG	17.33	d	0.29	CG	21.17	a	1.04
TGF1	18.5	c	1.32	CGF1	19	c	2.00
TGF2	19.67	d	2.02	CGF2	18.67	c	1.53

En la Figura 6 se observa que el valor significativamente más alto se obtuvo con el tratamiento CG ( $21.17 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ), respecto al testigo absoluto. Después se encuentran los tratamientos TBF1, TGF2, CF1, CF2, CB, CBF1, CBF2 los cuales fueron significativamente mayores que el TA y tuvieron valores mayores que  $19.5 \text{ (cmol}^+ \text{ kg}^{-1})$ . En estos tratamientos el incremento puede atribuirse a la presencia del abono, pues como indicó Porta (1999) la materia orgánica tiene una alta capacidad de adsorción. También, Bohn (1993) indicó que la materia orgánica es una fuente con capacidad de intercambio de cationes, debido a que éstas tienen una carga neta negativa y por consiguiente atraen iones con carga positiva. Además, Flores *et al.*, 1991, mencionó

que los tepetates tienen un alto contenido de arcillas y materiales amorfos, esto permite que en estado natural los tepetates tengan una alta CIC.

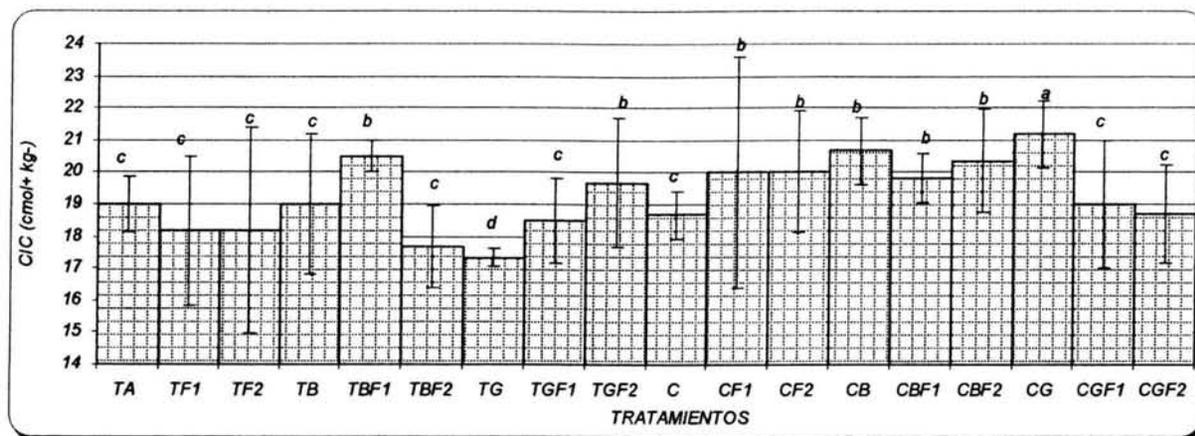


Figura 6 CIC en los tratamientos estudiados.

\* Barras con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

Posteriormente se encuentran TF1, TF2, TB, TGF1, C, CGF1, CGF2 estadísticamente equivalentes al TA y cuyos valores se encuentran entre 17.6 y 19 (cmol+ kg<sup>-1</sup>), mientras que TG fue estadísticamente menor al TA (17.3 cmol+ kg<sup>-1</sup>). Esto muestra que los tepetates en estado natural tienen una CIC de media a alta y se corrobora con lo dicho por Cottenie (1980).

CIC de acuerdo con Cottenie (1980)

- muy baja            menor 5
- baja                5 – 15
- media              15 – 20
- alta                20 – 40
- muy alta          mayor 40

#### VII.1.4. Bases intercambiables

Las bases intercambiables son indicadores en la evaluación de la fertilidad del suelo o de una capa endurecida, debido a que reflejan el contenido de nutrimentos disponibles para las plantas (Velázquez, 2002).

De manera general, se observó en el análisis de varianza que todos los factores excepto el fertilizante, tuvieron un efecto significativo sobre el contenido de bases intercambiables del tepetate. Además, en el caso del sodio, el potasio y el calcio, el efecto fue altamente significativo, mientras que en el del magnesio, sólo fue significativo. A continuación se describirán los resultados para cada una de las bases y la discusión se muestra al final de ésta.

##### VII.1.4.1. Sodio

El análisis de varianza (Tabla 8) reflejó que respecto al sodio la especie, y las combinaciones de especie/abono, especie/fertilizante, abono/fertilizante y especie/abono/fertilizante tuvieron un efecto significativo. En la Tabla 13 y la Figura 7 se exponen los valores de sodio para los tratamientos estudiados. Como se observa, los valores significativamente mayores que el TA y estadísticamente diferentes fueron obtenidos con los tratamientos TB, TBF2, CF2, CBF1, CGF2. Posteriormente, los tratamientos: TF1, TGF1, TGF2, C, CF1, CBF2, CGF1, fueron estadísticamente equivalentes al TA con valores entre 1.49 y 1.34, mientras que TF2, TBF1, TG, CB, CG, presentaron valores estadísticamente menores que el TA.

Tabla 13 Sodio en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).

BASES INTERCAMBIABLES SODIO							
TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR	TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR
TA	1.47	d	0.08	C	1.47	d	0.23
TF1	1.49	d	0.12	CF1	1.38	d	0.2
TF2	1.17	e	0.04	CF2	1.52	c	0.2
TB	1.8	b	0.27	CB	1.26	e	0.16
TBF1	1.21	e	0.15	CBF1	1.9	a	0.18
TBF2	1.61	c	0.14	CBF2	1.36	d	0.16
TG	1.17	e	0.04	CG	1.3	e	0.13
TGF1	1.34	d	0	CGF1	1.43	d	0.26
TGF2	1.39	d	0.08	CGF2	2	a	0.23

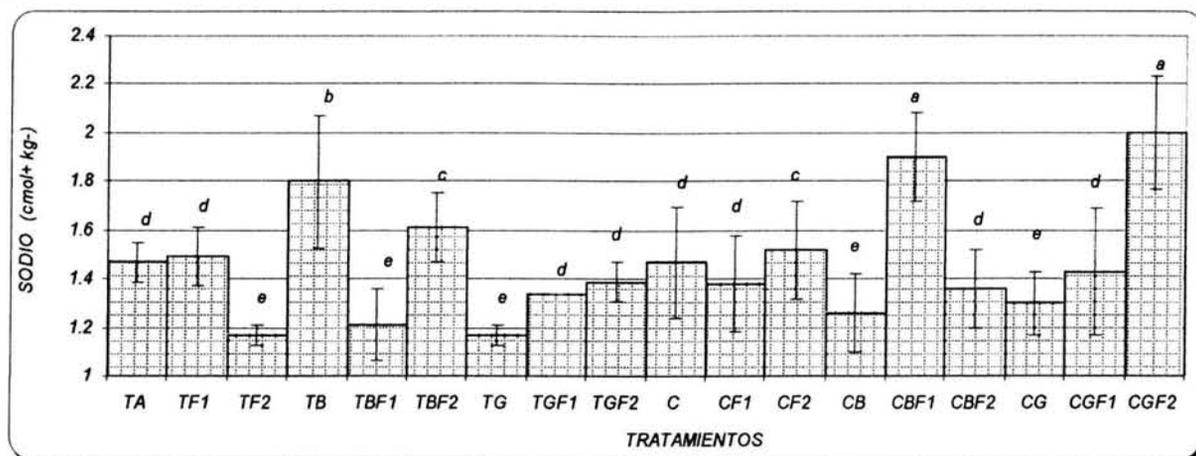


Figura 7 Sodio en los tratamientos estudiados.

\* Barras con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

#### VII.1.4.2. Potasio

El análisis de varianza (Tabla 8) reflejó que respecto al potasio la especie, el abono, el fertilizante y la combinación de especie/abono/fertilizante tuvieron un efecto significativo. Los tratamientos sin planta presentaron valores mayores que los tratamientos con planta (Tabla 14 y Figura 8). De manera general, se agrupan los tratamientos tomando como referencia el testigo absoluto, siendo estadísticamente mayores TF1, TB, TBF1, TBF2, TG, TGF1, TGF2, CB, CBF1, CBF2, CGF1, CGF2, mientras que los tratamientos que obtuvieron valores significativamente menores que 1.9 fueron TF2, C, CF1, CF2, CG.

Tabla 14 Potasio en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).

BASES INTERCAMBIABLES POTASIO							
TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR	TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR
TA	1.9	g	0.27	C	1.81	g	0.25
TF1	2.08	f	0.11	CF1	1.3	h	0.03
TF2	1.8	g	0.18	CF2	1.71	g	0.23
TB	3.59	b	0.53	CB	2.49	e	0.65
TBF1	3.09	d	0.16	CBF1	3.42	c	0.90
TBF2	4.06	a	0.19	CBF2	2.82	d	0.46
TG	2.28	f	0.12	CG	1.7	d	0.31
TGF1	2.48	e	0.34	CGF1	2.05	f	0.05
TGF2	2.53	e	0.10	CGF2	2.89	d	0.35

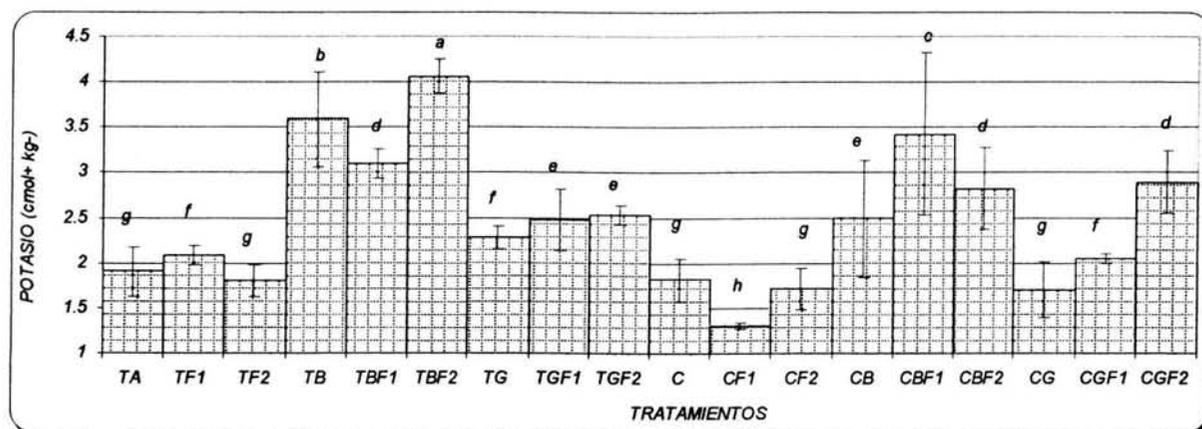


Figura 8 Potasio en los tratamientos estudiados.

\* Barras con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

### VII.1.4.3. Calcio

El análisis de varianza (Tabla 8) reflejó que respecto al calcio la especie, el abono y las combinaciones de especie/fertilizante y abono/fertilizante tuvieron un efecto significativo. Se observa en la Tabla 15 y la Figura 9 que hubo diferencia estadística entre los tratamientos con planta y sin planta excepto en TBF2 – CBF2, TGF1 – CGF1, TGF2 – CGF2 ya que estos tratamientos fueron estadísticamente equivalentes. Los valores estadísticamente mayores fueron con TB, CGF2 y TGF2, éstos mayores que TA, mientras que los tratamientos que fueron estadísticamente equivalentes al TA fueron TF1, TBF2, TG, TGF1, CBF1, CBF2 y CGF1. Finalmente el TBF1, C, CF1, CF2, CB, CG y TF2 tuvieron los valores estadísticamente menores que el TA.

Tabla 15 Calcio en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).

BASES INTERCAMBIABLES CALCIO							
TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DES.V. ESTANDAR	TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DES.V. ESTANDAR
TA	12.67	b	0.76	C	11.17	c	1.26
TF1	12.83	b	1.53	CF1	11.55	c	1.46
TF2	11	d	0.55	CF2	11.17	c	0.58
TB	14	a	0.50	CB	11.17	c	1.36
TBF1	11.9	c	0.82	CBF1	13	b	1.50
TBF2	13	b	0.50	CBF2	12.63	b	0.55
TG	12.82	b	1.77	CG	12.08	c	1.45
TGF1	12.65	b	0.55	CGF1	12.47	b	1.27
TGF2	14.3	a	0.95	CGF2	14	a	0.00

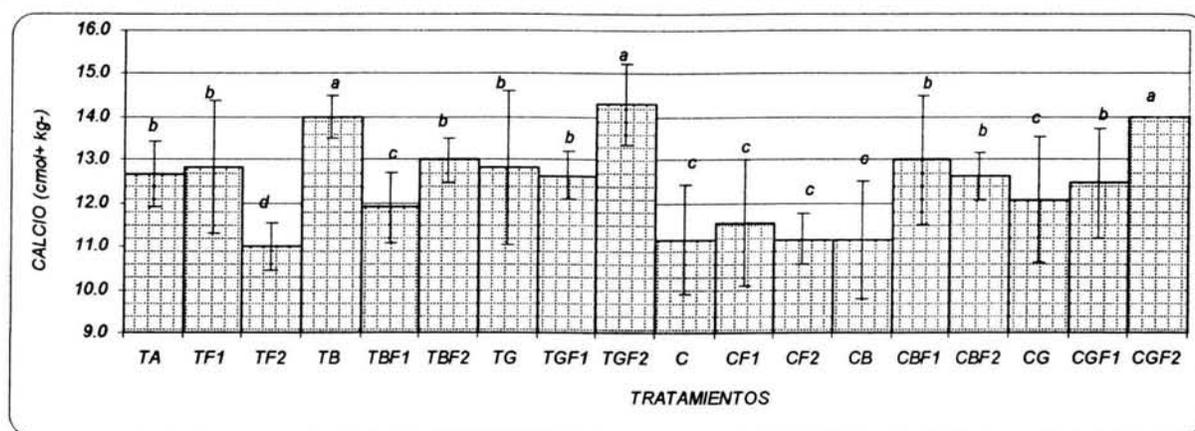


Figura 9 Calcio en los tratamientos estudiados.

- Barras con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

#### VII.1.4.4. Magnesio

El análisis de varianza (Tabla 8) reflejó que respecto al magnesio sólo las combinaciones de especie/abono, especie/fertilizante, abono/fertilizante y especie/abono/fertilizante tuvieron efecto significativo. De manera general, en la Tabla 16 y la Figura 10 se observó cómo los tratamientos con planta presentaron una disminución de magnesio excepto por TBF1 – CBF1, TGF1 – CGF1 y TGF2 – CGF2. Los valores estadísticamente mayores que TA se presentaron con TB, TBF2, CGF2. El valor que fue estadísticamente equivalente al testigo absoluto fue TF, mientras que los valores estadísticamente menores que el testigo absoluto fueron TF2, C, CF2, CBF1, CGF1, TBF1, TG, TGF1, TGF2.

Tabla 16 Magnesio en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).

BASES INTERCAMBIABLES MAGNESIO							
TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR	TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR
TA	9.93	b	1.58	C	8	c	1.58
TF1	9.6	b	1.88	CF1	7.5	d	2.09
TF2	8.32	c	0.96	CF2	8.32	c	1.00
TB	10.42	a	1.25	CB	7.13	d	1.15
TBF1	7.57	d	1.62	CBF1	8.63	c	2.06
TBF2	10.93	a	0.75	CBF2	7.82	d	0.77
TG	7.62	d	1.03	CG	7.55	d	0.62
TGF1	6.96	d	0.99	CGF1	7.99	c	1.02
TGF2	7.15	d	0.94	CGF2	11.11	a	1.03

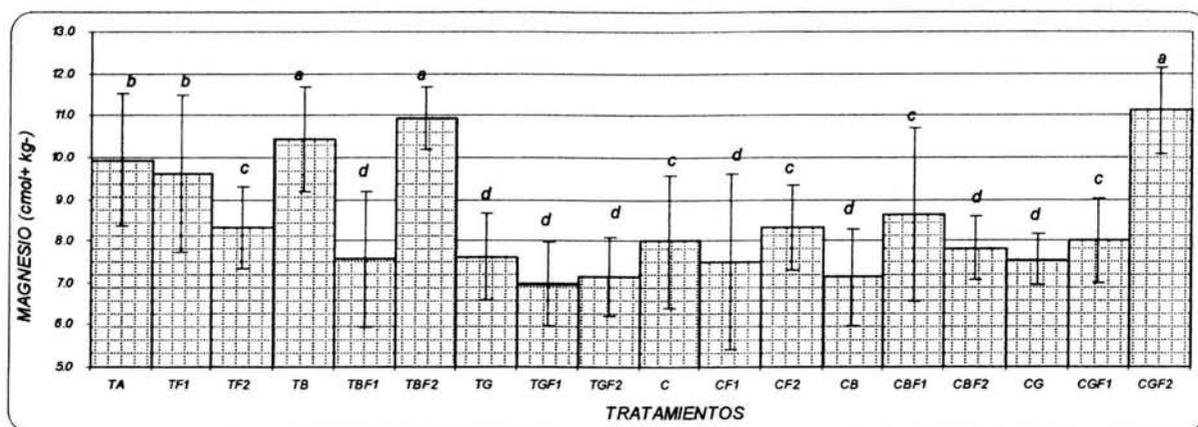


Figura 10 Magnesio en los tratamientos estudiados.

\* Barras con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

### Discusión de las bases intercambiables

De manera general, en el sodio hubo un mayor número de tratamientos que presentaron valores estadísticamente menores que el testigo absoluto, también al hacer la comparación de los tratamientos con planta respecto al testigo, se observó que la mayoría de los valores fueron estadísticamente menores que éste. Esto puede explicarse por el consumo que genera la planta, a pesar de ser necesario en pequeñas cantidades (Bidwell, 1979).

Como se sabe el potasio actúa como un activador de muchas enzimas del metabolismo de carbohidratos y proteínas. Una de las más importantes la piruvato-quinasa, que es una enzima principal de la glucólisis y respiración. En este trabajo el potasio, obtuvo valores en casi todos los tratamientos estadísticamente mayores que el testigo, lo anterior se debió a la gran riqueza de bases que presentan los tepetates (Flores, 1996) y de acuerdo con Troeh y Thompson, (1982) a pesar de ser cationes de gran tamaño, son abundantes en los feldespatos (los cuales abundan en los tepetates) y otros minerales.

---

El calcio y magnesio obtuvieron valores estadísticamente más altos en los tratamientos que no tuvieron planta, que en aquellos que si la tuvieron, esto pudo deberse a los requerimientos de la planta, ya que como se sabe son macronutrientes esenciales para su desarrollo (Bidwell, 1979) El calcio parece actuar modulando la acción de todas las hormonas vegetales, regulando la germinación, el crecimiento y la senescencia (Página internet #6). El magnesio por su parte es el constituyente de la clorofila, participa en la regulación osmótica y en la activación enzimática (Simpson, 1991).

En este experimento se observó que la planta es mucho más exigente respecto al sodio, al calcio y al magnesio, pues a pesar de estar en condiciones de invernadero y con macetas sin perforaciones, los valores registrados son menores en su mayoría, que el testigo.

### VII.1.5. Porcentaje de saturación de bases

El análisis de varianza (Tabla 8) mostró que en el porcentaje de saturación de bases la especie, la combinación de especie / abono y especie / abono / fertilizante tuvieron efecto significativo. Los resultados reflejan en todos los casos una saturación de bases mayor a 100%. En la Tabla 17 se muestran los valores obtenidos. En este caso se dejaron para tener una idea más clara sobre en qué tratamientos se produjeron más bases. Como se sabe el porcentaje de saturación de bases se define como la cantidad de bases intercambiables presentes; también, permite conocer la disponibilidad de nutrimentos para el desarrollo de las plantas (Tamhane *et al*, 1986). De acuerdo con Cottenie, (1980) el porcentaje de saturación de bases que va de 35 – 80 es considerado medio y el mayor de 80 es alto.

Tabla 17 Porcentaje de saturación de bases en los tratamientos estudiados (Prueba de Tukey).

% SATURACION DE BASES							
TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR	TRATAMIENTOS	VALORES	SIGNIFICACION ESTADISTICA	DESV. ESTANDAR
TA	136.70	b	11.87	C	120.85	c	22.23
TF1	143.84	b	8.79	CF1	109.36	d	7.83
TF2	126.70	c	33.83	CF2	110.57	d	13.68
TB	158.87	a	26.58	CB	111.87	d	21.51
TBF1	115.96	d	6.06	CBF1	133.16	c	26.06
TBF2	167.82	a	9.60	CBF2	117.16	c	15.74
TG	138.02	b	7.24	CG	112.45	d	13.38
TGF1	127.56	c	19.13	CGF1	126.08	c	7.05
TGF2	129.23	c	3.98	CGF2	161.40	a	13.94

Como se observa en la Figura 11 el porcentaje de saturación de bases en el TA fue superior al 100 %. Esto pudo deberse a la presencia de arcillas, las cuales al ser partículas tan pequeñas tienen una superficie de contacto mucho más grande que las arenas y los limos, lo que les confiere una gran capacidad para adsorber cationes. Además muestra que los cationes se desplazan fácilmente (Bohn, 1993), permitiendo así una buena asimilación de los nutrimentos para la planta. Cabe mencionar que las macetas no tenían perforaciones y esto evitó la pérdida por lixiviación, lo cual aumentó el porcentaje.

Lo anterior coincide con García (2001), quien mencionó que el incremento en la saturación de bases es un reflejo del aumento de la CIC y esto refleja la fertilidad del suelo. Por otra parte, Velázquez (2002) mencionó que en condiciones de campo la saturación de bases es baja y lo explica por los niveles de precipitación de la zona que permitieron la lixiviación de las mismas.

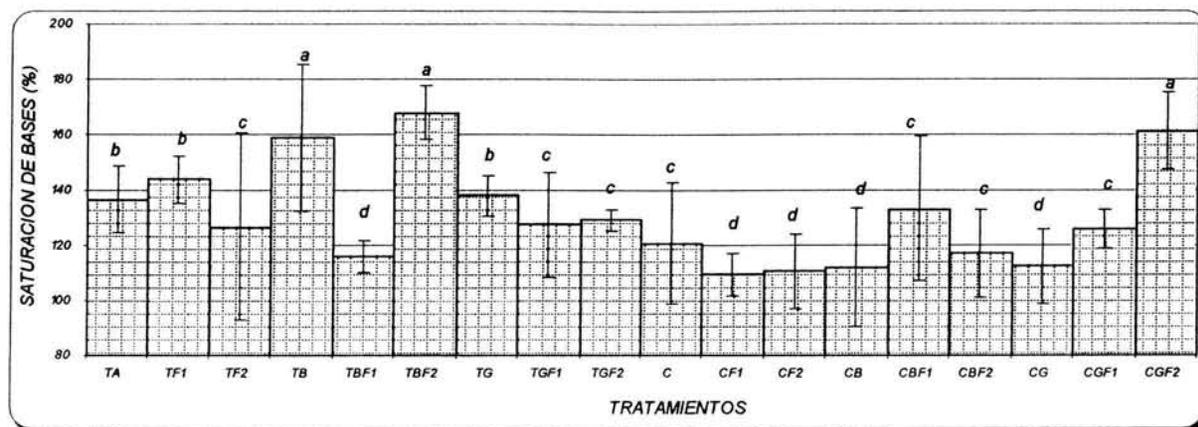


Figura 11 Porcentaje de saturación de bases en los tratamientos estudiados.

\* Barras con la misma letra son estadísticamente equivalentes.

## VII.2. Características físicas

Las características físicas del suelo son de suma importancia por estar directamente involucradas con su fertilidad y calidad. Dentro de éstas se encuentra la agregación en seco y la estabilidad en húmedo.

### VII.2.1. Agregación en seco

En el análisis de varianza (Tabla 8-1) se observó que no todos los tratamientos tuvieron efecto significativo sobre la formación de agregados en el tepetate. Sólo se consideraron en este análisis, aquellos factores que fueron significativos o altamente significativos (\*, \*\*). Cabe señalar que los valores no se ajustaron a 100%, debido a que las fracciones finas ( $\leq 0.25$  mm) no se consideraron en la tabla.

El análisis de varianza mostró que en los agregados de 5 - 10 mm el abono, la combinación de abono/fertilizante y especie/abono/fertilizante tuvieron efecto significativo. En los agregados de 3 - 2 mm, la especie y la combinación especie/abono/fertilizante tuvieron efecto significativo. En los agregados de 2 - 1 mm tuvo efecto significativo el abono, la combinación de abono/fertilizante y la de especie/abono/fertilizante. También, se observó que la combinación de especie/abono/fertilizante tuvo efecto significativo en los diferentes porcentajes. En la Tabla 18 y en la Tabla 19 se observan los resultados y se describen las tendencias entre los tratamientos testigos y en los tratamientos con la planta. La discusión se realizará al final de este parámetro.

**Tabla 8-1 Análisis de varianza de las variables físicas de los tratamientos estudiados (valores F).**

CODIGO	FACTOR	AGREGACION EN SECO									ESTABILIDAD DE AGREGADOS						
		>20	20-10	10 - 5	5 - 3	3 - 2	2 - 1	1 - 0.5	0.5-0.2	$\leq 0.2$	>5	5 - 3	3 - 2	2 - 1	1 - 0.5	0.5-0.2	$\leq 0.2$
A	Especie	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS
B	Abono	NS	NS	**	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C	Fertilizante	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
AB	Especie/Abono	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
AC	Especie/Fertilizante	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
BC	Abono/Fertilizante	NS	NS	*	NS	NS	NS	*	NS	*	*	NS	*	*	*	NS	NS
ABC	Especie/Abono/Fertilizante	NS	NS	**	NS	*	**	*	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

\*Significativo al 0.05  
 \*\* Significativo al 0.01  
 NS No significativo

\* Especie: sin planta y con planta  
 \* Abono: bovino y gallinaza  
 \* Fertilizante: dosis normal y dosis alta.

### Tratamientos Testigos

En la Tabla 18 y la Figura 12 se observan los resultados y las tendencias. Los agregados formados en mayor cantidad fueron los que pasaron por la malla de 10 mm y fueron retenidos en la malla de 5 mm, sin embargo, ningún tratamiento tuvo un valor mayor que el testigo absoluto. Después, los que registraron mayor porcentaje fueron 3 - 2 mm, en estos tratamientos no se observó diferencias significativas entre ellos y el valor más bajo fue registrado por el testigo absoluto (TA). Los agregados que van de 20 - 10 mm, presentaron valores menores que el TA; mientras que los agregados que van de 5 - 3 mm, presentaron valores iguales o mayores al testigo, sin embargo, respecto a porcentajes, tuvieron valores bajos. Finalmente, los agregados que van de 2 - 1, 1 - 0.5, 0.50 - 0.25 mm tuvieron valores mayores que el testigo en todos los casos, sin embargo, los valores fueron bajos y en ambos casos el TB tuvo los valores más altos.

Tabla 18 Agregación en seco de tratamientos testigos (%). Prueba de Tukey.

TRATAMIENTO	TAMAÑOS DE AGREGADOS (mm)															
	≥20	*	20-10 mm	*	10-5 mm	*	5-3 mm	*	3-2 mm	*	2-1 mm	*	1 - 0.5 mm	*	0.50 - 0.25 mm	*
TA	0.00	c	5.01	a	62.35	a	4.33	c	18.83	c	3.95	c	2.37	c	0.98	c
TF1	0.00	c	3.42	b	46.54	c	5.82	a	25.55	a	6.19	b	4.98	b	2.65	b
TF2	0.00	c	3.14	b	44.67	c	5.75	a	23.20	b	7.49	a	6.74	a	3.01	a
TB	0.00	c	3.30	b	40.50	d	4.40	c	24.34	a	8.09	a	7.97	a	4.01	a
TG	0.00	c	5.39	a	50.48	b	4.96	b	23.24	b	5.72	b	4.35	c	2.21	b

\*Misma letra son estadísticamente equivalentes.

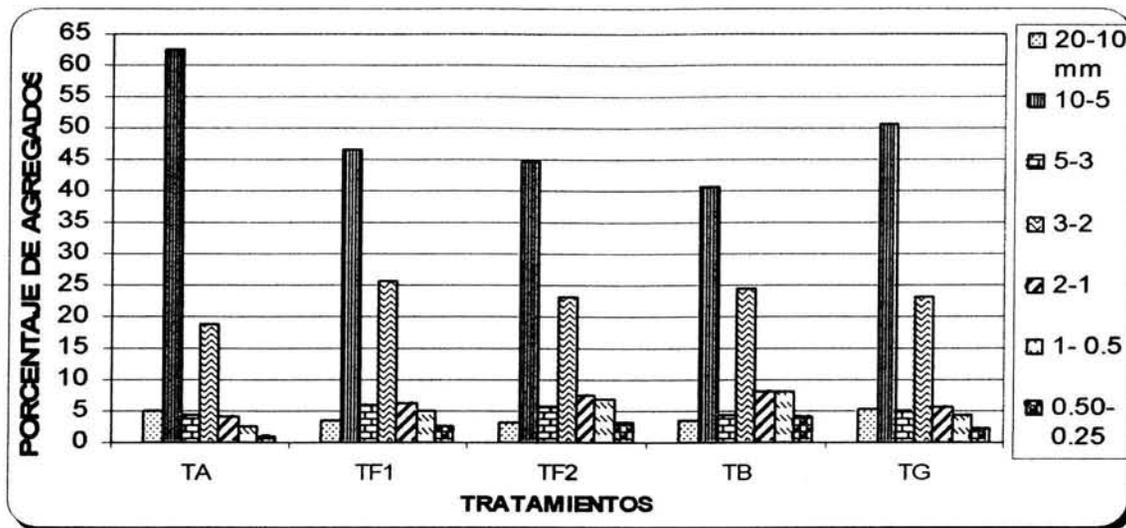


Figura 12 Agregación en seco de tratamientos testigos.

### Tratamientos con planta

En la Tabla 19 y la Figura 13 se observaron los valores de los resultados y las tendencias de los tratamientos con clavel. En los agregados  $\geq 20$  mm, únicamente el tratamiento con clavel y bovino (CB) manifestó un valor de 2.64 %. Aquellos que registraron porcentajes más altos fueron los de 10 – 5 mm, en su mayoría más altos que el tratamiento con clavel, excepto el CG que tuvo un valor menor, mientras que el valor más alto lo tuvo el CF1. Posteriormente, los porcentajes que registraron valores altos fueron en aquellos agregados de 3 – 2 mm, todos mayores que el clavel. Los agregados que van de 20 - 10 y 0.5 – 0.25 mm presentaron valores no significativos, el CF1 tuvo el más bajo y CG y CB tuvieron los valores más altos.

Aquellos agregados que van de 5 - 3, presentaron valores mayores que el clavel, excepto por CF1. Respecto a los que van de 2 - 1, 1 - 0.5 mm, presentaron valores menores que el testigo.

Tabla 19 Agregación en los tratamientos con clavel (%). Prueba de Tukey.

TAMAÑOS DE AGREGADOS (mm)																
TRATAMIENTO	≥20	*	20-10 mm	*	10-5 mm	*	5-3 mm	*	3-2 mm	*	2-1 mm	*	1-0.5 mm	*	0.50-0.25 mm	*
C	0	c	2.7	c	46.39	c	5.43	b	19.35	c	7.54	a	5.67	b	2.31	b
CF1	0	c	0.8	c	64.75	a	4.49	b	21.38	b	4.4	c	2.27	c	0.83	c
CF2	0	c	3.26	b	54.12	b	6.01	a	23.87	b	5.67	b	3.2	c	1.22	c
CB	2.6	b	2	c	48.42	c	7.02	a	21.51	b	3.5	c	5.33	b	2.62	b
CG	0	c	3.28	b	46.12	c	6.29	a	24.77	a	6.73	a	6.34	b	2.48	b

\*Misma letra son estadísticamente equivalentes.

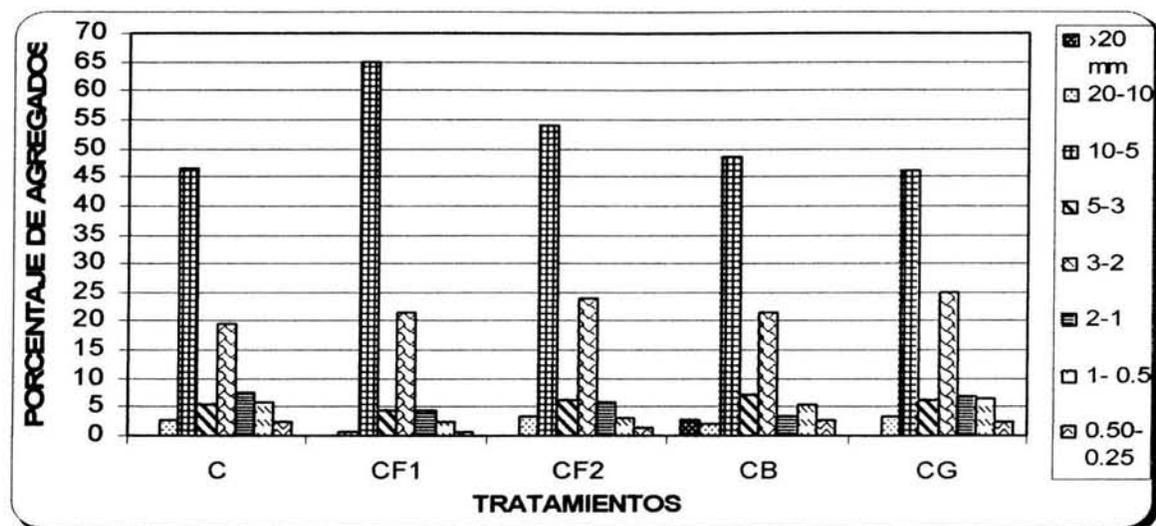


Figura 13 Agregación en los tratamientos con clavel

### Tratamientos con y sin planta, con diferentes abonos y cantidades de fertilizante.

En la Tabla 20 y la Figura 14 se observaron los resultados y las tendencias obtenidos por los tratamientos con las combinaciones testigo con fertilizantes y abonos, y planta con fertilizantes y abonos. El tratamiento CGF2 fue el único de este grupo que formó agregados  $\geq 20$  mm.

Los valores estadísticamente mayores se encontraron entre 10 – 5 mm y entre 3 - 2 mm. En los que siendo en su mayoría en los primeros mayores los valores de los testigos que en aquellos que tenían planta, contrario a los que van de 3 – 2, debido a que en éstos los valores mayores fueron los que tenían planta. Los agregados que van de 20-10 mm, los valores son semejantes, los valores estadísticamente mas altos son de TBF1 y del CGF1.

En los agregados que van 5-3 mm, la mayor parte de los valores son estadísticamente equivalentes, los valores mas altos y estadísticamente diferentes al resto son TBF2 y TGF2. En los agregados que van de 2 - 1 y de 1 -0.5 mm, se observó que los valores mayores corresponden a aquellos que tuvieron planta. Finalmente los agregados con valores bajos se encuentran entre 0.5 – 0.25 mm, aquí también fueron mayores aquellos que tuvieron planta excepto por CGF1.

Tabla 20 Agregación en tratamientos con y sin planta y con diferentes abonos y cantidades de fertilizante (%). Prueba de Tukey.

TAMAÑOS DE AGREGADOS (mm)																
TRATAMIENTO	≥20	*	20-10 mm	*	10-5 mm	*	5-3 mm	*	3-2 mm	*	2-1 mm	*	1 -0.5 mm	*	0.50 - 0.25 mm	*
TBF1	0	c	6.26	a	59.96	a	5.04	b	19.9	c	3.53	c	2.35	a	0.95	c
TBF2	0	c	3.6	b	57.02	b	5.89	a	22.17	b	4.86	b	3.08	c	1.25	c
TGF1	0	c	3.93	b	46.21	c	4.69	b	22.57	b	6.97	a	6.6	b	3.12	a
TGF2	0	c	3.18	b	49.3	c	6.34	a	27.89	a	5.59	b	3.74	c	1.29	c
CBF1	0	c	3.52	b	51.6	b	5.31	b	23.82	b	5.87	b	5.07	b	1.58	b
CBF2	0	c	3.83	b	51.66	b	5.32	b	24.96	a	5.23	b	4.67	b	2.27	b
CGF1	0	c	6.14	a	38.76	d	5.21	b	26.92	a	7.67	a	8.87	a	2.28	b
CGF2	3.9	a	4.06	b	44.1	c	4.79	b	20.65	b	7.13	a	6.29	b	3.05	a

\*Misma letra son estadísticamente equivalentes.

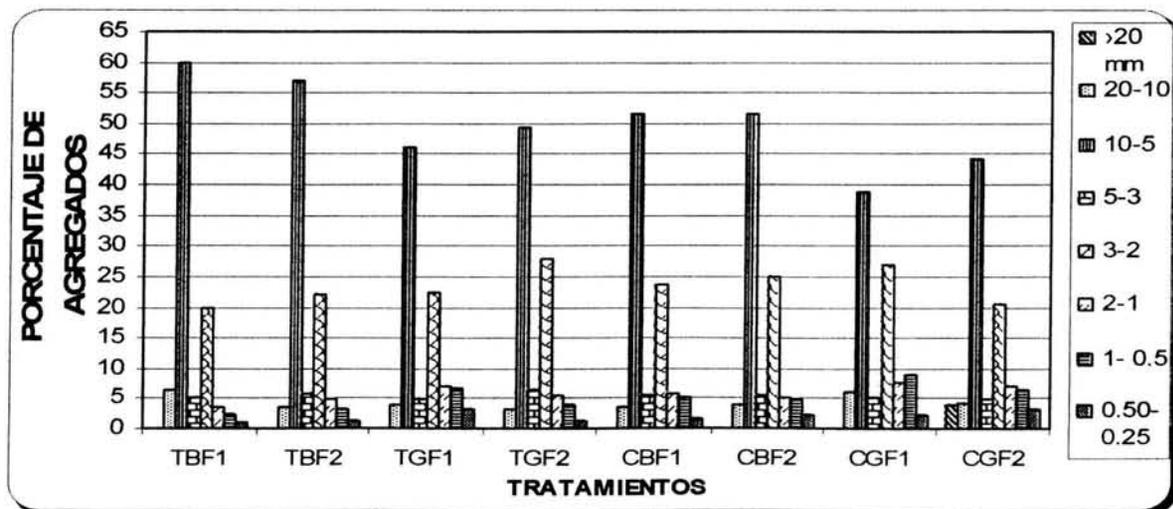


Figura 14 Agregación en tratamientos con y sin planta y con diferentes abonos y cantidades de fertilizante.

En todas las comparaciones realizadas se observó que los agregados que presentaron valores más altos se encontraron entre 10 - 5 y 3 - 2 mm, lo cual corrobora el análisis de varianza. Además, existieron agregados mayores de 10 mm, lo cual probablemente se debió a una recementación de las fracciones finas con los fragmentos mayores (Velázquez, 1997).

En los agregados que van de 10 – 5 mm se observó que los valores obtenidos fueron menores que el testigo (TA), excepto por CF1 que obtuvo un valor mayor. Esto se puede atribuir a que son fragmentos, los cuales permanecieron sin que existiera agregación, lo cual denota una desintegración del material, esto se debió probablemente a los periodos de humedecimiento y secado (García, 2002).

Contrario a lo expuesto, se observó que en los agregados que van de 3 - 2 mm los valores fueron mayores que el testigo (TA), y en los que van de 2 -1 mm, también fueron mayores que el TA, excepto por CB y TBF1. Esto pudo deberse a la presencia de la planta y/o al abono. Esto coincide con Velázquez (1994) quien dijo que hay tres factores que pueden contribuir a la formación de agregados en tepetate:

- ❖ el efecto del cementante
- ❖ el aporte de materia orgánica en el abonado y
- ❖ la acción mecánica y química de la raíz.

Por otro lado García, (2001) indicó que la presencia de la planta, principalmente las raíces, ayudan en los procesos de disgregación y agregación, debido a que las raíces penetran en los fragmentos rompiéndolos, pero al mismo tiempo van uniéndolos. Cabe agregar que también debe considerarse el efecto indirecto del fertilizante químico inorgánico, pues al aportar nutrientes de manera inmediata para la planta, propicia el crecimiento de las raíces.

De manera general, en el análisis de varianza se observó que la combinación de los factores, la cual fue altamente significativa fue especie/abono/fertilizante, sin embargo, en este trabajo se considera que para obtener resultados más tangibles respecto a la agregación en seco, es necesario prolongar el tiempo de experimentación.

### VII.2.2. Estabilidad en húmedo de agregados

El análisis de varianza (Tabla 8-1) indicó que respecto a este parámetro el único tamaño de agregados en el cual el efecto de los tratamientos fue altamente significativo fue el de 3 – 2 mm. Cabe señalar que los valores no se ajustan a 100%, debido a que las fracciones finas ( $\leq 0.25$  mm) no se consideraron en la tabla. También se observó que la combinación de abono/fertilizante fue la única que tuvo un efecto significativo, mientras que en los tamaños restantes de agregados no hubo efecto significativo de tal manera que solo se mostrará la tendencia. La discusión se encuentra al final de este parámetro.

#### Tratamientos testigos

En la Tabla 21 y la Figura 15 se muestran los valores obtenidos en la prueba de Tukey con los tratamientos testigos. Se muestra que los valores más altos en estabilidad fueron para las unidades  $\geq 5$  mm, siendo el testigo con gallinaza (TG) más alto que el testigo absoluto (TA). Dentro de los que tuvieron un tamaño entre 3 - 2 mm el que tuvo una mayor estabilidad fue TF1, seguido del TA, TB. Los tratamientos que tuvieron valores menores que el testigo se encontraron en el grupo que va de 5 – 3 mm, excepto por TF1, mientras que los tratamientos con valores mayores que el TA se encontraron entre 2 – 1, 1 - 0.5, 0.5 – 0.25 mm.

Tabla 21 Estabilidad de agregados de tratamientos testigos (%). Prueba de Tukey.

TRATAMIENTO	TAMAÑOS DE AGREGADOS (mm)											
	$\geq 5$	*	5-3	*	3-2	*	2-1	*	1 - 0.5	*	0.50 - 0.25	*
TA	51.28	b	5.99	b	19.09	c	5.42	c	4.05	c	1.69	b
TF1	37.45	d	7.59	a	23.31	b	6.23	c	5.93	c	3.01	b
TF2	42.07	c	5.17	b	15.87	d	6.43	c	7.37	b	4.03	a
TB	30.71	d	4.81	c	16.95	d	10.69	a	11.27	a	4.85	a
TG	52.77	b	4.91	b	14.02	d	5.21	c	5.08	b	2.47	b

\*Misma letra son estadísticamente equivalentes.

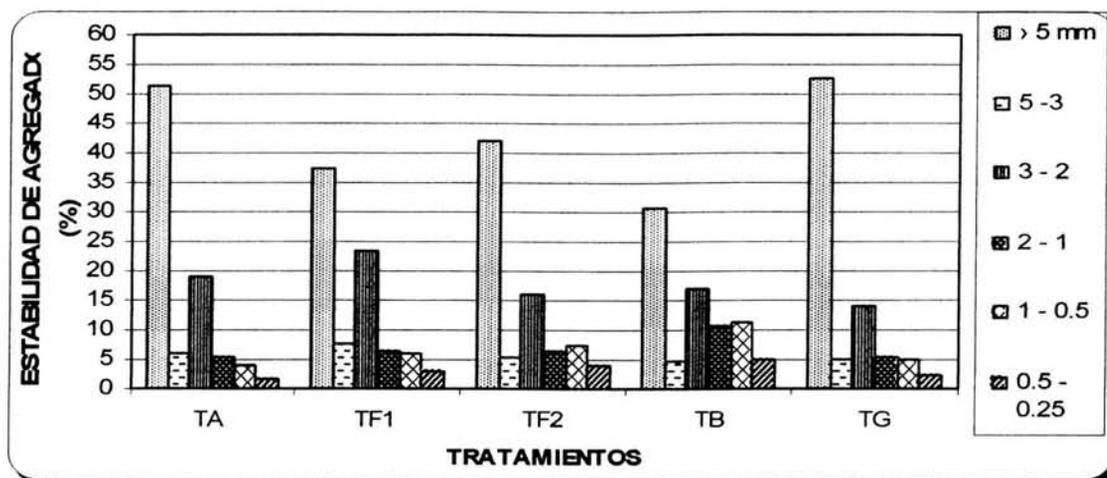


Figura 15 Estabilidad de agregados de tratamientos testigos

### Tratamientos con planta

En la Tabla 22 y la Figura 16 se exponen los tratamientos con clavel y se notó que las unidades que tuvieron valores estadísticamente altos fueron los  $>5$  mm, el CF2 fue más alto que el clavel, los tratamientos restantes tuvieron valores menores. Los agregados que fueron más estables se encontraron entre 3 – 2 mm, los tratamientos tuvieron valores mas altos que C, excepto por CF2. Los agregados que tuvieron valores menores que el testigo se encontraron entre 5 – 3, excepto por CG; mientras que los agregados que van de 2 – 1 mm, el CF1 y CB tuvieron valores mayores. En los agregados que van de 1 - 0.5 los valores son menores que el testigo, excepto por CB. Finalmente los valores más bajos se encuentran en los agregados que van de 0.5 – 0.25 mm, siendo menores que el testigo, excepto por CB.

Tabla 22 Estabilidad de agregados de tratamientos con clavel (%). Prueba de Tukey.

TRATAMIENTO	TAMAÑOS DE AGREGADOS (mm)											
	$\geq 5$	*	5-3	*	3-2	*	2-1	*	1-0.5	*	0.50 - 0.25	*
C	50.42	b	6.93	a	18.59	c	5.31	c	4.68	c	2.12	b
CF1	48.46	b	6.60	b	18.93	c	5.57	c	4.07	c	1.60	b
CF2	52.67	b	6.74	b	17.49	d	5.17	c	4.41	c	1.98	b
CB	43.29	c	6.49	b	21.41	c	6.88	c	6.57	b	2.85	b
CG	49.85	b	7.02	a	19.68	c	5.22	c	3.98	c	1.85	b

\*Misma letra son estadísticamente equivalentes.

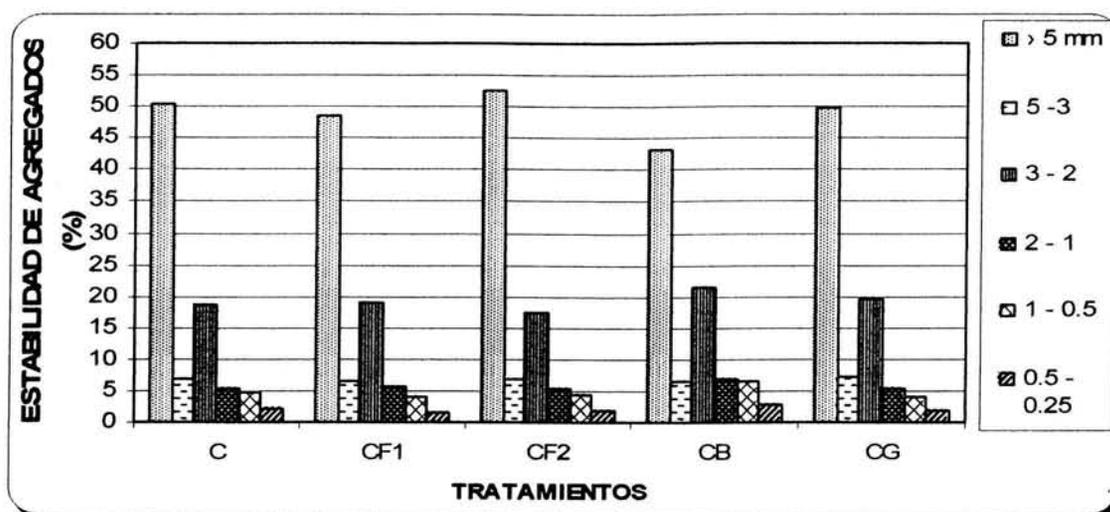


Figura 16 Estabilidad de agregados de tratamientos con clavel

### Tratamientos con abono, fertilizante y planta

En la Tabla 23 y la Figura 17 se observaron las combinaciones de testigos con fertilizantes/abonos, y plantas con fertilizantes/abonos. Se encontraron en mayor cantidad los agregados  $\geq 5$  mm y 3 – 2 mm, además los valores obtenidos en estas combinaciones de tratamientos fueron estadísticamente mayores que en aquellos que solo tenían abono, fertilizante o planta. Esto mostró que la combinación de éstos ayuda a la estabilidad de los agregados. Los valores obtenidos en el intervalo de 5 - 3 mm fueron estadísticamente mayores que el testigo. Los valores obtenidos entre el 2 – 1, 1 - 0.5 y 0.5 – 0.25 mm fueron diversos, sin embargo fueron valores no significativos. Por otro lado, se percibió que los tratamientos testigos con bovino y gallinaza, tuvieron valores mayores que aquellos con planta.

Tabla 23 Estabilidad de agregados de tratamientos con abono, fertilizante y clavel (%). Prueba de Tukey.

TRATAMIENTO	TAMAÑOS DE AGREGADOS (mm)											
	≥5	*	5-3	*	3-2	*	2-1	*	1 - 0.5	*	0.50 - 0.25	*
TBF1	57.28	a	6.21	b	14.27	d	4.04	d	3.47	c	1.71	b
TBF2	64.16	a	7.12	a	14.94	d	2.64	d	1.94	d	0.81	c
TGF1	37.70	d	6.63	b	18.87	b	7.64	b	8.01	b	3.32	a
TGF2	53.29	b	8.79	a	20.58	b	3.43	d	2.40	c	0.92	c
CBF1	46.89	b	6.57	b	19.37	b	5.75	c	4.33	c	3.23	a
CBF2	42.64	C	7.14	a	26.50	a	6.45	c	4.34	c	1.65	b
CGF1	37.46	D	7.51	a	25.53	b	8.35	b	6.57	b	2.37	b
CGF2	44.80	B	7.32	a	19.17	b	6.49	c	5.85	b	2.51	b

\*Misma letra son estadísticamente equivalentes.

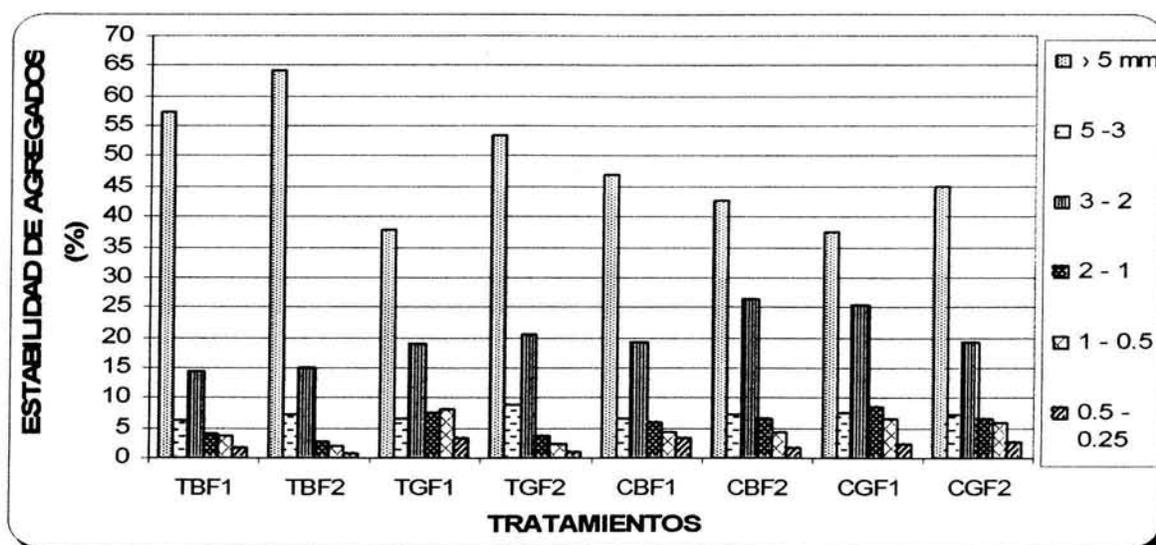


Figura 17 Estabilidad de agregados de tratamientos con abono, fertilizante y clavel.

Al encontrarse la estabilidad de los agregados en su mayoría en el intervalo de  $\geq 5$  mm y 3 - 2 mm, se corroboraron los datos del análisis de varianza, el cual, indicó que la estabilidad de agregados fue altamente significativo en aquellos de 3 - 2 mm. La combinación que manifestó mayor cantidad de asteriscos, en los diferentes tamaños de agregados fue abono/ fertilizante. Cabe señalar que en los agregados que van de 3 - 2 mm se registró un alto número de combinaciones que incluían abono y fertilizante, además de la planta; de esta manera se corroboró que esto fue la combinación más estable. Esto pudo deberse a que los enlaces órgano minerales fueron más fuertes por los abonos, lo cual dio mayor firmeza y estabilidad a los agregados. Estos resultados coincidieron con Oades (1993) y Primavesi (1980) citados por Herrera (1999)

atribuyeron la estabilidad de los agregados a la presencia de materia orgánica, pero establecen que el beneficio que se pueda tener es el resultado de la descomposición de ésta. García (2001) indicó que el principal factor que influyó en la estabilidad de los tratamientos sin planta, fueron los ciclos de humedecimiento y secado. Y que la materia orgánica también tiene un papel importante sobre la estabilidad.

En los agregados entre 3 - 2 mm, cuyos tratamientos con planta adquirieron valores estadísticamente mayores que el TA, excepto C, CF1 y CF2; indicaron que la presencia de la planta ayudó con la estabilidad de los agregados o bien a la interacción de la planta con los abonos y fertilizantes, esto coincide con Velázquez (2002) quien indicó que el fertilizante en forma aislada, no interviene en la estructuración. Sin embargo, cuando se adiciona al sustrato, la disponibilidad de nutrimentos para las plantas es inmediata, lo que incrementa el desarrollo aéreo y radical de las mismas (Troeh y Thompson, 1982), propiciando así la formación de agregados y la estabilidad de los mismos.

Al comparar los resultados de la estabilidad en húmedo con agregación en seco se observó que el porcentaje mayor de agregados de  $\geq 5$  mm y 3 - 2 mm y este se mantuvo en ambos casos, lo cual se ha reportado en otros trabajos como: Martínez *et al.*, 1991; Acevedo *et al.*, 2001 y Velázquez *et al.*, 2001. Tales autores consideraron que los tamaños de agregados señalados están en lo que se designa como un tamaño de unidades susceptible de aportar características de drenaje y manejo apropiadas para el establecimiento de especies vegetales. García (2001) señaló que tal vez debido a que son fragmentos que se están rompiendo, la estabilidad se mantuvo debido a la cementación que presenta en estado original.

Finalmente, los resultados obtenidos sugieren que la combinación de las enmiendas fueron adecuadas para la estabilidad de agregados. Sin embargo, es necesario un periodo más largo de experimentación para obtener resultados estadísticamente más significativos, ya que con los resultados obtenidos se manifestó la permanencia de los fragmentos.

### VII.3. Biomasa del clavel

Es importante recordar que el clavel es una planta que tiene una gran importancia económica. En este trabajo se utilizaron las variedades de Nelson y Delphi, como se muestra en la Ilustración 8.



**Ilustración 8 Variedad de clavel Nelson: rojo; Delphi: blanco**

A continuación se consideraron parámetros que muestran su desarrollo, crecimiento y floración. Del análisis de varianza (Tabla 9) se consideraron aquellos parámetros que tuvieron tres asteriscos, mostrando así que la altura de la planta y peso seco parte radical tuvieron efecto significativo; además el factor que tuvo efecto significativo en todos los parámetros fue el abono. De los parámetros restantes se indicará los resultados obtenidos y las tendencias. El valor reportado es el promedio de las tres plantas correspondientes a cada maceta. La discusión de los mismos se realizará al final de éstos.

**VII.3.1. Altura de la planta**

El análisis de varianza (Tabla 9) mostró que el abono, la combinación de especie / abono y abono / fertilizante tuvieron efecto significativo. La altura de la planta se midió al final del experimento tomándola desde la base. Todas las plantas tuvieron un buen desarrollo, como lo muestra la Tabla 24 y la Figura 18 todos los tratamientos tuvieron valores mayores que el tratamiento testigo C, excepto CB y CGF1. Los valores que fueron estadísticamente mayores que C fueron CF2, CBF2, CG, CGF2, mientras que los tratamientos que fueron estadísticamente equivalentes al C fueron CB, CBF1, CGF1. El valor más alto y estadísticamente diferente lo obtuvo el CF1, el cual midió 60.63 cm.

Tabla 24 Altura de la planta. Prueba de Tukey.

TRATAMIENTO	VALOR cm	SIGNIFICACION ESTADISTICA
C	43.67	c
CF1	60.63	a
CF2	46.97	b
CB	30.07	c
CBF1	44.3	c
CBF2	48.77	b
CG	49.77	b
CG F1	37.8	c
CGF2	47.53	b

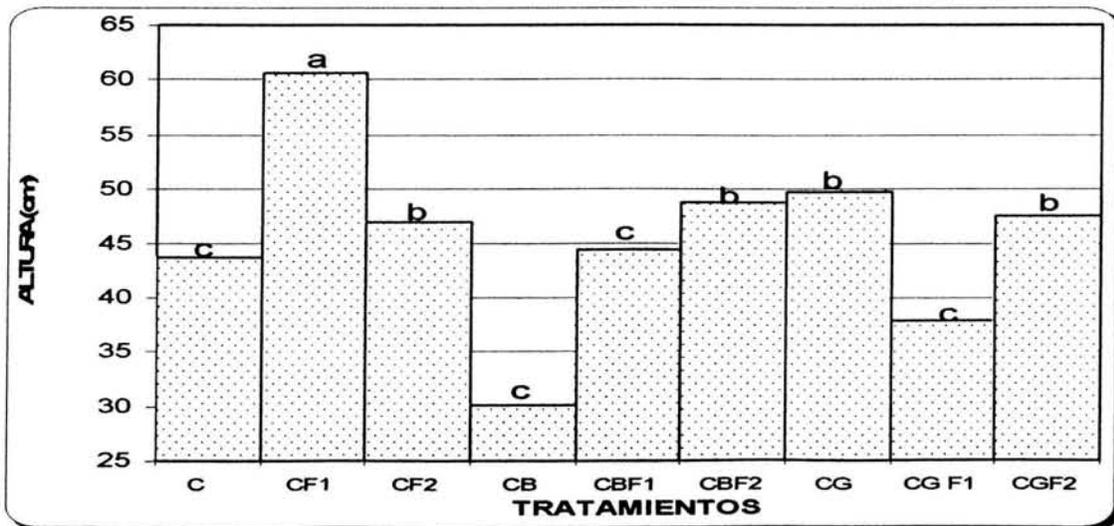


Figura 18 Altura de la planta

### VII.3.2. Peso seco de la parte aérea

Este parámetro no es significativo, dado que solo la combinación de especie/abono reflejó un efecto significativo en el análisis de varianza, sin embargo, se muestran los resultados (Prueba de Tukey) y las tendencias. Como se observa en la Tabla 25, los valores en todos los casos fueron estadísticamente mayores que el testigo. Los valores más altos de todos los tratamientos y estadísticamente equivalentes entre ellos fueron CF1, CF2, CBF1, CBF2, y CGF2. Los valores estadísticamente equivalentes respecto al testigo fueron CB, CG, CGF1. La tendencia mostró que la combinación abono/fertilizante incrementó el peso seco de la parte aérea.

Tabla 25 Peso seco de la parte aérea. Prueba de Tukey.

TRATAMIENTO	VALOR g	SIGNIFICACION ESTADISTICA
C	4.63	c
CF1	8.13	a
CF2	7.57	a
CB	5.4	b
CBF1	7.17	a
CBF2	8.8	a
CG	6.83	b
CG F1	6.57	b
CGF2	8.97	a

### VII.3.3. Peso seco parte radical

El análisis de varianza (Tabla 9) mostró que los factores que tuvieron efecto significativo fueron el abono, la combinación de especie/abono y especie/fertilizante. En la Tabla 26 y la Figura 19 se observó que todos los valores fueron estadísticamente menores que el testigo. Sin embargo, se puede agrupar estadísticamente CF1, CF2, CB, CBF1, CBF2, cuyos valores van de 2.23 a 3.17 g, mientras que los valores estadísticamente menores que todos los tratamientos fueron CG, CGF1, CGF2.

Tabla 26 Peso seco parte radical. Prueba de Tukey.

TRATAMIENTO	VALOR g	SIGNIFICACION ESTADISTICA
C	6.2	a
CF1	2.37	d
CF2	3.17	c
CB	2.27	d
CBF1	2.3	d
CBF2	2.23	d
CG	1.77	e
CG F1	1.33	e
CGF2	1.07	e

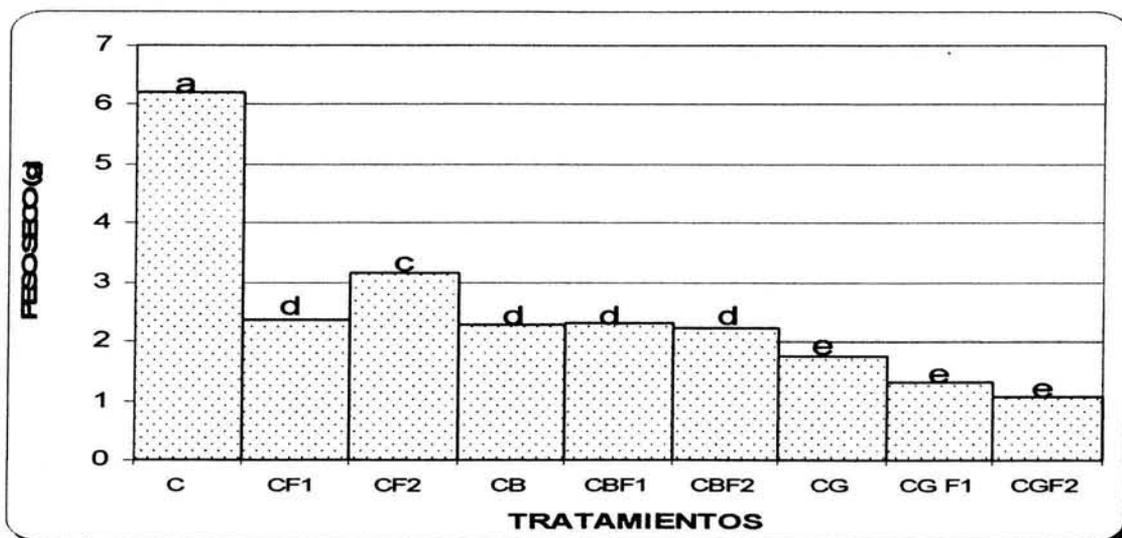


Figura 19 Peso seco parte radical

#### VII.3.4. Flores por maceta

Este parámetro no es significativo, dado que solo el abono resultó ser significativo en el análisis de varianza, sin embargo, se muestran los resultados (Prueba de Tukey) y las tendencias. En la Tabla 27 se observó el número de flores por maceta. Todos los valores obtenidos fueron mayores que el C, los valores estadísticamente más altos fueron del CB y CGF1. Con valores intermedios se encontraron los tratamientos CBF1, CBF2 y CGF2. Los valores estadísticamente equivalentes al testigo C fueron CF1, CF2, CG. La tendencia indicó que la combinación de abono y fertilizante incrementó el número de flores por maceta.

Tabla 27 Número de flores por maceta. Prueba de Tukey.

TRATAMIENTO	VALOR	SIGNIFICACION ESTADISTICA
C	1.67	c
CF1	2.00	c
CF2	2.00	c
CB	4.33	a
CBF1	3.00	b
CBF2	3.00	b
CG	2.00	c
CG F1	4.67	a
CGF2	2.67	b

En la Ilustración 9, se observa que la calidad de las flores fue muy buena, pues además de tener un buen tamaño, tiene los colores intensos.



**Ilustración 9 Calidad de las flores**

**VII.3.5. Diámetro de la flor**

Este parámetro no es significativo, dado que solo el abono mostró efecto significativo en el análisis de varianza, sin embargo, se muestran los resultados y las tendencias. En la Tabla 28 se observó que todos los valores fueron mayores que C, excepto CG y CGF2. Los valores estadísticamente equivalentes al C fueron CB, CBF1, CGF1, mientras que el CF1, CF2 y el CBF2 fueron estadísticamente mayores que C. La tendencia manifestó que el uso de fertilizantes y abono de bovino incrementó el diámetro de la flor.

Tabla 28 Diámetro de la flor. Prueba de Tukey.

TRATAMIENTO	VALOR cm	SIGNIFICACION ESTADISTICA
C	4.17	b
CF1	5.17	a
CF2	5.77	a
CB	4.3	b
CBF1	4.63	b
CBF2	5.23	a
CG	3.43	c
CG F1	4.53	b
CGF2	2.87	c

**Discusión**

El análisis de varianza (Tabla 9) reveló que los parámetros que tuvieron efecto significativo fueron: altura de la planta y peso seco parte radical, pues tuvieron tres asteriscos (en tres factores); mientras que el factor que tuvo efecto significativo en todos los parámetros fue el abono.

Respecto a la altura de la planta (Ilustración 10 e Ilustración 11) los valores oscilaron entre 30 y 61 cm, siendo un tamaño promedio (entre 45 y 60 cm.) (Página internet #5), los resultados obtenidos mostraron que en los tratamientos que tuvieron fertilizante fueron mayores los valores obtenidos respecto a C, esto pudo deberse a que el abono tarda en mineralizarse y el fertilizante es absorbido directamente por la planta, facilitando así el crecimiento de la misma.



**Ilustración 10** Tratamientos de planta a 134 días del transplante, combinación de abonos y fertilizantes.



**Ilustración 11** Tratamientos de la planta a 134 días del transplante con abono y con fertilizante

En el peso seco de la parte radical se mostró que el testigo superó a los tratamientos restantes. Se puede plantear hipotéticamente que la necesidad de la planta para poder sobrevivir hizo que el testigo (C) buscara nutrimentos, provocando así el crecimiento radical del clavel. Caso contrario a los tratamientos con abono y/o fertilizante, que la planta al tener nutrimentos su crecimiento radical fue menor. Esto se corroboró al analizar la altura de la planta del tratamiento testigo, ya que a pesar de haber logrado una altura promedio (45 – 60 cm), su peso fue el mas bajo, lo cual indicó un desarrollo aéreo pobre (Ilustración 12).



**Ilustración 12 Clavel testigo, sin ramificaciones, obsérvense las hojas basales muertas.**

Al analizar los datos de la planta en su totalidad, se considera que es conveniente incluir algún tipo de abono y/o fertilizante o mejor aún la combinación de ellos, pero respecto al fertilizante este debe ir en dosis media (200-190-250) para evitar una posible intoxicación de la planta. En cuestiones de producción se sugiere utilizar el GB ya que se observó mayor número de flores. Cabe mencionar que a pesar de que el análisis estadístico arrojó cifras poco significativas, los valores obtenidos fueron importantes pues debe considerarse que este trabajo fue pionero en plantas ornamentales en tepetates.

---

## VIII.CONCLUSIONES

Los tratamientos aplicados y el tiempo de experimentación que fué de seis meses, influyeron favorablemente a la habilitación del tepetate y al óptimo desarrollo del clavel, como a continuación se desglosa.

- La interacción entre los abonos, fertilizantes y planta contribuyó a la formación de agregados, incrementaron la CIC y las bases intercambiables.
- Las características químicas se ven modificadas con la aplicación de las diferentes enmiendas. El pH se acidifica con las enmiendas y el fertilizante, sin embargo los valores obtenidos permitieron el establecimiento y desarrollo de la planta.
- La materia orgánica se incrementó con la aplicación de los abonos, y con la combinación de los abonos y fertilizante. No obstante, la presencia del fertilizante solo no muestra ningún valor significativo.
- Respecto a las bases intercambiables se observó que el sodio, el calcio y el magnesio mostraron una disminución respecto al testigo. Sin embargo, el porcentaje de saturación de bases fue superior al 100 % en todos los casos, lo cual indicó que las bases existentes fueron las requeridas para el cultivo.
- En la agregación en seco la combinación de especie/abono/fertilizante tuvo un efecto altamente significativo para los diferentes tamaños de agregados.
- En la estabilidad de los agregados, la combinación de abonos/fertilizante tuvo un efecto significativo
- Con la aplicación de abonos se obtuvieron resultados significativos en la mayoría de los parámetros analizados.
- La combinación de abono/fertilizante mostró un efecto significativo en el tepetate y en el desarrollo de la planta. En la producción de la flor es recomendable utilizar fertilizante en dosis normal (200-190-250).
- Con los resultados obtenidos se concluye que el clavel es una opción para la habilitación del tepetate, sin embargo, es recomendable ampliar el tiempo de experimentación.

- A pesar de que son mínimos los experimentos realizados con plantas ornamentales y tepetate, el clavel resultó ser una planta exitosa, la cual se adecuó al tepetate con la ayuda de los abonos y fertilizantes utilizados.

---

**IX.LITERATURA CITADA**

- Acevedo, O. 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., 277 p.
- Acevedo, O; Velázquez, A; Flores, D. 2001 Agregación por especies vegetales y abonos orgánicos en tepetates fracturados en condiciones de invernadero. *Terra* 19: 363- 373.
- Aguilar, M. D. 1995 Cambios químicos de un Andisol por porqueraza y encalado en respuesta del maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad de Edafología, IRENAT, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. Mexico.
- Aguilera, H. N. 1989 Tratado de edafología en México. Tomo I. Facultad de Ciencias. México 222p.
- Avnimelech, Y. 1986 Organic residues in modern agriculture. *In: The role of Organic Matter in Modern Agriculture*. Eds. Y. Chem and Y. Avnilmelech. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, pp 1-10.
- Benton, J. J. 2001 Laboratory Guide for conducting soil tests and plant analysis. Ed. CRC Press. 363 p.
- Bidwell, R. G. S. 1979 Fisiología vegetal. Ed. Agt Editor, S.A. 273-282 pp.
- Bohn, 1993 Química del suelo. Limusa Noriega Editores. 155-173 pp.
- Broadbent, F. F. 1986 Effects of organic matter on nitrogen and phosphorus supply to plants. . *In: The role of Organic Matter in Modern Agriculture*. Eds. Y. Chem and Y. Avnilmelech. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 13-27 pp.
- Cottenie, A. 1980 Los análisis de suelos y plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes. Boletín de Suelos de la FAO 38/2 Roma, Italia.
- Dexter, A. R. 1976 Internal Structure of tilled soil. *J. Soil Sci.* 27: 267-278.
- Díaz, J; Velázquez, A; Flores, D. 2000 Modificación de algunas propiedades químicas de un tepetate por efecto de especies vegetales, abono y fertilizante.

- La edafología y sus perspectivas al siglo XXI. Tomo I 565 – 569 pp. Quintero-Lizaola, T. Reyna Trujillo, L. Corlay-Chee, A. Ibañez Huerta y N.E. García-Calderón (Eds) Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Díaz, A. J. 2001 Influencia de especies vegetales, abonos y fertilizante, sobre algunas de las características químicas de tepetate fragmentado, en condiciones de campo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. Mexico, D.F. 86p
  - Díaz, A. J. 2003. Aplicación de lodos biológicos estabilizados con ácido peracético en tepetate. Tesis Maestría en Ingeniería (ambiental). Facultad de Ingeniería, UNAM. México, D.F. 129p.
  - Diné, H. Mehuys, G. R. and Lévesque, M. 1991. Influence of humic and fibric materials on the aggregation and aggregate stability of a lacustrine stlty clay. *Soil Science* 151: 146-158.
  - Domínguez V. A. 1997 Tratado de fertilización. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España p 181 – 185.
  - Dubroeuq, D. Quantin, P y Zebrowsky, C. 1989 Los tepetates de origen volcánico en México. Esquema preliminar de clasificación. *Terra* 7(1): 3-12.
  - English, S. W. 1975 Producción Comercial de claveles. Manuales de técnica ibia (Ed) España 235 p.
  - Etchevers, B. J. D., Cruz, L., Mares, J., Zebrowski, C. 1992. Fertilidad de los tepetates. I. fertilidad actual y potencial de los tepetates de la vertiente occidental de la Sierra Nevada (México) *Terra* Vol. 10 Especial suelos volcánicos endurecidos. 379 – 384 pp.
  - Etchevers, B. J. D., Pérez M. A. y Navarro, H. G. 1997 Dinámica de la materia orgánica y el N en tepetates habilitados para producción agrícola. In C. Zebrowski, P. Quantin y G. Trujillo (Eds). III Simposio Internacional Suelos Volcánicos Endurecidos. Quito, Ecuador. 213-225 pp.
  - Fitz P; Ewart A. 1980 *Soils: their formation, classification and distribution*. London 353 p.
  - Flores, R. D; Alcalá, J; González, A ; Gama, J. 1992 Suelos con fragipán de origen volcánico en clima semicálido y subhúmedo-el caso del noreste del

- 
- Estado de Morelos, México. UNAM, Revista del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) Vol. 10, N° 2, 151-163 pp.
- Flores, R. D; González V. A; Alcalá, M. R; Gama, C. J. 1991 Los tepetates. Revista del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) Vol. III N° 4 p 31-41. México
  - García, C. A; Velázquez, R. A; Flores, R. D; 2000 Agregación en tepetate por influencia de especies vegetales, abono y fertilizante. La edafología y sus perspectivas al siglo XXI. Tomo I p. 186 a la 190. Quintero-Lizaola, T. Reyna Trujillo, L. Corlay-Chee, A. Ibañez Huerta y N.E. García-Calderón (Eds) Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Chapingo, México.
  - 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.
  - García E. 1988 Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM México, D.F. 246 p.
  - Guerrero, E; Luna, J; Caballero, E. 1992. Distribución de los tepetates de la República Mexicana. Escala 1:4 000 000 Terra Vol. 10 IV Especial suelos volcánicos endurecidos. 131-136 pp.
  - Herrera, R.S. 1999 Efecto de especies frutales y abono orgánico en la agregación de un tepetate fracturado durante seis meses en condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias UNAM México D.F. 75p.
  - Hillel, D. 1982 Introduction to soil physics. Academic Press. San Diego California.
  - Izquierdo, C. T. 2004 Efecto de composta, vermicomposta y fertilizante en la producción de cempasuchil *Tagetes erecta* L. y en la formación de agregados a partir de un tepetate fragmentado. (en proceso).
  - Larson, R. 1988 Introducción a la floricultura. AGT editor, S.A. México 43-72 pp.
  - Lopez M. J. 1989 Producción de claveles y gladiolas. Ed. Mundi- Prensa 114 p.

- 
- Klute, A. 1998 Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods. Th. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Book series: S. Madison Wis. N. 9. Part I. 1188p
  - Marañón, G. G. 1994 Caracterización del suelos con tepetate y su relación con la vegetación en el municipio de Tetela del Volcán, Estado de Morelos, Tesis de Licenciatura en Geología en la Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México. 36p.
  - Martínez, T. M; Olescho, K. y Arias, R. H. 1991 Estimación del estado óptimo del tepetate en el proceso de su recuperación. *In*: Primer Simposio Internacional de los Suelos Volcánicos Endurecidos. Colegio de Postgraduados. Estado de México, México. 56 p.
  - Narro, F. E. 1994 Física de suelos con enfoque agrícola. Trillas. México.
  - Navarro, P. 1995 Residuos Orgánicos y aricultura. Universidad Alicante. España 25-71 p.
  - Nimlos, T. J., Ortiz, S. C. 1987 Tepetate. The rock mat. *Journal of Soil and Water Conservation* 42 (2):83-86.
  - Oades, J.M. 1993 The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma*. Vol 56 pp 377-400.
  - Ortiz, V. B. 1977 Fertilidad de suelos. UACH México 210 p.
  - Pimentel, B. L; 1991 Como hacer a los tepetates productivos. 1er. Simposio Internacional. Suelos Volcánicos endurecidos (uso y manejo de Tepetates). Resúmenes Ampliados. Colegio de Postgraduados. Montecillo México Octubre 1991. Memorias 84-85 pp.
  - Pool, L. 1997 Mejoramiento de la fertilidad del suelo en la agricultura sostenible de las laderas de los altos de Chiapas, México. Tesis Maestría en Ciencias Especialidad de Edafología, IRENAT, Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 120 p.
  - Porta C, J.; López, M; Roquero de Labune, C. 1999 Edafología para la agricultura y el medio ambiente 2ª ed. Ed Mundi Prensa 807 p.
  - Potash & Phosphate Institute 1997 Manual internacional de fertilidad de suelos. Potash & Phosphate Institute. USA p 90-100.

- 
- Primavesi, A. 1980 Manejo ecológico del suelo. La agricultura en regiones tropicales. El Ateneo, Buenos Aires. p. 183-227.
  - Quantin, P; Arias, H; Etchevers, J. D; Ferrera, R; Olescho, K. y Navarro, H. G. 1992 Tepetates de México: caracterización y habilitación para la agricultura. Informe científico final, del proyecto. NTS2-A-212-CCEE/ORSTOM/Terra 72 p.
  - Range, O. L; 1997 Efecto de mejoradores sobre algunas propiedades químicas de un Andisol y el crecimiento de maíz. Tesis Maestría en Ciencias. Especialidad de Edafología, IRENAT, Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 120 p.
  - Reid, J. B. and Goss, M.J. 1981 Effect of living roots of different plant species on the aggregate stability of two arable soil. *Journal of Soil Science* 32:521-541.
  - Rojas, R.T. y Sánchez, W.T. 1985. Historia de la agricultura en época prehispánica. Siglo XVI. Colección biblioteca del INAH. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D.F.
  - Rzedowski, G. 1990 Flora fanerogamica del Valle de Mexico Publicacion no. 26 / Instituto de Ecologia, Centro Regional del Bajío 1406 p.
  - Sánchez de Lorenzo, J. M., 2001 Guía de plantas ornamentales. Ed. Mundi prensa 685 p.
  - Secretaria de Gobernación y Gobierno del Estado de Morelos. 1988. Los municipios de Morelos. Colección enciclopédica de los municipios de México. S.G.G.M.
  - Secretaria de programación y presupuesto S.P.P. 1981. Atlas Nacional del Medio Físico. Esc. 1:1 000 000. 224p.
  - Simpson, K 1986 Abonos y estiércoles. Ed Acribia, S.A. 273 p.
  - Simpson, K; 1991 Fertilizers and manures, John Wiley and Sons, New York, USA 14-117pp.
  - Singer, M.J; Southard, R.J; Warrington, D.N. and Janitzky, P. 1992 Stability of synthetic sandclay aggregates after wetting and drying cycles. *Soil Science Society American Journal* 56:1843 – 1848.
  - Soil Survey Staff 1999 Keys to soil taxonomy: SMSS, Technical Monograph, no. 19, Fourth ed. 422p.

- 
- Sparks, D.L. 1996 *Methods of soils analysis. Part 3 Chemical methods*. American Society of America. Book Series: 5. Madison, Wis. 1390 p.
  - Tamhane, R. V; Montinari, D. P; Bali, P. B. y Donahue, R. L. 1986. *Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales*. Diana. México, D.F. 483 p.
  - Tisdale, S; Nelson, W 1970 *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. Ed. Montaner y Simos S.A. Barcelona 760 p.
  - Tisdale, J. M. 1994 Possible role of soil microorganism in aggregation in soils. *Plant and soils*. Vol 159 pp 115-121.
  - Trinidad S. A. 1987 *El uso de Abonos Orgánicos en la Producción Agrícola*. Serie Cuadernos de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
  - Trinidad, S. 1999 *El papel de los abonos orgánicos en la productividad de los suelos*. Lombricultura y abonos orgánicos. Simposium Internacional y Primera Reunión Nacional, Universidad Autónoma de Chapingo, Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. 3-16 p.
  - Thompson, L., Troeh, F. 1982 *Los suelos y su fertilidad*. 4ª ed. Ed. Revertè, S.A.
  - Velázquez, R. A. S. 1994 *Efecto de diferentes cultivos sobre la disgregación y alteración de tepetates del Estado de Morelos en condiciones de invernadero*. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 125 p.
  - 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 Maestría en Ciencias. (Edafología), Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 147P.
  - Velázquez, R. A. S.; Flores, R. D.; Acevedo, S. O. 2001 *Formación de agregados en tepetate por influencia de especies vegetales*. *Agrociencia* 35: 311-320.
  - Velázquez, R. A. S. 2002 *Especies vegetales, abono y fertilizante: su influencia en la calidad de un tepetate de Tetela del Volcán Edo. de Morelos*. Tesis doctorado en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM. México. D.F.
  - Wild, A. 1992. *Condiciones del suelo para el desarrollo de la plantas según Rusell*. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España 1045 p.

- Zebrowski, C 1992 Los suelos volcánicos endurecidos en América Latina. *In* Suelos Volcánicos Endurecidos. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México 1-4 p.
- Zebrowski, C. 1997 Los suelos con cangagua en el Ecuador, Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos, Impresora Polar, Quito, Perú. 128-137 p.

#### INFORMACION DE INTERNET

1. <http://www.infoagro.com/flores/flores/clavel.htm> (generalidades)
2. [http://plants.usda.gov/cgi\\_bin/plant\\_profile.cgi?symbol=DICA26](http://plants.usda.gov/cgi_bin/plant_profile.cgi?symbol=DICA26) (clasificación)
3. [http://www.ediho.es/horticom/publicac/juego\\_v/rh118.html](http://www.ediho.es/horticom/publicac/juego_v/rh118.html) (variedades clavel)
4. <http://www.infoagro.go.cr/tecnología/CARNE/gallinaza.htm>
5. <http://www.bricopage.com/floresclavel.htm> (altura planta)
6. <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral#calcio> (nutrimentos plantas)