

FALLA DE ORIGEN

4  
2 e j



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN



**"RENDIMIENTO DE MAIZ-FRIJOL EN TEPETATE,  
EN EL SEGUNDO AÑO DE REHABILITACION  
AGRICOLA"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO AGRICOLA**  
P R E S E N T A  
**DIONISIO BENITEZ MARTINEZ**

DIRECTOR: DR. HERMILIO NAVARRO GARZA

ASESOR: O. CELIA ELENA VALENCIA ISLAS



## **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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES - CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Rendimiento de maíz-frijol en tepetate, en el segundo año de rehabilitación agrícola"

que presenta el pasante: Dionisio Benítez Martínez  
con número de cuenta: 8204535-8 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Mex., a 9 de septiembre de 1995

PRESIDENTE	<u>M.C. Edvino Josafat Vega Rojas</u>	<i>[Firma]</i> 15/09/95
VOCAL	<u>Ing. Vicente Silva Garrillo</u>	<i>[Firma]</i> 15/09/95
SECRETARIO	<u>Q. Celia Elena Valencia Islas</u>	<i>[Firma]</i> 15/09/95
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Raúl Espinoza Sánchez</u>	<i>[Firma]</i> 9/09/95
SEGUNDO SUPLENTE	<u>M.C. Otilio Acevedo Sandoval</u>	<i>[Firma]</i> 15/09/95

## **DEDICATORIA.**

### **A MIS PADRES:**

**DIONISIO BENTEZ ALBINO Y MARCELINA MARTINEZ JOSE**

**Quienes me han dado la vida y motivado a vencer todos los obstáculos por muy difíciles que sean.**

### **A MIS HERMANOS:**

**JOSEFINA      DEMETRIO  
MARINA      GABRIEL  
JUAN      CANDIDO  
MARTIN      JOSE CARLOS  
ESTEBAN      ONESIMO**

**Que me han apoyado en todo momento y persuadido a seguir siempre adelante.**

**Al M. C. Luis Ricardo Cazares García por su ejemplo de superación y tenacidad en el trabajo.**

## AGRADECIMIENTOS.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** y a la **Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán**, a quienes extendiendo mi más sincera gratitud por haberme dado la posibilidad de superarme profesionalmente.

Al **Dr. Hermilio Navarro Garza**, por la acertada dirección y revisión del presente trabajo; así como también de su ayuda incondicional para la culminación de esta obra.

A los **Ing. Agr. Ma. Antonia Pérez Olvera** y **Diego Flores Sánchez**, por su apreciable contribución en el procesamiento de datos mediante el sistema computacional.

A la química **Celia Elena Valencia Islas**, por la revisión y valiosas sugerencias para la mejoría de la presente investigación.

A todos mis **sinodales** que conforman el jurado calificador, por la revisión y estimables opiniones para acrecentar la calidad del presente trabajo.

Al **Colegio de Postgraduados**, particularmente para el personal del **Centro de Estudios del Desarrollo Rural** y **Centro de Edafología** (laboratorio de fertilidad y física de suelos); así como de **ORSTOM** (Francia) y **Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tlaxcala**, por la prestación de las instalaciones y aportación de los recursos necesarios para llevar a cabo la presente investigación experimental.

A todos mis **compañeros** que me brindaron incondicionalmente su amistad.

## CONTENIDO.

	Pag.
Indice de figuras .....	iv
Indice de cuadros.....	v
Indice de cuadros anexos ( apendice ).....	vii
<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>3</b>
Objetivos e hipótesis.....	5
<b>II. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
2.1 El tepetate como recurso agrícola.....	6
2.1.1 Definición.....	7
2.1.2 Origen.....	8
2.1.3 Problemática agronómica.....	9
2.1.3.1 Uso y manejo.....	10
2.1.3.2 Manejo rotacional.....	12
2.1.3.2.1 Efecto del cultivo precedente en suelo y tepetate.....	14
2.1.3.3 Limitantes físicos.....	15
2.1.3.3.1 Espesor de la capa arable.....	16
2.1.3.4 Limitantes químicos.....	17
2.1.3.4.1 Materia orgánica.....	17
2.1.3.4.1.1 Generalidades sobre el uso agronómico del estiércol.....	18
2.1.3.4.1.2 Investigaciones relacionadas con la eficiencia de los abonos orgánicos en la producción de los cultivos, en tepetates.....	21
2.2 El sistema agrícola de cultivos asociados.....	24
2.2.1 Importancia.....	24

2.2.2 Resúmenes de algunas investigaciones realizadas en la asociación maíz-frijol.....	25
2.2.3 Efecto de la aplicación de estiércol en la asociación maíz-frijol.....	26
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>29</b>
3.1 Descripción del área de estudio.....	29
3.1.1 Localización.....	29
3.1.2 Clima.....	29
3.1.3 Clasificación y uso del suelo.....	29
3.2 Establecimiento del experimento.....	30
3.2.1 Antecedentes del manejo técnico de la parcela experimental.....	30
3.2.2 Tratamientos y diseño experimental.....	32
3.2.3 Siembra.....	32
3.2.4 Labores de cultivo.....	32
3.2.5 Control de malezas y plagas.....	32
3.2.6 Muestreos y mediciones.....	33
3.2.7 Cosecha.....	33
3.2.8 Análisis estadístico.....	36
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
4.1 Rendimiento y algunos componentes agronómicos en maíz.....	37
4.1.1 Rendimiento de grano.....	43
4.1.1.1 Efecto de la materia orgánica.....	43
4.1.1.2 Efecto de la interacción materia orgánica por cultivo precedente.....	46
4.1.2 Número de mazorcas por metro cuadrado.....	49
4.1.2.1 Efecto de la materia orgánica.....	49
4.1.3 Índice de cosecha.....	51
4.1.3.1 Efecto de la materia orgánica.....	51
4.1.3.2 Efecto del cultivo precedente.....	52
4.1.3.3 Efecto de la interacción materia orgánica por cultivo precedente.....	56

4.2 Componentes del rendimiento.....	58
4.2.1 Número de granos por hilera.....	61
4.2.1.1 Efecto de la materia orgánica.....	61
4.2.1.2 Efecto del cultivo precedente.....	64
4.2.1.3 Efecto de la interacción materia orgánica por cultivo precedente.....	66
4.2.2 Número de granos por mazorca.....	68
4.2.2.1 Efecto de la materia orgánica.....	68
4.2.2.2 Efecto del cultivo precedente.....	70
4.2.2.3 Efecto de la interacción materia orgánica por cultivo precedente.....	72
4.2.3 Número de granos por metro cuadrado.....	74
4.2.3.1 Efecto de la materia orgánica.....	74
V. DISCUSION GENERAL.....	77
VI. CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES.....	81
BIBLIOGRAFIA.....	82
APENDICE.....	92

## INDICE DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1 Perfil de precipitación y tipo de humedad ( Hueyotlipan, Tlaxcala, 1992 ).....	38
2. Efecto de la materia orgánica en el rendimiento de grano de maiz.....	44
3. Efecto de la interacción materia orgánica por cultivo precedente, en el rendimiento de grano de maiz.....	47
4. Efecto de la materia orgánica en el número de mazorcas por metro cuadrado.....	50
5. Efecto de la materia orgánica en el índice de cosecha.....	53
6. Efecto del cultivo precedente en el índice de cosecha.....	55
7. Efecto de la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el índice de cosecha.....	57
8. Efecto de la materia orgánica en el número de granos por hilera.....	63
9. Efecto del cultivo precedente en el número de granos por hilera.....	65
10. Efecto de la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el número de granos por hilera.....	67
11. Efecto de la materia orgánica en el número de granos por mazorca.....	69
12. Efecto del cultivo precedente en el número de granos por mazorca.....	71
13. Efecto de la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el número de granos por mazorca.....	73
14. Efecto de la materia orgánica en el número de granos por metro cuadrado.....	75

## INDICE DE CUADROS.

	Pág.
Cuadro 1. Resultados del análisis físico-químico del tepetate de la parcela experimental realizado antes de la roturación (1991).....	31
2. Producción total de rastrojo del policultivo y de biomasa de la veza al término del ciclo de cultivo, en el primer año de rehabilitación del tepetate.....	31
3. Rendimiento de grano de frijol generada por las variables independientes materia orgánica y cultivo precedente.....	37
4. Cuadrados medios, significancia estadística y coeficientes de variación para rendimiento de grano y de algunos componentes agronómicos, en maíz.....	39
5. Medias del rendimiento de grano y de algunos componentes agronómicos en maíz, bajo el efecto de la materia orgánica..	40
6. Medias del rendimiento de grano y de algunos componentes agronómicos en maíz, según el tipo de cultivo precedente.....	41
7. Medias del rendimiento de grano y de algunos componentes agronómicos en maíz, cuando interactuaron las variables independientes materia orgánica y cultivo precedente.....	42
8. Pruebas de Tukey para el efecto de la materia orgánica en el rendimiento de grano de maíz.....	43
9. Pruebas de Tukey para la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el rendimiento de grano de maíz.....	46
10. Pruebas de Tukey para el efecto de la materia orgánica en el número de mazorcas por metro cuadrado.....	49
11. Pruebas de Tukey para el efecto de la materia orgánica en el índice de cosecha en maíz.....	52
12. Pruebas de Tukey para el efecto del cultivo precedente en el índice de cosecha en maíz.....	54
13. Pruebas de Tukey para la interacción materia orgánica	

por cultivo precedente en el índice de cosecha en maíz.....	56
14. Relación de cuadrados medios, significancia estadística y coeficientes de variación para algunos componentes del rendimiento de maíz.....	59
15. Medias de algunos componentes del rendimiento bajo el efecto de la materia orgánica.....	60
16. Medias de algunos componentes del rendimiento según el tipo de cultivo precedente.....	60
17. Medias de algunos componentes del rendimiento cuando interactuaron las variables independientes materia orgánica y cultivo precedente.....	61
18. Pruebas de Tukey para el efecto de la materia orgánica en el número de granos por hilera.....	62
19. Pruebas de Tukey para el efecto del cultivo precedente en el número de granos por hilera.....	64
20. Pruebas de Tukey para la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el número de granos por hilera.....	66
21. Pruebas de Tukey para el efecto de la materia orgánica en el número de granos por mazorca.....	68
22. Pruebas de Tukey para el efecto del cultivo precedente en el número de granos por mazorca.....	70
23. Pruebas de Tukey para la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el número de granos por mazorca.....	72
24. Pruebas de Tukey para el efecto de la materia orgánica en el número de granos por metro cuadrado.....	74

## INDICE DE CUADROS ANEXOS.

	Pág.
Cuadro A-1. Analisis de varianza para la variable rendimiento de grano de maiz.....	92
2. Analisis de varianza para la variable número de plantas por metro cuadrado.....	92
3. Analisis de varianza para la variable número de mazorcas por metro cuadrado.....	93
4. Analisis de varianza para la variable altura de planta ( cm. ).....	93
5. Analisis de varianza para la variable materia seca de floración-cosecha ( gr/m <sup>2</sup> /día ).....	93
6. Analisis de varianza para la variable materia seca de siembra-cosecha ( gr/m <sup>2</sup> /día ).....	94
7. Analisis de varianza para la variable materia seca a la cosecha ( gr/m <sup>2</sup> ).....	94
8. Analisis de varianza para la variable indice de cosecha.....	94
9. Analisis de varianza para la variable número de granos por hilera.....	95
10. Analisis de varianza para la variable número de granos por mazorca.....	95
11. Analisis de varianza para la variable número de granos por metro cuadrado.....	95

## RESUMEN

Los agricultores tlaxcaltecas, generalmente, realizan aplicaciones de estiércol a los tepetates durante su proceso de rehabilitación para tratar de aminorar la escasa fertilidad, principalmente de nitrógeno, fósforo y materia orgánica, promoviendo con esta práctica, un progresivo aumento en el nivel nutrimental de estos substratos y mejorando las condiciones edáficas para el buen desarrollo de los cultivos. Sin embargo, en la gran mayoría de los casos, la utilización de estos abonos orgánicos es inalcanzable para muchos productores, por lo que es necesaria la búsqueda de nuevas alternativas. Es por ello, que en el presente trabajo se pretende proponer algunas alternativas que permitan hacer productivo al tepetate (T3). De acuerdo a lo anterior, se estableció el cultivo asociado de maíz-frijol para analizar la aptitud productiva de este substrato en el segundo año de rehabilitación agrícola, en la comunidad de Santiago Tlalpan, municipio de Hueyotlipan, Tlaxcala, utilizándose el mismo diseño experimental del primer año, el cual consistió en un factorial con distribución en bloques incompletos al azar y con seis repeticiones, así como de los tratamientos preexistentes sin y con incorporación de materia orgánica (40 ton/ha de estiércol bovino) y diferentes tipos de cultivos precedentes, tales como el policultivo maíz-frijol-haba sin y con inoculación con endomicorriza vesícula arbuscular, *Azospirillum* sp., y *Rhizobium* sp., así como del trigo y de la veza.

Cabe señalar, que únicamente se analizaron los resultados de la producción del maíz porque los rendimientos del frijol fueron afectados por constantes lluvias ocurridas durante el ciclo agrícola. Sin embargo, la presencia de estas fueron consideradas como un factor más que influyó en los rendimientos del maíz.

De acuerdo al análisis de varianza y a las pruebas de Tukey realizados, se obtuvieron los siguientes resultados:

Se obtuvo significancia estadística con la materia orgánica en: rendimiento de grano, número de mazorcas por  $m^2$ , número de granos por hilera, número de granos por mazorca, número de granos por  $m^2$  e índice de cosecha. Respecto, al efecto del cultivo precedente se obtuvo una mayor significancia con la veza en el número de granos por hilera, número de granos por mazorca e índice de cosecha. En cuanto a la interacción de ambas variables, se encontró significancia estadística para rendimiento de grano, en donde el policultivo sin inoculación se destacó de los

demas por sus altos valores; así como para el número de granos por hilera, número de granos por mazorca e índice de cosecha, en donde los valores de los dos primeros sobresalieron de los demas con la veza sin materia organica, mientras que para el segundo se destaco por el precedente trigo y policultivo con inoculacion respectivamente.

La escasa significancia estadística encontrada en algunos componentes agronomicos, se debio probablemente a que los rastrojos de los cultivos precedentes fueron incorporados al tepetate, los cuales quizás incrementaron la fertilidad de este y repercutieron en tales resultados.

## I. INTRODUCCIÓN.

Los tepetates en México, representan un recurso potencial para la producción agrícola, considerando el interés de los agricultores y de instancias oficiales para su utilización. Se les ubica generalmente en la región del eje neovolcánico, en forma de sedimentos de tobas volcánicas, los cuales afloran a la superficie terrestre al eliminarse la capa fértil del suelo por el fenómeno erosivo, como consecuencia de un mal manejo de los suelos, llegando a ser permanentemente inadecuados para uso agrícola.

El manejo de este recurso para hacerlo productivo, era ya conocido desde la época prehispánica por los antiguos pobladores tlaxcaltecas particularmente, en el que roturando y terraceando los terrenos de ladera con técnicas rudimentarias así como de la adición constante de materia orgánica, incrementaban la superficie cultivable, método que fue heredado a los habitantes contemporáneos de esta entidad.

Actualmente en el estado de Tlaxcala, la incorporación de los tepetates a la producción agrícola se sigue incrementando anualmente. La importancia de su utilización se debe a la escasez de tierras cultivables por la creciente presión demográfica, representando por ello, una alternativa viable para ampliar la frontera agrícola y así resolver las necesidades de alimentación más apremiantes de los campesinos de estas regiones. Es debido a ello, que la rehabilitación de estos substratos vaya en aumento, a pesar de la existencia de ciertas limitaciones naturales como lo es la escasa presencia de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, entre otros. Numerosos investigadores en la materia afirman al respecto, que una vez resueltas tales restricciones, así como de la disponibilidad de agua, el potencial productivo de este recurso puede llegar a ser similar que el del suelo.

Para solventar la limitada fertilidad de los tepetates roturados, algunos agricultores incorporan materia orgánica en forma de estiércoles, los cuales además de ser aportadores de nitrógeno, fósforo y algunos otros nutrimentos, promueven una mejoría en las propiedades físicas del suelo y una mejor producción agrícola. Apreciándose además, un efecto residual de estos, que beneficia a los agricultores de bajos recursos, al obtener rendimientos satisfactorios de los cultivos de su interés. En numerosas áreas ocupadas por estos suelos marginales, se ha obtenido una respuesta positiva a la adición de este tipo de materia orgánica.

Entre algunas otras practicas que realizan los pobladores tlaxcaltecas principalmente, en la rehabilitación del tepetate, se encuentra el manejo rotacional de los cultivos, así como del uso de leguminosas con el fin de incrementar la fertilidad y conservación de estos substratos.

La rehabilitación de los tepetates es un proceso sumamente largo, teniendo que pasar hasta cinco años o más para que los rendimientos puedan aproximarse a la de un suelo (Navarro y Zebrowaki, 1992), el cual se puede reducir mediante un manejo adecuado (Etchevers *et al.*, 1992a).

Considerando tal problemática, resulta necesario definir algunas estrategias para incrementar la productividad de este recurso a corto plazo y con técnicas accesibles al agricultor de estas zonas marginales. Es por ello, que el presente trabajo pretende proponer algunas alternativas que permitan hacer productivo al tepetate, mediante la participación de los cultivos precedentes y la materia orgánica adicionada en el primer año, a través del análisis de rendimiento del cultivo asociado maíz-frijol establecido en el segundo año de rehabilitación agrícola. Con este propósito se establecen los siguientes objetivos.

## **OBJETIVOS E HIPOTESIS.**

### **OBJETIVOS:**

Evaluar el rendimiento de grano y algunos componentes agronómicos de la asociación maíz-frijol, en el segundo año de rehabilitación agrícola de un tepetate café (T3), en el cual existen tratamientos previos con y sin aplicación de materia orgánica y cultivo precedente.

Proponer algunas alternativas para incrementar la productividad del tepetate.

### **HIPOTESIS:**

El rendimiento de grano y componentes agronómicos de la asociación maíz-frijol son afectados por la residualidad de la materia orgánica, así como de la presencia del cultivo precedente en el tepetate ( T3 ).

## II. REVISION DE LITERATURA.

### 2.1 El tepetate como recurso agrícola.

En México, los tepetates se encuentran localizados principalmente en el Altiplano, entre los 1 800 y 2 900 msnm, en climas subhúmedos y áridos, en condiciones de sequía estacional (Dubroeuq, Quantín y Zebrowski, 1989; citados por Navarro *et al.*, 1991a).

Guerrero *et al.* (1992), estiman que en la República Mexicana aproximadamente 18, 368, 500 hectáreas están ocupadas por algún tipo de sustrato endurecido conocido por los campesinos como tepetate, ya sea aflorando o dentro de los 100 cm. de profundidad del suelo. De las cuales 13,951,800 hectáreas corresponden a los petrocálcicos, cementados por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ); 3,724,700 hectáreas para los duripanes, los cuales se encuentran cementados por sílice ( $\text{SiO}_2$ ); y 692,000 hectáreas para los petrogipsicos, cementados por sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ); los cuales ocupan respectivamente, el 9.38, 1.90 y 0.35% de la superficie territorial nacional. El primero y último de ellos se localizan principalmente en zonas con climas áridos, en los estados del noreste y centro del país, mientras que el segundo de ellos se ubica generalmente en zonas con clima subhúmedo y semiárido, con periodos de lluvia estacional, en las cercanías del Eje Neovolcánico Transversal, Tlaxcala, Hidalgo, Querétaro y Jalisco. Werner (1992) y Zebrowski (1992), mencionan que la ocupación de este tipo de sustrato en el territorio tlaxcalteca es del 70%, de los cuales el 15% corresponde a afloramiento.

La amplia extensión que ocupan los sustratos cementados por sílice y la creciente presión demográfica, ha provocado que algunas instituciones de educación e investigación se interesen en el estudio del material, así como en el mejoramiento de las técnicas de manejo que permita su utilización (Delgadillo *et al.*, 1992) y ampliación de la frontera agrícola para subsanar la deficiencia alimentaria (Arias, 1992). La participación gubernamental se ha dado mediante programas tendientes a la roturación de estos con maquinaria pesada, así como de la construcción de obras de conservación del mismo (Delgadillo *et al.*, 1992; Werner, 1992). Este sustrato es conocido científicamente como suelo volcánico endurecido.

Los tepetates afloran a la superficie terrestre al eliminarse la capa fértil del suelo por el fenómeno erosivo, como consecuencia de un inadecuado manejo de los suelos, llegando a ser

permanentemente inadecuados para el uso agrícola (Ruiz, 1987). A pesar de ello, representan un potencial innegable para la actividad agrícola en estas regiones marginales (Zebrowski, 1992).

Estos suelos endurecidos son un recurso para la producción agrícola, forestal y pecuaria, pudiendo alcanzar aptitudes productivas considerables si los factores limitantes son modificados, mediante el reacondicionamiento topográfico, aplicación de materia orgánica y/o fertilizantes, y un manejo adecuado con cultivos pioneros capaces de mejorar las características estructurales del mismo (Zebrowski *et al.* 1992). Así lo señalan también las investigaciones realizadas por Zebrowski (1992), Arias (1992), Etchevers *et al.*, (1992a), Navarro y Zebrowski (1992). Estas técnicas de rehabilitación han sido utilizadas desde la época prehispánica por los campesinos tlaxcaltecas particularmente (Hernandez, 1987; González, 1992).

### 2.1.1 Definición.

En la actualidad existe cierta confusión para precisar con exactitud el término "tepetate", diversos autores lo han definido en varios contextos.

Barbara (1972), citado por Sánchez *et al.* (1987), menciona que los aztecas utilizaban este término para referirse al material duro y compacto que en la lengua nahuatl es Te-petlatl ("teti" significa piedra y "petlatl" petate), es decir, "piedra semejante al petate" o bien "piedra semejante a lecho duro".

Shaw (1929), citado por Sánchez *et al.* (1987a), define al tepetate como una formación rocosa más o menos estratificada de distinta dureza y consolidación.

Sánchez *et al.* (1987a), definen agrónomicamente a los tepetates como estratos endurecidos que afloran a la superficie terrestre que en un principio sobre de ellos se encontraba una capa fértil de suelo, la cual fue eliminada por el fenómeno erosivo como consecuencia de un mal manejo tanto agrícola como pecuario y forestal.

Guerrero *et al.* (1992), mencionan que generalmente los campesinos denominan tepetate a cualquier capa de subsuelo duro diferente a la roca, aunque científicamente este término sólo se le da a los horizontes endurecidos de materiales piroclásticos.

Etchevers *et al.* (1992a), denominan tepetate a una variedad de horizontes endurecidos o semi-endurecidos subyacentes a los suelos de origen volcánico, y que en algunos casos afloran a la superficie como consecuencia de un manejo irracional de los suelos.

### 2.1.2 Origen.

El origen de los tepetates, así como de su modo de formación y proceso de cementación aun no está totalmente esclarecido, debido a que es un proceso sumamente complicado.

Zebrowski (1992), asevera que los materiales originales de los tepetates están básicamente constituidos por lluvias aéreas de cenizas volcánicas y lapillis o bajo la forma de flujos piroclásticos. Afirmando, que el posible endurecimiento de estas formaciones pueden ser de origen geológico o pedológico con aporte de cementos tales como el carbonato de calcio o la sílice.

Nimlos (1987), menciona que la cementación geológica involucra la emisión profusa de cenizas volcánicas acompañadas por grandes cantidades de vapor que al condensarse ocasionan fuertes aguaceros. Al saturarse estos materiales (depósitos cineríticos) con agua, fluyen por pendientes cuesta abajo, a veces atravesando distancias considerables, liberando sílice masivamente y produciendo el endurecimiento.

Asimismo, asevera que la cementación pedogénica de estos es producto de la eluviación de la sílice en un horizonte superior e iluviación en uno inferior. La alta solubilidad de la sílice se debe a la forma amorfa en que se encuentra, originada por el enfriamiento apresurado de las cenizas volcánicas a tal grado que no pudo configurarse en cristales, la cual es menos soluble.

Este autor menciona además, que en algunos casos existen endurecimientos silicocementados que no son geogénicos ni pedogénicos. Ejemplo de ello lo constituye la toba. El endurecimiento de esta, se debe a que las cenizas volcánicas al ser depositadas en agua o cuando penetran aguas freáticas en tales depósitos, la sílice amorfa se intemperiza y reprecipita como cemento. Werner (1992) y Hessmann (1992), afirman que la mayor parte del material parental de los suelos de la entidad tlaxcalteca está conformada por este tipo de sustrato. Según ellos, el origen de esta se debe a que en la época Terciaria extensas áreas de la superficie territorial estaban cubiertas por sedimentos lacustres, los cuales fueron elevados por movimientos telúricos a una altura de 2,600 manm. Posteriormente durante la época Cuaternaria, estos sedimentos lacustres, fueron cubiertos paulatinamente por cenizas volcánicas, originando este tipo de formación. Después de la sedimentación de estas capas de toba se desarrolló un suelo de tipo Cambisol.

Werner (1992), menciona que los sedimentos estratigráficos de toba con mayor incidencia en Tlaxcala corresponden a las de color café (T3) y gris claro (T2). Cabe señalar que aunque no es muy común la presencia de la toba T1 en esta entidad, cuando se presenta es en forma de suelo

arcilloso masivo y duro, manifestando además abundantes capas subhorizontales de carbonato de calcio, debido a ello han sido considerados como tepetates, y denominados "indefinidos" por no existir seguridad de que pertenezcan al tipo T2 y T3 (Peña y Zebrowski, 1992). Finalmente, cabe mencionar que el estrato más reciente corresponde a la capa Holocena (Aeppli, 1973; Werner, 1989; citados por Werner, 1992), formada por un depósito areno-limoso, eólico-coluvial que ha generado el suelo humífero actual (Quantin et al. 1993).

Quantin et al. (1992), mencionan que los tepetates T2 y T3 están conformados generalmente por arcilla y limo muy fino, generados por la alteración y fragmentación de sus vidrios (cineritas riolíticas). Quantin et al. (1993), aseveran que los recubrimientos de las arcillas con sílice y óxido de hierro, contribuyen después de la deshidratación, a su endurecimiento. Asimismo, señalan que estos poseen un comportamiento de fragipan debido a que están débilmente silificados.

### **2.1.3 Problemática agronómica.**

El grave problema que presentan las numerosas áreas de tepetate para su utilización agrícola, es debido a que estos se encuentran ubicados en terrenos con pendiente pronunciada, manifestando además ciertas restricciones para la producción de los cultivos (Navarro y Zebrowski, 1992).

Esta capa dura dificulta enormemente las labores agrícolas, ocasionando bajos rendimientos en los cultivos debido a lo somero de la capa arable, a la baja cantidad de nutrientes, a la reducida capacidad de almacenamiento de humedad, a la baja permeabilidad y al impedimento del desarrollo de las raíces de las plantas (Quantin et al., 1989a). Arias (1992), menciona que la dureza, retención de humedad, fertilidad y manejo, son los principales limitantes que se presentan para su rehabilitación, siendo necesaria la ejecución de prácticas sumamente costosas tales como la roturación, la construcción de obras para el control de la erosión, y la aplicación de abonos naturales o sintéticos.

La limitante más crítica que afecta a los tepetates para rehabilitarlos a la producción agrícola es su baja fertilidad, debido a la extremada carencia de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, siendo imprescindible la aplicación drástica de estiércoles, abonos verdes y/o fertilizantes nitrogenados para lograr revertir esta situación (Etchevers et al., 1992a, b y c). Pimentel (1992),

Arias (1992) y Quantin *et al.* (1993b), recomiendan el uso de los abonos orgánicos, ya que estos además de proporcionar materia orgánica al tepetate acrecientan el rendimiento de los cultivos.

Navarro (1992b), menciona que los resultados obtenidos en los primeros años de rehabilitación del tepetate son altamente variables, dependiendo sobre todo de la práctica de rotación y del manejo de la fertilidad mediante la aplicación de abonos orgánicos y/o fertilizantes.

Navarro y Zebrowski (1992), aseveran que los rendimientos de maíz son bajos en el primer año de cultivo, posteriormente se mejora la producción y puede aproximarse a la obtenida en suelo después de cinco años o más de utilización.

Peña *et al.* (1990); citados por Quantin *et al.* (1993b), aseguran que después de cinco años de utilización agrícola del tepetate T2 y T3, el rendimiento de grano de maíz en zonas secas es de 0 ton/ha sin riego, y de 1.2 a 2.4 ton/ha con riego y fertilización; mientras que en zonas húmedas es de 2.2 a 3.8 ton/ha.

Quantin *et al.* (1993b), afirman que los rendimientos del cultivo de maíz en fragipan, es siempre muy bajo en el primer año (< 0.4 ton/ha), pero aumenta en función del tiempo: 1 a 1.5 ton/ha en segundo año, 2 a 2.5 ton/ha en tercer año; y de aproximadamente 3 ton/ha en el quinto año, señalando que el suministro de agua es de gran importancia para el éxito del cultivo.

Arias (1992), menciona que con un manejo adecuado del tepetate, la producción agrícola bajo condiciones de temporal para maíz es de 3.2 ton/ha y de 4 ton/ha con riego de aguas residuales.

### **2.1.3.1 Uso y manejo.**

Los tepetates han sido roturados para darles principalmente un uso agrícola, pecuario y forestal, constituyendo el primero de ellos la utilización más importante por permitir la ampliación de su frontera. En este recurso potencial se han establecido una gran diversidad de cultivos, los cuales han proporcionado muy buenos resultados, ejemplos de ellos la cebada, el trigo, el maíz para grano, el frijol, la calabaza, el alverjón, el ebo, la avena, la alfalfa y algunas especies de pastos forrajeros (Gavi *et al.*, 1992; Nava *et al.*, 1992; y Delgadillo *et al.*, 1989a). Sin embargo, esta forma de uso demanda la implementación de prácticas de recuperación y conservación del mismo que permita a su vez la formación de una capa útil para el crecimiento de los cultivos (Delgadillo *et al.*, 1989a).

Arias (1992) y Pimentel (1992), mencionan que debido a que generalmente los tepetates se encuentran ubicados en lomeríos, al incorporarlos es necesario el establecimiento de prácticas mecánicas para el control de la erosión hídrica como pueden ser las terrazas, los bancales, las zanjas o cajetes y el surcado al contorno; o prácticas vegetativas, como son el uso de cultivo en fajas, cultivos de cobertura, abonos verdes y otros.

El manejo requerido para hacer productivo al tepetate era ya conocido desde la época prehispánica, particularmente para los antiguos pobladores tlaxcaltecas, en donde además de la roturación y terrazo de este material adicionaban periódicamente materia orgánica en forma de sedimentos de canales y zanjas, restos vegetales y estiércol de aves, entre otros (González, 1992). Esta técnica rehabilitadora ha sido heredada a los pobladores de estas regiones. Ejemplo de ello, lo constituye las prácticas que realizan actualmente los campesinos de las comunidades de Santa Inés Tecuexcomac y Santiago Tlalpan, en Tlaxcala, quienes aplican estiércol, rastrojos de maíz, de trigo y de cebada para hacer productivo al tepetate (Nava *et al.*, 1992; Gutiérrez, 1992b); así como del abonamiento de las terrazas con pajas, estiércoles, abonos verdes, residuos orgánicos, lamas o lodos de canales, que realizan los productores de Santa Catarina del Monte, estado de México (Delgadillo *et al.*, 1992b).

Camargo *et al.* (1987), recomiendan la incorporación de leguminosas como abono verde, estiércoles y/o abonos químicos una vez roturado el tepetate, con la finalidad de apresurar el proceso de rehabilitación.

Ortiz *et al.* (1992), mencionan que para proporcionarle un manejo adecuado a los tepetates en zonas de temporal escaso, este material debe roturarse finamente y aplicarse suficiente materia orgánica para aumentar la capacidad de retención de humedad.

Una de las conclusiones del Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos (1992), señala que la rehabilitación de los tepetates se hace previo una roturación profunda y una fragmentación adecuada para obtener la infiltración y el almacenamiento de agua.

Delgadillo *et al.* (1992b), evidencian la apremiante necesidad de proporcionar al tepetate un manejo integral para lograr su rehabilitación productiva en el que se incluya la construcción de terrazas, roturación, incorporación de abonos orgánicos, rotación de cultivos y aplicación de coberturas vegetales, entre otros.

Navarro y Zebrowski (1992), afirman que el manejo agrícola de los tepetates posibilita el desarrollo de una mayor aptitud productiva, debido a la modificación de algunas limitantes físico-químicas.

Cabe señalar, que el principal problema que repercute seriamente en la incorporación de estos terrenos a la actividad agrícola es la falta de agua. El suministro de este elemento en los tepetates, es un factor de importancia para lograr una mayor productividad agrícola (Quantin *et al.*, 1993b).

Ortiz *et al.* (1992a), al conducir un experimento sobre la producción de maíz en tepetates, llegaron a la conclusión de que la productividad de estos depende del temporal, de las adiciones de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, así como de las labores pertinentes del cultivo y no del tiempo de roturación.

Peña *et al.* (1990), al recabar información entre campesinos en la región oriental de la Cuenca de México sobre el manejo del cultivo de maíz en tepetate T2 y T3, encontraron que los rendimientos de grano son bastante favorables cuando aplican estiércol o fertilizantes y se tiene disponibilidad de agua de lluvia o agua de riego, entre otros. Observaron además, que la carencia de algunos de estos elementos repercuten seriamente en la producción de tal manera que los rendimientos en rastrojo son bajos y nulos en grano. Concluyendo que los rendimientos de este cultivo no dependen del tipo de tepetate ni del tiempo de la roturación, sino del manejo que se les otorgue.

Quantin *et al.* (1993b), mencionan que mediante un manejo adecuado de los tepetates de tipo fragipan, pueden ser un recurso agrícola durable y de buena productividad.

Alvarez *et al.* (1992), afirman que la roturación, la incorporación de estiércol bovino, el uso de cultivos asociados con leguminosas e inoculación de las mismas con microorganismos fijadores de nitrógeno (*Rhizobium sp.*, *Azospirillum sp.*) y captadores de fósforo (*endomicorriza V-A: Glomus sp.*), son buenas alternativas de manejo para recuperar la aptitud productiva del tepetate.

### 2.1.3.2 Manejo rotacional

Quantin *et al.* (1993b), señalan la apremiante necesidad que tiene el desarrollo de una agricultura rotacional durante el proceso de rehabilitación de los tepetates, en donde se incluyan

abonos verdes así como de una diversificación y un mejoramiento de los cultivos con el fin de obtener una productividad más económica y rentable.

Mounjtjoy *et al.*, (1988); Altieri (1987); Gliessman (1990); citados por Alvarez *et al.* (1992), mencionan que las prácticas de manejo agroecológico tales como la rotación, el uso de policultivos y la incorporación de materia orgánica, han mostrado su viabilidad durante cientos de años por su efecto en la conservación y en el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Nava *et al.* (1992), mencionan que el uso de cultivos asociados y rotación con leguminosas en los tepetates, es el manejo más común que se ha utilizado desde hace mucho tiempo para lograr la conservación de estos y mantener las siembras a un nivel de productividad favorable.

Barnier (1966), citado por Diaz *et al.* (1988), señala que la rotación de cultivos asegura el equilibrio de la fertilidad del suelo debido a que las especies cultivadas presentan diferentes requerimientos de elementos nutritivos y condiciones edáficas.

Navarro y Zebrowski (1992), mencionan que en la región tlaxcalteca la rehabilitación agrícola de este recurso se realiza con el patrón rotacional siguiente: en el primer año, el 60% de las parcelas son cultivadas con trigo, el 20% con cebada y el resto con la asociación maíz-frijol.

Para el segundo año, el trigo y el maíz representan cada uno 35% de la superficie, dividiéndose el 30% restante en igual proporción entre maíz-frijol y maíz-haba. Finalmente, en el tercer año la asociación maíz-frijol es dominante con 45%, siguiendo el maíz con 35%, y el 20% restante para el trigo.

Quiroga *et al.* (1992), señalan que entre algunas de las ventajas que tienen las leguminosas al ser utilizadas dentro de un patrón de cultivos, es el ahorro de fertilizante nitrogenado debido a la asociación simbiótica entre estas y las bacterias del género *Rhizobium*, con la cual se logra la fijación atmosférica de este elemento y el beneficio consecuente para los cultivos en rotación.

Tisdale *et al.* (1987), mencionan que las leguminosas contribuyen a incrementar la fertilidad del suelo a través de la aportación de materia orgánica procedente de las raíces y parte aérea, así como del suministro residual de nitrógeno a los siguientes cultivos.

Delgadillo *et al.* (1989a), aseveran que las leguminosas son las únicas plantas factibles de colonizar a los tepetates porque logran desarrollarse aún con bajos contenidos de nitrógeno, y aunque son sensibles a las condiciones adversas del ambiente, tanto climáticos como nutrimentales, sus raíces proporcionan grandes beneficios a este sustrato.

Grews *et al.* (1991), citados por Alvarez (1992), mencionan que uno de los principales ingresos de nutrientes en las terrazas y cajetes en Tlaxcala, se realiza a través de la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico a partir de las leguminosas cultivadas.

Urbano *et al.* (1992), estiman que buena parte del nitrógeno fijado por las leguminosas pasa al suelo por medio de las excreciones radiculares o cuando mueren y se desorganizan los nódulos.

Teuscher (1981), citado por Delgadillo *et al.* (1989a), afirma que el aumento de nitrógeno en la asociación de leguminosas con otras plantas en suelos pobres de nitrógeno, se debe a la excreción de este elemento por las raíces de las primeras.

#### **2.1.3.2.1 Efecto del cultivo precedente en suelo y tepetate.**

El cultivo anterior puede tener un efecto benéfico o deprimente en el comportamiento del cultivo siguiente.

Sánchez (1981), citado por Díaz *et al.* (1988), menciona que al utilizarse a las leguminosas como cultivo precedente generan un efecto benéfico en los cultivos cereales debido al nitrógeno que aportan al suelo, el cual varía de acuerdo con la forma en que se cosechan y de la especie que se establezca, relacionando estas diferencias con la cantidad de residuos orgánicos radiculares. Señalando asimismo, el efecto negativo del establecimiento de gramíneas de crecimiento rápido debido a que promueven el agotamiento del nitrógeno orgánico y de las reservas de humedad del suelo.

Urbano *et al.* (1992), mencionan que el trigo es buen precedente para la producción de maíz y alfalfa, y regular para trigo y cebada. Asimismo, señalan que el maíz y la cebada como cultivos previos son buenos para la producción de trigo y cebada, y bastante buenos para maíz.

Page *et al.* (1946), citados por Foth *et al.* (1981) y Díaz *et al.* (1985), al sembrar maíz después de una leguminosa encontraron un incremento en el rendimiento bastante aceptable debido a la cantidad de nitrógeno disponible.

Bernal (1972), citado por Sánchez (1981) y Díaz *et al.* (1988), al realizar en Colombia dos experimentos de cultivos secuenciales encontró que el maíz precedido por soya dio un rendimiento aproximado de 0.5 a 1 ton/ha más que el precedido por el mismo cereal. Observó además, que el maíz precedido por la incorporación de abono verde dio los rendimientos promedios más altos sin ninguna aplicación de fertilizante nitrogenado.

Mulvan *et al.* (1983), citados por Millan *et al.* (1989), al experimentar con maíz encontraron que la disponibilidad de nitrógeno en el suelo depende considerablemente del ambiente y del cultivo precedente. Señalando que el establecimiento previo de una leguminosa forrajera, fijará bastante nitrógeno para aportarlo al cultivo del maíz.

Sánchez *et al.* (1992b), al realizar un estudio en la zona central de México, con la finalidad de analizar el aporte de nitrógeno orgánico al suelo de cuatro cultivos ( maíz, alfalfa, papa y girasol ) de acuerdo al manejo de los residuos de cosecha, encontró que la contribución que realizan cada uno de ellos es inherente a su especie, proporcional a su rendimiento y a la época en que son cosechados.

Galvis *et al.* (1992), mencionan que el nitrógeno existente en los residuos orgánicos incorporados al suelo (raíces y/o partes vegetativas), representan un aporte extra para el próximo cultivo. Independientemente de la naturaleza del residuo aplicado y tipo de suelo, aproximadamente el 30% del nitrógeno orgánico potencialmente mineralizable quedará disponible para el siguiente ciclo agrícola, y el 70% restante incrementará las reservas orgánicas edáficas.

B. Triplett *et al.* (1979), mencionan que el retorno suficiente de los residuos de las cosechas al suelo previenen una declinación de la materia orgánica, posibilitando mejores rendimientos en los cultivos.

Bugoslawski *et al.* (1983), citados por Matias (1992), señalan que la incorporación constante de materia orgánica y residuos vegetales en los tepetates es la mejor forma de iniciar el reciclaje de nutrientes, con el consiguiente efecto en la nutrición de las plantas y en la formación de agregados.

### 2.1.3.3 Limitantes físicos.

Una de las principales limitantes que impiden el desarrollo radical de las plantas y dificultan las labores agrícolas, es la presencia de la capa dura del tepetate, siendo necesaria la práctica de roturación para el establecimiento de los cultivos (Arias, 1992).

Werner (1992), señala que el principal objetivo de la roturación de estos substratos es su rehabilitación, los cuales pueden proporcionar una producción similar a la que tienen los suelos normales en condiciones de temporal.

Camargo *et al.* (1987), mencionan que la roturación es una práctica que consiste en romper la capa superficial del tepetate a una profundidad de 80 cm para aumentar su espesor, favorecer un mejor sostén mecánico para las plantas y acrecentar la capacidad de retención de agua y nutrientes, incrementando con ello la producción agrícola.

Pimentel (1992), asevera que la transformación de los tepetates a terrenos agrícolas se puede lograr mediante la aplicación de subsoleos totales y profundos con maquinaria pesada, barbechando y rastreando posteriormente para resquebrajar los terrones.

Delgadillo *et al.* (1989a), señalan que con la utilización de maquinaria pesada para la roturación de los tepetates, se obtiene una mejor calidad de la misma y disponibilidad en el contenido de humedad por lograr una mayor profundidad, favoreciendo una mejora en la absorción nutrimental y rendimiento de los cultivos.

Navarro (1992b) afirma que la calidad física de la roturación puede jugar posteriormente un papel muy importante en la explicación de los rendimientos, principalmente en los primeros años de utilización agrícola.

#### **2.1.3.3.1 Espesor de la capa arable.**

La gran mayoría de investigadores señalan que entre algunos de los principales limitantes físicos que se presentan en los tepetates, son el escaso espesor de la capa arable y la baja disponibilidad de agua para las plantas.

Ortiz *et al.* (1990b), definen a la profundidad del suelo como el espesor de material edáfico favorable para el buen desarrollo de las raíces de las plantas. Si es menor al espesor de máximo enraizamiento del cultivo, su producción estará limitada.

Miranda *et al.* (1990), señalan que al realizar prácticas de roturación en los tepetates es importante considerar su profundidad, puesto que de ella depende, en parte, los rendimientos.

Delgadillo *et al.* (1989a), mencionan que las características de roturación que dejan los implementos en el tepetate, determinan el contenido de nutrientes ya que se comportan de acuerdo al volumen roturado, indicando además, que una reducida capacidad de fracturación redundará en un menor rendimiento por presentar una baja disponibilidad nutrimental.

#### **2.1.3.4 Limitantes químicos.**

Los principales factores químicos que actúan como limitantes en la rehabilitación de los tepetates y su capacidad productiva son el bajo contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo principalmente, los cuales constituyen serias restricciones para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y deben mejorarse antes de intentar introducirlos al cultivo. Así, lo atestiguan varios estudios realizados al respecto (García, 1961; Cajuste *et al.*, 1987; Delgadillo *et al.*, 1989a; Pimentel, 1992; y Etchevers *et al.*, 1992a, b y c).

Zebrowski *et al.* (1992), y Etchevers *et al.* (1992a), señalan que entre algunas de las alternativas para resolver la limitada fertilidad de los tepetates, esta la aplicación de estiércoles y residuos orgánicos y la integración de actividades agropecuarias.

Delgadillo *et al.* (1989a), mencionan que la incorporación de abonos orgánicos a los tepetates, es la mejor forma de aportar los contenidos de nitrógeno y fósforo.

Ortiz *et al.* (1992a), señalan que es indispensable la aplicación de materia orgánica en los tepetates roturados porque de ella depende su productividad.

Galeana (1990) al evaluar el efecto de la veza como abono verde en el cultivo de la cebada, llegó a la conclusión de que la materia orgánica es indispensable para la obtención de mejores cosechas ya que es la fuente principal del nitrógeno que emplean las plantas para su desarrollo.

Tate (1987), citado por Tun (1991), menciona que la materia orgánica es la base de la fertilidad del suelo y es aportadora de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre.

##### **2.1.3.4.1 Materia orgánica.**

En la práctica agrícola para abatir la deficiencia de materia orgánica, se realizan aplicaciones de estiércoles y residuos de cosechas, entre algunos otros. De estos materiales orgánicos, el estiércol es la fuente más disponible, conocida y utilizada por presentar diversas ventajas tanto en los suelos como en los cultivos.

Gros (1981), citado por Carrillo (1984), señala que el estiércol es concebido de manera general como un producto compuesto por combinaciones de origen vegetal fermentables, destinados al mantenimiento o mejora del volumen de la materia orgánica del suelo, cuya concentración de nutrientes se encuentran en forma orgánica y deben de pasar por un proceso de mineralización para que sean potencialmente asimilables por los vegetales.

Morgan (1979), citado por Tovar (1987), menciona que el tipo de alimentación, la especie y la edad del animal tienen una gran influencia en la cantidad y calidad del estiércol.

National Plant Food Institute (1974), citado por Tovar (1987), señala que aproximadamente diez toneladas por hectárea de estiércol vacuno suministran al suelo las siguientes cantidades de nutrientes: 60 kg de  $P_2O_5$ , 70 kg de  $K_2O$ , 60 kg de CaO, y 15 kg de MgO.

Castellanos (1984), citado por Díaz (1989), menciona que una tonelada de estiércol vacuno equivale a una aplicación de 50 kg de N, 23 kg de  $P_2O_5$ , y 50 kg de  $K_2O$ .

Díaz (1989), al compilar una serie de investigaciones sobre abonos orgánicos realizadas en la República Mexicana, con el objetivo de generar recomendaciones teórico-práctico para la aplicación de estiércol vacuno, llegó a la conclusión de que una tonelada de este material proporciona 4 kg de N, 12 kg de  $P_2O_5$  y 34 kg de  $K_2O$ , considerando algunos factores como son la mineralización de los elementos y la pérdida de humedad.

#### **2.1.3.4.1.1 Generalidades sobre el uso agronómico del estiércol.**

Arias (1992) menciona que el uso de estiércol en la agricultura presenta ventajas muy favorables, porque además de aportar materia orgánica sirve como mejorador de la fertilidad y propiedades físicas del suelo.

Kumar *et al.* (1984), citado por Benedicto (1989), señalan que la aplicación de estiércol es sumamente importante en aquellos terrenos donde la agricultura se practica bajo condiciones de temporal deficiente, ya que favorece el desarrollo y rendimiento de los cultivos.

Yagodín (1982), citado por Benedicto (1989), asevera que los fertilizantes orgánicos ejercen un efecto multilateral sobre las propiedades agronómicas de los suelos, ya que sirven como fuente de nutrimentos y elevan los rendimientos de los cultivos agrícolas.

Tirado *et al.* (1992a), aseveran que el uso agronómico del estiércol vacuno, ovino y gallinaza no deben ser considerados exclusivamente como mejoradores del suelo sino también como fertilizantes, debido a que poseen cantidades apreciables de nutrimentos y un efecto residual más prolongado que los abonos químicos.

Millar *et al.* (1982), citado por Toledo (1987), mencionan que la influencia del estiércol en el rendimiento de los cultivos se manifiesta durante varios años.

Baeyens (1970), citado por Villarroel (1979), señala que en la aplicación de estiércol vacuno existe un efecto relativamente inmediato y un efecto remanente. En suelos arenosos el estiércol actúa durante el primer año especialmente, mientras que en los de textura franca o pesada el efecto subsiste durante el segundo, tercero e incluso el cuarto año.

Sarabia *et al.* (1992), al evaluar el efecto de la incorporación de estiércoles y fertilizantes sobre la producción de maíz, encontraron que el uso de los primeros tienden a incrementar los rendimientos de grano. Sin embargo, aseveran que los mejores resultados son obtenidos en el segundo año de aplicación debido a la residualidad que presentan estos materiales orgánicos.

Martín *et al.* (1977), citados por Tun (1991), mencionan que de la aplicación de bovinaza alrededor del 25-30% de nitrógeno puede liberarse en el primer año, y del 10-15% en el segundo año.

González (1984), afirma que es recomendable el uso de estiércol durante las primeras etapas de rehabilitación de los tepetates, porque estos además de promover cambios físicos, químicos y biológicos en el mismo, acrecientan la producción de los cultivos.

Benedicto (1989), al realizar un trabajo experimental en Tecamac, estado de México, con la finalidad de determinar el efecto de la incorporación de estiércoles en el suelo y en el cultivo de la cebada, encontró que aun cuando la precipitación del año no fue abundante la adición de estos favoreció la conservación de humedad del suelo y ciertos componentes del cultivar. Observó que a mayor aplicación de abono orgánico (0, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 y 6.0% en base a peso de suelo seco de estiércol equino, vacuno y gallinaza), la producción de materia seca del cultivo aumentaba, no obstante el índice de cosecha se redujo por la presencia de heladas. No detectó diferencias significativas en la producción de grano, considerando los rendimientos obtenidos con la aplicación de estiércol: equino (1.21 ton/ha), vacuno (1.21 ton/ha), y gallinaza (1.2 ton/ha). Afirma que tales resultados no son concluyentes, ya que en la mayoría de los casos el efecto se hace más evidente a partir del segundo año de evaluación.

Ponce (1987), al conducir un experimento en suelos someros con material parental de tepetate, bajo condiciones de temporal en Tizayuca, estado de México, con el objetivo primordial de generar tecnologías de producción para aumentar el rendimiento de maíz forrajero y/o para grano, encontró que tanto la incorporación (20 ton/ha) como la cobertura (60 ton/ha) de estiércol vacuno

favoreció la retención de humedad, manifestandose en una mejor altura de planta y producción de materia seca, aunque sin ningún efecto significativo para rendimiento de grano.

Toledo (1987), al realizar un experimento bajo condiciones de temporal en el municipio de Nopaltepec, estado de México, con la finalidad de evaluar el efecto residual del estiércol bovino sobre las propiedades del suelo con tepetate removido y su repercusión en el rendimiento de trigo, observó efectos significativos en tales variables a pesar de haberse aplicado este abono orgánico un año antes. Encontró un efecto residual de este material orgánico en: N, P, K, infiltración básica, y contenido de humedad gravimétrica. Los mejores resultados se lograron con las aplicaciones de 100 y 200 ton/ha de estiércol semiseco, obteniendo un mayor efecto residual en la calidad fresca. Observó un efecto importante en aquellos suelos con mayor cantidad de tepetate, concluyendo que estos una vez roturados pueden estabilizar y mejorar sus propiedades con aplicaciones medias de estiércol tanto en calidad semiseco (50-100 ton/ha) como en fresco (200-300 ton/ha). Con respecto a la altura de planta y producción de materia seca, encontró que sus valores se acrecentaban a mayor incorporación de estiércol, sin embargo, a niveles altos decrecieron considerablemente. No apreció significancia estadística para rendimiento de grano, el cual se vio disminuido a dosis altas de estiércol fresco (> 400 ton/ha) y por la presencia de sequía durante la etapa de llenado de grano.

Tun (1991), al trabajar en suelos pedregosos de Yucatán, bajo condiciones de riego, con la finalidad de evaluar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos sobre el rendimiento de maíz y melón en ciclos conuños, entre otros, obtuvo resultados positivos en el primer caso. Encontró una respuesta favorable en la producción de maíz con la adición previa de 10 y 20 ton/ha de borregaza, consiguiendo una mejor acción con la primera dosificación en rendimiento de grano y materia seca. Observó además que sin la presencia de estiércol, este componente decrecía considerablemente. Este autor concluye, que el rendimiento de grano de maíz es equivalente a los de un primer ciclo de cultivo, a pesar de haberse aplicado el estiércol un año antes.

Villarreal (1979), estudiando la respuesta del maíz y frijol a la aplicación de gallinaza, estiércol vacuno, zinc, manganeso y fierro, en suelos de ciudad Serdán, Pue., encontró que la incorporación de estos abonos orgánicos acrecientan los rendimientos de frijol, obteniendo una mayor respuesta en ausencia de fertilizantes químicos o micronutrientes.

Carrillo (1984), al realizar un trabajo experimental en suelos someros con material parental de tepetate, bajo condiciones de temporal, en Tizayuca, Hgo., con el objetivo de evaluar el efecto del estiércol vacuno sobre las características físicas y químicas del suelo y en la producción de forraje de maíz, observó un incremento en el rendimiento de forraje seco por las adiciones de este abono orgánico (150 y 50 ton/ha de estiércol fresco y semiseco respectivamente), y por la roturación profunda. Encontró un incremento de 1.6 a 2.7 veces más de forraje seco en aquellas parcelas que tenían la más alta dosificación y un año de aplicación de este abono orgánico, principalmente del estiércol fresco. Concluyendo que tales variaciones en la producción, dependen más del porcentaje de materia orgánica incorporada que del tiempo de aplicación.

Coca (1982), al evaluar la influencia de la aplicación de 50 ton/ha de estiércol vacuno sobre la producción de maíz de temporal y labranza convencional, entre otros, encontró diferencias altamente significativas en longitud de mazorcas, rendimiento de grano y materia seca, asimismo, observó un incremento en la altura de planta aunque sin significancia estadística. Asevera que los buenos resultados obtenidos podría deberse al efecto de la mineralización del estiércol, traduciéndose en una mayor disponibilidad de elementos nutritivos para el cultivo.

#### **2.1.3.4.1.2 Investigaciones relacionadas con la eficiencia de los abonos orgánicos en la producción de los cultivos, en tepetates.**

En la mayoría de las investigaciones realizadas sobre la rehabilitación de los tepetates a la producción agrícola, recomiendan el uso de abonos orgánicos para solventar las limitantes naturales de estos recursos potenciales como lo es la escasa disponibilidad de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. Numerosos estudios realizados al respecto, reportan que en la práctica agronómica la adición de materia orgánica en forma de estiércoles ha producido buenos resultados.

Tovar (1987), al realizar un trabajo experimental en suelos erosionados con material parental de toba volcánica, en Nopaltepec, estado de México, con la finalidad de determinar el efecto de la aplicación de estiércol bovino en calidad semiseco y fresco a diferentes dosis sobre las características físicas y químicas del suelo y en el rendimiento de cebada, observó resultados bastante favorables. Encontró diferencias ligeramente significativas entre el testigo y la adición de este material orgánico para infiltración, humedad aprovechable y densidad aparente, una alta

significancia para nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, una diferencia significativa para amacollamiento y rendimiento de grano, y una diferencia ligeramente significativa para la producción de materia seca. No observó significancia alguna en altura de planta.

González (1984), al analizar algunos de los resultados generados en el tercer año de roturación de un tepetate y aplicación de estiércol vacuno sobre la producción de maíz, sembrado en praderas preestablecidas de pasto rhodes y lloron, en la Cuenca del río Texcoco, estado de México, encontró los siguientes resultados significativos:

Los efectos residuales de este abono orgánico (cuyas dosis fueron 0, 20 y 40 ton/ha), produjeron un desarrollo vegetativo y reproductivo más vigoroso del maíz sembrado sobre estos pastos, lo cual se vio manifestado en un incremento en la altura de planta con la más alta dosis. Con respecto al rendimiento de forraje seco, este se fue incrementando de 2.35, 4.8, a 5.25 ton/ha conforme los niveles de abono orgánico ascendía, al realizar las comparaciones respectivas con el primero y último nivel se obtuvo un aumento de 123% en la producción de materia seca. En forma similar ocurrió con el rendimiento de grano, obteniéndose 0.61, 1.19 y 1.24 ton/ha para los correspondientes niveles de este material orgánico, encontrando un incremento de hasta 103% al compararse con la primera y última dosis. Observó asimismo, un acrecentamiento en la producción de forraje seco de los pastos con la dosis más alta, en comparación con aquellos tratamientos que no se les incorporó estiércol. Con base en estos resultados, se puede expresar el mejoramiento de la capacidad productiva del tepetate.

Márquez *et al.* (1992), reportan un experimento realizado en el poblado de Santiago Tlalpan, municipio de Hueyotlipan, Tlax., sobre un tepetate café ( T3 ) recién roturado, en donde se adicionó 40 ton/ha de estiércol bovino, encontró que este material promovió una mayor producción en los cultivos maíz-frijol-haba, trigo y veza, en comparación con aquellas parcelas que no se les aplicó. Los rendimientos de grano en maíz fueron bajos en las parcelas con estiércol (0.3 ton/ha) pero casi nulos en aquellas carentes de abono orgánico, producción deprimente al compararlos con la media regional que es de 1.82 ton/ha. En frijol los rendimientos de grano oscilaron entre los 0.03 a 0.22 ton/ha, para el haba este fue de 0.5 a 0.9 ton/ha, mientras que el del trigo superó la media regional que es de 2.0 ton/ha, correspondiendo los mejores valores para aquellas parcelas con aplicación de abono orgánico. Con respecto a la producción de materia seca de la veza, esta fue de 2.8 a 4.8 ton/ha, observando mejores resultados con la adición de estiércol.

Ruiz *et al.* (1992), al analizar algunos de los resultados obtenidos de un experimento de campo realizado en San Miguel Tlaxipan, estado de México, con la finalidad de demostrar a los pequeños productores que es factible producir hortalizas en los tepetates amarillos roturados, mediante la utilización de composta (alfalfa verde, hojas de frijol secas mezcladas con pasto y suelo), estiércol vacuno fresco y una combinación de ambas. Para ello, utilizaron cuatro camas de 6 m de largo x 1.50 m de ancho, con una profundidad de 35 cm, y 1 m<sup>3</sup> de estos materiales. Encontraron una diferencia muy marcada en relación al desarrollo del rábano: en los tratamientos con composta el rendimiento fue de 3.53 kg/m<sup>2</sup>, en los que se les aplicó estiércol este fue de 4 kg/m<sup>2</sup>, mientras que para el testigo la producción fue raquítica ( 0.4 kg/m<sup>2</sup> ). En la producción de calabaza, observaron que los rendimientos son mayores con el uso de estiércol ( 10.45 kg/m<sup>2</sup> ), muy similares con el mixto ( 9.59 kg/m<sup>2</sup> ), bajos con la composta ( 5.32 kg/m<sup>2</sup> ) y nulos en el testigo. Con base en estos resultados, concluyeron que es necesaria la aplicación de dosis altas de materia orgánica para que los tepetates sean productivos.

Alvarez (1992), al realizar un trabajo experimental en un tepetate café ( T3 ) recién roturado, bajo condiciones de temporal, en Santiago Tlalpan, Hueyotlipan, Tlax., teniendo como objetivos la evaluación del efecto de la no inoculación e inoculación del policultivo maíz-frijol-haba con *Azospirillum* sp., *Rhizobium* sp., y la endomicorriza vesículo arbúscular (*Glomus* sp.) en la producción de materia seca y en el rendimiento de grano; de la inoculación de la veza forrajera con *Rhizobium* sp.; así como del efecto de la incorporación de materia orgánica (40 ton/ha de estiércol bovino); observó algunos efectos significativos. Encontró que a los 100 días la producción de materia seca del maíz, frijol y haba, analizada en forma conjunta e individual, fue mayor por efecto de la incorporación del estiércol y por la inoculación, observando una alta diferencia significativa en el rendimiento de grano por la aplicación de este abono orgánico aunque para la inoculación no detectó significancia alguna. En veza, observó que la producción de materia seca a la cosecha fue mayor en el tratamiento con estiércol pero sin significancia estadística. Con base en estos resultados, asevera que la respuesta positiva de la incorporación de estiércol pudo estar relacionada con diversos factores que repercutieron en una mejora de las características físicas, químicas y biológicas del tepetate. Recomendando, el uso de haba en los cultivos asociados por su amplia capacidad de exploración del sustrato, por la mayor

estimulación del crecimiento de bacterias rizosféricas y nodulares, y por el efecto residual benéfico para los cultivos en rotación.

Delgadillo *et al.* (1989a), al adicionar 120 ton/ha de estiércol de bovino fresco y fertilizantes químicos en un tepetate amarillo recién roturado, en San Miguel Tlaixpan, estado de Méx., encontraron rendimientos satisfactorios de forraje seco de pasto rhodes y trébol rojo en unicultivo y asociados, principalmente para aquellos tratamientos que tuvieron una mayor profundidad de roturación. Afirmando que con la utilización conjunta de estas prácticas, se logra aumentar la fertilidad y productividad del tepetate.

## **2.2 El sistema agrícola de cultivos asociados.**

La asociación de cultivos es una práctica muy extendida en el ámbito de la agricultura temporalera tradicional de subsistencia. Un ejemplo típico de este sistema en México lo constituye la asociación maíz-frijol, la cual se ha venido practicando desde épocas precortesianas y actualmente sigue siendo de gran importancia en la producción de alimentos (INIA, 1974; citado por Herrera, 1991a). Se define como un sistema en el cual dos o más especies cultivadas se siembran con suficiente proximidad en el espacio, generándose una competencia interespecífica ante un recurso limitante o potencialmente restringido (Hart, 1975; citado por Herrera, 1990b).

### **2.2.1 Importancia.**

La importancia fundamental por la que el agricultor utiliza la asociación maíz-frijol, es maximizar el uso de sus escasos recursos de tierra y capital, tratando además de asegurar contra los riesgos climáticos la producción de granos básicos para su alimentación (Andrews *et al.*, 1976; Aguilar, 1978; citados por Palacios, 1983).

En áreas de temporal los incrementos de producción son más atractivos mediante los cultivos asociados, por el mejor aprovechamiento de los recursos suelo y agua y el menor riesgo de factores tales como la sequía y erosión, lo cual satisface la razón de seguridad de los agricultores (Andrews *et al.*, 1976; Okibo *et al.*, 1976; citados por Aguilar, 1978).

Sorel (1983), citado por Díaz *et al.* (1988), menciona que bajo condiciones de insuficiencia de nutrientes y agua en los suelos, la asociación hace eficiente tales limitantes, obteniendo apreciables rendimientos.

Villa *et al.* (1992), señalan que con el sistema asociación maíz-frijol se logra un uso más eficiente del agua que en unicultivo. Consiguiéndose desde un 5-40% más de ingreso neto con respecto a maíz solo, lo cual representa un beneficio considerable para los pequeños agricultores.

Alvarez (1992), menciona que es importante el establecimiento de cultivos asociados en la rehabilitación de los tepetates para mejorar las condiciones restrictivas de estos, ya que aún sin la adición de abonos orgánicos pueden llegar a producir granos.

Altieri *et al.*, (1990); Mountjoy *et al.*, (1988); citados por Alvarez (1992), señalan que los agricultores tlaxcaltecas utilizan los cultivos asociados como una práctica para conservar y mejorar la fertilidad de los tepetates.

De Nomi *et al.* (1992), mencionan que la asociación maíz-frijol es una práctica muy importante para los agricultores ecuatorianos, ya que la utilizan en la rehabilitación del tepetate y para la obtención de alimentos.

#### **2.2.2 Resúmenes de algunas investigaciones realizadas en la asociación maíz- frijol.**

Lepiz (1974), citado por Aguilar (1978), menciona que: a) en general los rendimientos unitarios del frijol y maíz en asociación, son menores que los logrados al sembrarlos solos; b) en la asociación el maíz reduce los rendimientos del frijol en función directa del número de plantas por hectárea; c) en la asociación en general, densidades altas de población de frijol disminuye el rendimiento de maíz; y d) el ecosistema maíz-frijol ofrece una mayor estabilidad en los rendimientos que los cultivos de una sola especie, por permitir un mejor aprovechamiento de las variaciones del hábitat, entre otros.

Andrews *et al.* (1976), citados por Aguilar (1978), señalan que en las asociaciones de cultivos el rendimiento se incrementa debido a una menor competencia en espacio aéreo y edáfico.

Flor y Francis (1975), citados por Esquivel (1978) y Tirado (1979), señalan que en el cultivo asociado de maíz-frijol existe un efecto de competencia (por luz, agua y nutrientes) y una de complementación (soporte y fijación de nitrógeno), y que el principio de este sistema debe ser el de minimizar el primero y maximizar el segundo. Asimismo, indican que el balance de estas situaciones es una función de las dos especies pero que puede modificarse con cambios en el hábito de crecimiento, en las épocas relativas de siembra, en la densidad de población y espaciamiento, en las prácticas culturales y en la precocidad de cada especie, entre otros.

Francis *et al.* (1975), citados por Campos (1982), informan sobre algunos experimentos realizados en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) con la asociación maíz-frijol que: los rendimientos del maíz no se ven afectados por el frijol, de hecho la producción aumenta cuando se determina la densidad óptima, fecha de siembra relativa y la orientación física de ambos cultivos. Obteniendo con el uso de este sistema, una eficiencia en el uso de la tierra de 20 a 80% más que en monocultivo.

Francis y Praque (1977), citados por Campos (1982), al realizar comparaciones de maíz y frijol en monocultivo con el sistema asociado, determinaron consistentemente que el rendimiento del maíz no disminuyó como consecuencia de la asociación, mientras que el del frijol puede disminuir hasta en un 50%.

Guzmán *et al.* (1992), mencionan que el mantenimiento de la productividad del sistema asociación maíz-frijol, se debe sobre todo al aporte de los residuos vegetales provenientes de la parte aérea, la transferencia directa o indirecta de nitrógeno y otros nutrimentos a través de los exudados radicales entre la leguminosa y la gramínea.

### **2.2.3 Efecto de la aplicación de estiércol en la asociación maíz-frijol.**

Actualmente, existe escasa información referente al efecto que producen los estiércoles en la asociación maíz-frijol, siendo más común encontrar trabajos realizados sobre la aplicación de gallinaza que de la adición de estiércol vacuno, y además, la mayoría de ellos han sido efectuados en suelos que en tepetates.

Palacios (1983) menciona que al realizar un trabajo experimental bajo condiciones de temporal en Huamantla, Tlax., teniendo entre algunos objetivos la evaluación de la aplicación de estiércol vacuno (0, 4, 8 y 12 ton/ha), ovino (4 ton/ha) y gallinaza (4 ton/ha) sobre el maíz asociado con frijol, encontró resultados positivos. Observó que la incorporación de gallinaza resultó más eficiente en el rendimiento de grano en maíz (2 885 kg/ha), que el del estiércol vacuno (2 245 kg/ha) y el de ovino (2 045 kg/ha), aunque sin significancia estadística. Por otra parte, la producción de mastrojo no se vio afectada significativamente, sin embargo, la gallinaza también resultó ser la más eficaz (2 706 kg/ha), no así el estiércol vacuno que manifestó un ligero descenso en el rendimiento (2 214 kg/ha) que el de ovino (2 494 kg/ha). En cuanto al rendimiento de grano en frijol, no encontró diferencias significativas entre los tres tipos de estiércol, no obstante,

el ovino (863 kg/ha) resultó ligeramente mejor que el vacuno (839 kg/ha) y que la gallinaza (729 kg/ha).

Campos (1982) al evaluar el efecto de la incorporación de estiércol bovino en la producción de maíz-frijol asociado bajo condiciones de temporal en Lomas de San Juan, estado de México, entre otros, encontró diferencias altamente significativas en la producción de grano en maíz. Observó un aumento en el rendimiento de maíz (276 kg/ha de grano más) con la adición de 5 ton/ha de estiércol sobre la no aplicación, sin embargo, al aumentar la dosificación al doble no contemplo ningún efecto significativo. Asevera que no obstante la existencia de un aumento en la densidad poblacional de frijol, el efecto de competencia no resultó desfavorable para el maíz ya que permitió incrementar su rendimiento. Para la producción de materia seca y altura de planta en maíz, encontró una escasa significancia. Al analizar conjuntamente la producción de grano de este sistema, apreció que los mayores rendimientos se obtuvieron con el nivel de 5 ton/ha de este abono orgánico. Concluyendo que la restringida significancia estadística encontrada, fue generada por el temporal irregular presentado durante el ciclo del cultivo y no por la competencia entre plantas.

Tirado (1979) al conducir una serie de experimentos bajo condiciones de temporal durante tres años consecutivos con la asociación maíz-frijol en Lomas de San Juan, estado de México, probando el efecto de la aplicación del estiércol de gallina (2 y 4 ton/ha), de bovino (3 y 5 ton/ha) y ovino (1 y 2 ton/ha), así como de la fertilización mineral (media: 55-40-0, y completa 110-75-0 de N-P-K), encontró resultados positivos. Observó que los dos cultivos se ven afectados significativamente con las aplicaciones de nitrógeno y fósforo al suelo, ya sea en forma orgánica o inorgánica, denotando que esta respuesta se da en base a la cantidad de nutrimentos adicionados.

Los mejores rendimientos de maíz correspondieron para los tratamientos que se les incorporó abonos orgánicos en forma individual, mientras que los mayores para aquellos en donde se realizó la aplicación conjunta de estos con fertilizante mineral y dosificación completa de abono inorgánico. En la producción de grano de frijol, observó que este cultivo no responde de la misma manera que el maíz a la adición de los distintos abonos solos o mezclado, ya que encontró un efecto depresivo con la incorporación de estiércol ovino, solo o mezclado con la mitad de la dosis mineral, notando que la gallinaza posee una acción más eficaz al aplicarse sola o mezclada con la mitad de la dosificación mineral e incluso con la porción completa de fertilizante.

Encontró además, que los más bajos rendimientos tanto de maíz como de frijol correspondieron para aquellos tratamientos que no se les suministro ningún tipo de abono.

Turrent *et al.* (1978), citados por Palacios (1983), al realizar algunos trabajos con gallinaza llegaron a la conclusión de que su efecto parece ser más relevante en las siembras tardías de la asociación maíz-frijol, quizás porque estimula el desarrollo radical y porque esta estrechamente relacionada con las necesidades nutrimentales del maíz, principalmente con aquellos elementos inmóviles como el P, Zn y Mo. La aplicación de 10 ton/ha de este material orgánico, aumentaron los rendimientos de un 67 a 72% sobre los tratamientos que no se les incorporó.

Esquivel (1978), citado por Tirado (1979), encontró que los rendimientos de maíz y los ingresos netos son afectados por la aplicación de estiércol de gallina, notando un menor efecto sobre la producción de frijol asociado.

Aguilar (1978) al analizar información generada durante tres años consecutivos sobre la asociación maíz-frijol en seis agrosistemas de la región del Plan Puebla con el fin de formular recomendaciones prácticas, encontró que la mayoría de ellos responden significativamente a la aplicación de gallinaza, reflejándose principalmente en la producción de frijol.

Macías (1975), citado por Palacios (1983), al estudiar la influencia de la aplicación de nitrógeno y estiércol de ave en la asociación maíz-frijol, en la zona cinco del Plan Puebla, encontró que la gallinaza beneficia importantemente al sistema. Observó que con 10 ton/ha de este abono orgánico se alcanzaron los máximos rendimientos en frijol de gula e ingreso neto de la asociación. Apreció además, que el efecto de este abono orgánico sobre el rendimiento en grano y rastrojo de maíz es suplementario con el efecto del nitrógeno, de tal manera que al aumentar uno el otro deja de influir, teniendo una disposición contraria para el frijol.

De Nomi *et al.* (1992), reportan que los campesinos ecuatorianos de escasos recursos incorporan estiércol de chivo o de borrego (aproximadamente 1 ton/ha) en las primeras prácticas de rehabilitación del tepetate roturado, así como de la siembra asociación de maíz-frijol. Sin embargo, no mencionan estimaciones del efecto de estos abonos orgánicos en los rendimientos de grano de este sistema, es probable que sean satisfactorios.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 Descripción del área de estudio.

##### 3.1.1 Localización.

La unidad experimental de la presente investigación se encuentra ubicada en la comunidad de Santiago Tlalpan, municipio de Hueyotlipan, Tlaxcala, entre los 19° 29' de latitud Norte y 98° 20' de longitud Oeste, a una altitud aproximada de 2 600 msnm.

Este municipio se localiza en la zona noroeste del estado de Tlaxcala, en la Mesa Central del eje neovolcánico, ocupando una superficie de 173.4 km<sup>2</sup> representando el 4.27% en relación con la superficie de la entidad (INEGI, 1987). La ubicación y la altitud explica en gran parte la presencia de suelos tepetatosos (Dubroscq *et al.*, 1989; citados por Zahonero *et al.*, 1991).

##### 3.1.2 Clima.

El clima dominante corresponde al Cb (w<sub>1</sub>)(w)(i) g, templado subhúmedo con lluvias en verano, con una precipitación anual promedio de 838.8 mm y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5% de la anual. Con una temperatura media anual de 13.5 °C, la del mes más frío entre -3 y 18 °C y la del mes más caliente entre 6.5 y 22 °C (García, 1987; citado por Alvarez, 1992). Con régimen de lluvias en los meses de julio a septiembre. La dirección de los vientos en general es de sur a norte, con una velocidad de 11 km/hora. Heladas en octubre a febrero. Humedad relativa de 48% (INEGI, op. cit.).

La entidad se encuentra comprendida en el régimen atmosférico del Golfo de México, por lo que las precipitaciones presentadas al inicio y en la segunda mitad del periodo de lluvias, se caracterizan como torrenciales (Ruiz, 1987).

##### 3.1.3 Clasificación y uso del suelo.

Esta región se encuentra clasificada como marginal, por varias razones: La distribución irregular de las precipitaciones, en general un nivel tecnológico del tipo tradicional, la mayoría de los cultivos de temporal (trigo, maíz, cebada, frijol y haba) y un periodo libre de heladas de sólo 6-7 meses (García, 1990; citado por Zahonero *et al.*, 1991). Las unidades de suelo son principalmente del tipo feozem en la llanura o cambisol en las laderas (Navarro, 1992b). Con material parental de toba volcánica sedimentada en varias capas que pertenecen a las series

estratigráficas: T2 y T3 (Werner, 1992). El uso del suelo es agrícola en su gran mayoría. El 91% de la propiedad es ejidal (INEGI, op. cit.), y la superficie por agricultor es de aproximadamente 8 hectáreas. Los campesinos con menor superficie suelen tener el porcentaje más elevado de suelo con características de tepetate, de los cuales el 100% lo cultivan, poniendo de manifiesto su importancia como recurso agrícola (Navarro, 1991a).

### **3.2 Establecimiento del experimento.**

El presente experimento se estableció en el mes de mayo de 1992, en un tepetate de la serie estratigráfica T3 roturado y terraceado un año antes, se utilizó algunos tratamientos previos, aplicación de estiércol y cultivo anterior, para establecer sobre de ellos la asociación maíz-frijol con el fin de analizar la aptitud productiva de este sustrato en su segundo año de rehabilitación. El manejo previo de este sustrato es el que a continuación se menciona.

#### **3.2.1 Antecedentes del manejo técnico de la parcela experimental.**

El sitio en el que se estableció el experimento en el primer año, correspondió a una área erosionada en la cual el tepetate había aflorado y cubría toda la superficie. El tepetate elegido fue un T3 de color café, por ser el más representativo de la región. A principios del mes de mayo de 1991, se roturó a una profundidad media de 40 cm y conformó la terraza con un tractor tipo oruga cartepillar D-5, equipado con tres subsoladores. Después de la roturación, un tractor de neumáticos dio un paso de rastra con una cruz a toda la terraza para romper aún más los bloques de tepetate. La terraza quedó conformada por diferentes profundidades (Alvarez, 1992; Márquez et al., 1992). En el mes de marzo de 1993, al sondearse la capa arable de la terraza se observó que la mitad hacia arriba esta tiene un promedio de 32 cm, mientras que la otra mitad hacia abajo tiene una media de 60 cm.

Márquez et al. (1992), antes de la roturación tomaron muestras de tepetate para someterlas a análisis físico-químico, los resultados se muestran en el Cuadro 1.

Estos autores, señalan que en algunos tratamientos se incorporó materia orgánica (40 ton/ha de estiércol de bovino) para solventar la escasa fertilidad del tepetate.

En la fase experimental de primer año (1991), se establecieron los siguientes tratamientos:

- 1) Maíz asociado con frijol y haba con y sin incorporación de materia orgánica.

- 2) Maíz asociado con frijol y haba inoculados con la endomicorriza vesículo arbuscular (*Glomus* sp.), cada uno con *Azospirillum* sp., *Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli y *Rhizobium leguminosarum* bv. vicea respectivamente con y sin materia orgánica.
- 3) Veza inoculada con *Rhizobium* sp., con y sin materia orgánica.
- 4) Trigo, con y sin adición de materia orgánica (Alvarez, op. cit.; Márquez et al., op. cit.).

Las especies utilizadas fueron: maíz criollo amarillo chico, frijol criollo "ojo de liebre", haba criolla chica, trigo var. Zacatecas y veza sativa (Márquez et al., op. cit. ).

**Cuadro 1. Resultados del análisis físico-químico del tepetate de la parcela experimental realizado antes de la roturación ( 1991 ).**

pH 1:2 H <sub>2</sub> O	CE mmhos	Textura	M.O. %	N %	P ( Olsen ) ppm	Densidad aparente ( g / cm <sup>3</sup> )
7.31	0.29	Franco arcilloso arenoso	0.10	0.02	trazas	1.47

Fuente: Márquez et al., 1992.

Después de la cosecha, la producción de rastrojo en fresco del policultivo y al igual que el de la veza, se cortó en trozos pequeños y se incorporó al tepetate, en las mismas parcelas donde se produjeron. Cabe señalar que en el policultivo el haba fue el que contribuyó con mayor porcentaje de rastrojo, el cual fue de 72-82% (Alvarez, op. cit.). Para tener una idea clara acerca de los residuos orgánicos que se adicionó al tepetate, en el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos de rastrojo y biomasa de estos cultivos así como del efecto del estiércol.

**Cuadro 2. Producción total de rastrojo del policultivo y de biomasa de la veza al término del ciclo de cultivo, en el primer año de rehabilitación del tepetate.**

APLICACION DE ESTIERCOL	POLICULTIVO ( kg x ha de peso fresco )	VEZA ( kg x ha )	
		Fresco	Seco
SIN	7 539	27 850	6 400
CON	7 214	30 430	8 880

Fuente: Alvarez, 1992.

### **3.2.2 Tratamientos y diseño experimental.**

Se utilizó un diseño de bloques incompletos al azar con seis repeticiones y 4S tratamientos, en arreglo factorial  $6 \times 2 \times 4$ . Los factores estudiados fueron:

- a) Materia orgánica (M.O.): Sin y con M.O. (0 y 40 ton/ha de estiércol de bovino adicionado previamente).
- b) Cultivo precedente (PREC.): Policultivo con y sin inoculación, trigo y veza.

La dimensión de cada parcela experimental fue de  $16 \text{ m}^2$ , con cuatro surcos.

### **3.2.3 Siembra.**

Una vez que se barbecho y surco la parcela experimental, se procedió a la siembra del cultivo asociado maíz-frijol.

La siembra se realizó el día 10. de mayo de 1992 en el caso del maíz, y el día 8 del mismo mes para el frijol. Para la siembra del maíz, se utilizó semilla criolla de la región (var. Blanco grande) por ser la que mejor se adapta a los suelos de esta entidad, se colocaron tres semillas por golpe en el fondo del valle de los surcos con la finalidad de captar mejor la humedad existente. En el caso del frijol se empleó el cultivar Mecentral, depositándose la misma cantidad de semilla.

### **3.2.4 Labores de cultivo.**

El primer aporque se realizó a los 30 días después de la siembra, se destruyó el surco original para conformar uno nuevo. Dos meses después de la siembra, se aplicó el segundo aporque con la finalidad de evitar acames, así como de la adición de urea a una dosis baja (menos de  $4.3 \text{ kg/ha}$ ) en cada tratamiento, en forma mateada.

### **3.2.5 Control de malezas y plagas.**

El control de malezas se realizó mediante deshierbes manuales, las cuales se incorporaron en los surcos de las parcelas con la finalidad de incrementar la materia orgánica del tepetate.

Al iniciar el llenado de grano en maíz, en los cultivos de trigo de la región se presentó una alta incidencia de gusano soldado, para prevenir que nuestro cultivo no fuera invadido por esta plaga se asperjó manzate a dosis bajas.

Con respecto al cultivo de frijol, durante el llenado de vainas se presentaron ataques de picudo del ejote, así como de la incidencia de enfermedades fungosas por las constantes lluvias ocurridas durante el desarrollo del cultivo. No se realizó ningún control químico.

### 3.2.6 Muestreos y mediciones.

A lo largo del ciclo productivo, se realizaron las siguientes prácticas:

- 1) Materia seca al 50% de floración femenina en maíz. Con la finalidad de cuantificar el número de días en que las plantas alcanzaran el 50% de floración femenina, a partir del 30 de julio se realizaron observaciones cada tercer día en todos los tratamientos. El 16 y 21 de agosto se realizó el muestreo del material para determinar este parámetro. En ambos casos, se tomaron 2 plantas del surco 1, mata 2, al ras del surco, de aquellos tratamientos que ya habían alcanzado el 50% de floración, las cuales se cortaron en trozos pequeños y se colocaron en bolsas de papel. Posteriormente, estas muestras se metieron a una estufa del laboratorio de fertilidad de suelos del Colegio de Postgraduados para su secado, a 110 °C hasta alcanzar peso constante.

Se estimó que los días transcurridos desde la siembra hasta que alcanzaron las plantas el 50% de floración femenina, oscilo entre los 98 y 115 días.

La fórmula para calcular este parámetro se expresa de la siguiente manera:

MS a 50% de floración por planta = MS de la planta 1 + MS de la planta 2 / 2.

MS a 50% de floración femenina ( gr/m<sup>2</sup> ) = ( MS x planta ) ( número de plantas en área útil ) ( m<sup>2</sup> ).

En donde:

MS = materia seca.

- 2) Estimación de la altura de planta en maíz. Esta actividad se realizó el día 2 de octubre de 1992, se midieron todas las plantas de los dos surcos centrales de cada tratamiento, desde la base de la planta hasta el comienzo de la espiga.

### 3.2.7 Cosecha.

La presencia de condiciones ambientales adversas para las plantas de frijol, generadas por las constantes lluvias y alta humedad en el tepetate, no permitieron el desarrollo adecuado de este

cultivo. Tomando en cuenta esta situación, se procedió a cosechar el día 10 de octubre de 1992, la metodología utilizada consistió en cortar todas las plantas del área útil al ras del lomo del surco para posteriormente meterlas a la estufa, a una temperatura constante de 70-110 °C.

Para la cosecha del maíz, se tomó en cuenta el área útil de los dos surcos centrales de cada tratamiento, omitiéndose las matas de las orillas. Esta actividad se realizó el día 25 de octubre de 1992 en los tratamientos de los bloques IV, V y VI, debido a que en los restantes tratamientos los granos de las mazorcas aún tenían una consistencia lechosa, y además por problemas de espacio para meterla a la estufa para su secado. Posteriormente, el día 6 de noviembre se cosecharon los tratamientos de los bloques I, II y III. En ambos casos, se colocaron las mazorcas en bolsas de papel perforadas. Para determinar la materia seca a la cosecha, se tomaron todas las plantas de la mata 2, del surco 2, las cuales fueron cortadas en trozos pequeños y colocadas en bolsas de papel. Asimismo, se cuantificó también el número de matas y plantas por área útil, entre otros. Posteriormente, en estufas de los laboratorios de nutrición animal de la Universidad de Chapingo y de fertilidad de suelos del Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, se metió todo este material a una temperatura de 70 a 110 °C hasta alcanzar un peso constante.

Para pesar tanto la materia seca de las plantas como del grano, se utilizó una balanza electrónica de la marca OHAUS.

Se evaluaron las siguientes variables:

- 1) Materia seca a la cosecha (MSC). Se tomaron todas las plantas de la mata 3, del surco 2, de cada tratamiento, se estimó de la siguiente forma:

$$MSC = (\text{peso de la materia seca por mata})/m^2 (\text{número de matas del área útil})/m^2 + (\text{rendimiento de grano})/m^2 + (\text{peso de olote seco})/m^2.$$

- 2) Materia seca al 50% de floración a la cosecha (MSF-C). Se calculó de la siguiente forma:

$$(MSC \text{ en } gr/m^2) - (MSF \text{ en } gr/m^2)$$

$$MSF-C = \frac{\quad}{\quad}$$

$$A \quad - \quad B$$

En donde:

A = Número de días transcurrido de la siembra a la cosecha. El cual osciló entre los 177 a 189 días.

B = Número de días transcurrido de la siembra a la cosecha al 50% de floración femenina. Se calculó que este ocurrió entre los 98 a 115 días.

Cabe señalar que el número de días transcurrido desde que se presentó el 50% de floración hasta la cosecha, fue entre los 74 y 79 días.

- 3) Materia seca de siembra a la cosecha (MSS-C). Se calculó de la siguiente manera:

$$\text{MSS-C} = \frac{(\text{MSC en gr/m}^2) - (\text{MSS en gr/m}^2)}{A - C}$$

En donde:

MSS = Materia seca a la siembra, para calcularla se pesaron 100 granos secos a la estufa con cinco repeticiones de cada tratamiento, se eligió y dividió el valor más alto entre cien, y se multiplicó por el número de plantas del área útil.

A = Número de días transcurrido de la siembra a la cosecha.

C = Número de días transcurrido a la siembra, correspondiéndole cero días al contarlos a partir del día en que se sembró.

- 4) Número de mazorcas por metro cuadrado (NMAZ/m<sup>2</sup>). Se contaron todas aquellas mazorcas que tenían más de 50 granos.
- 5) Rendimiento de grano. Para la determinación de este componente, se desgranaron las mazorcas, posteriormente se pesaron los granos y se colocaron en un determinador de humedad marca Burrows 700. Una vez obtenido el porcentaje de humedad del grano de cada tratamiento, se procedió a elevarlo al 14% de humedad de la siguiente forma:

a) 14% - % de humedad de grano obtenido = % de humedad de la diferencia.

b) Peso seco de los granos (gr.) ----- 100% de humedad  
x ----- % de humedad de la diferencia.

- c) **Peso de granos ( gr. ) + el valor de la incógnita = Peso de grano al 14% de humedad.**
- 6) **Indice de cosecha ( IC ). Se estimó de la siguiente forma:**
- $$IC = \frac{(\text{Peso de MSC en gr/m}^2) + (\text{Peso de grano + peso de colote en gr/m}^2)}{\text{Peso de grano ( gr/m}^2)} (100).$$

Todas las mazorcas cosechadas se sometieron a secado hasta alcanzar un peso constante, para posteriormente evaluar los siguientes componentes del rendimiento:

- 1) **Número de granos por hilera ( NGH ). Se obtuvo al promediar el número de granos de dos hileras opuestas de cada mazorca.**
- 2) **Número de granos por mazorca ( NGMAZ ). Se obtuvo aplicando la siguiente expresión:**  

$$NGMAZ = NHMAZ \times NGH;$$
en donde el NHMAZ, es el número total de hileras por mazorca tomando como referencia la porción media de ésta.
- 3) **Número de granos por metro cuadrado ( NGm<sup>2</sup> ). Se obtuvo al contar el número de granos del área útil de cada tratamiento.**

### 3.2.8 Análisis estadístico.

Para la interpretación de los resultados, se realizó la siguiente prueba estadística: Análisis de varianza y comparación de medias según Tukey, al 5% de probabilidad del error para todas las variables contempladas. Se utilizó, el sistema computacional Statical Analysis System ( SAS ) para el primer caso y para cotejar las medias de la variable independiente materia orgánica (M.O.) en el segundo caso, los demás cálculos respectivos se realizaron manualmente.

#### IV. RESULTADOS.

Los resultados obtenidos y su argumentación se inician con una observación muy importante: solamente se discutirán los datos relacionados con la producción de maíz porque los del frijol no fueron analizados estadísticamente, debido a que este cultivo fue dañado seriamente por las constantes lluvias ocurridas en la segunda mitad del temporal (Figura 1). Estas condiciones ambientales adversas para el cultivo del frijol, repercutieron severamente en el logro de los probables efectos de las variables contempladas, sobre todo en el rendimiento de grano por lo que no se considero pertinente su cuestionamiento (Cuadro 3). Sin embargo, la presencia de estas plantas fueron tomadas en consideración como un factor más que influyó en el rendimiento de grano del maíz; por consiguiente todo el análisis de datos corresponden unicamente para el maíz.

**Cuadro 3. Rendimiento de grano de frijol generada por las variables independientes materia orgánica y cultivo precedente.**

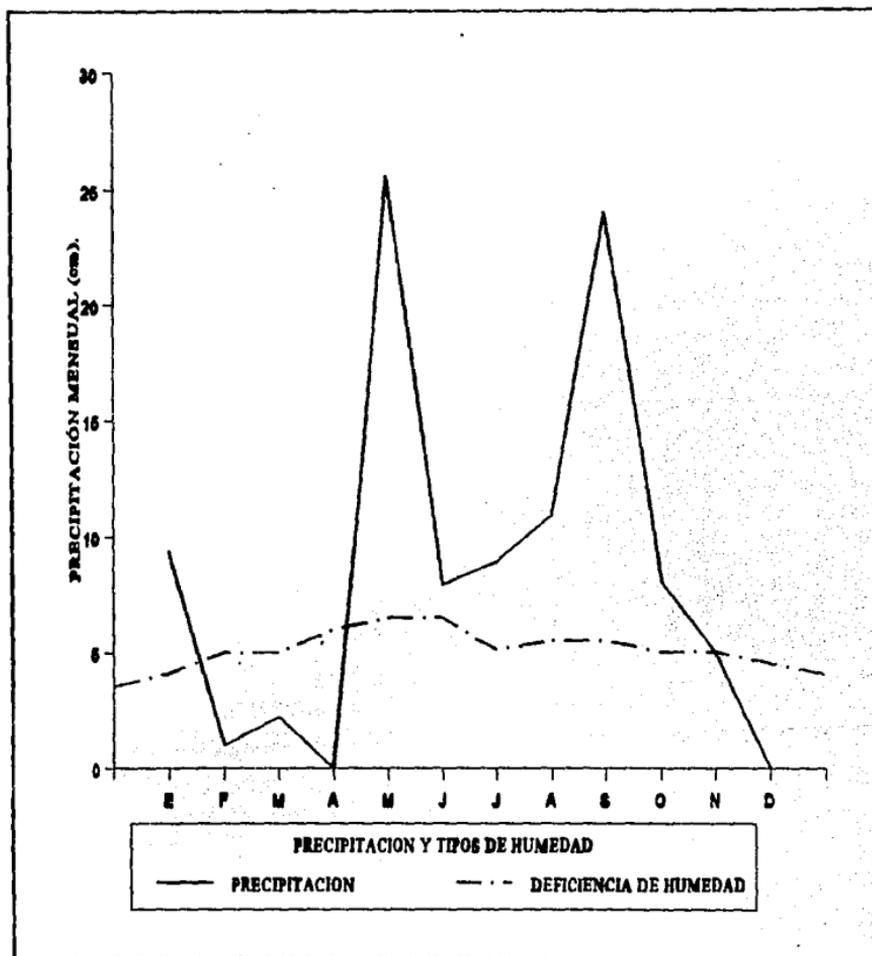
VARIABLES	RENDIMIENTO ( ton/ha )
<b>MATERIA ORGANICA:</b>	
CON	0.14
SIN	0.16
<b>CULTIVO PRECEDENTE:</b>	
POLICULTIVO CON INOCULACION	0.12
POLICULTIVO SIN INOCULACION	0.12
VEZA	0.13
TRIGO	0.21

#### 4.1 RENDIMIENTO Y ALGUNOS COMPONENTES AGRONOMICOS EN MAÍZ.

Los resultados del analisis de varianza, muestran una escasa significancia estadística para la mayoría de los parámetros cuantificados. En el Cuadro 4, se observa que únicamente se encontró un efecto significativo del estiércol aplicado en el primer año para rendimiento de grano, número de mazorcas por metro cuadrado ( $NMAZm^2$ ) e índice de cosecha (IC); asimismo, para el cultivo precedente se observó significancia estadística para el IC; mientras que para la interacción materia orgánica por el cultivo precedente (M.O. x PREC.) solamente se apreció significancia en

Figura 1. Perfil de precipitación y tipo de humedad (Hueyotlipan, Tlaxcala, 1992).

Valores mayores a 16.6 cm, indican la presencia de una demasía de humedad.



Fuente: Pérez et al., (1992).

Cuadro 4. Cuadrados medios, significancia estadística y coeficientes de variación para rendimiento de grano y de algunos componentes agronómicos en maíz.

VARIABLES	M.O.	PRECEDENTE	INTERACCION M.O. x PREC.	C.V.
RENDIMIENTO DE GRANO ( ton/ha )	12234272.38 *	1003652.33 NS	2017733.69 *	20.03
NUMERO DE PLANTAS POR METRO CUADRADO ( NPLm <sup>2</sup> )	0.001 NS	0.506 NS	0.377 NS	15.04
NUMERO DE MAZORCAS POR METRO CUADRADO ( NMAZm <sup>2</sup> )	1.872 *	0.450 NS	0.132 NS	15.44
ALTURA DE PLANTA ( cm ) ( ALT. PL. )	228.377 NS	343.790 NS	104.505 NS	7.55
MATERIA SECA FLORACION - COSECHA ( gr/m <sup>2</sup> /día ) ( MSF-C )	1.488 NS	2.082 NS	0.622 NS	30.74
MATERIA SECA SIEMBRA - COSECHA ( gr/m <sup>2</sup> /día ) ( MSS-C )	0.287 NS	1.315 NS	0.189 NS	26.58
MATERIA SECA A LA COSECHA ( gr/m <sup>2</sup> ) ( MSC )	24684.005 NS	45336.111 NS	6022.359 NS	26.30
INDICE DE COSECHA ( IC )	0.077 *	0.009 *	0.011 *	13.18

Simbología:

\* = significativo ( P = 0.05 ).

NS = no significativo.

rendimiento de grano e IC. Por otra parte, los coeficientes de variación muestran valores elevados debido a la gran variabilidad que presentan los tepates en su proceso de rehabilitación.

Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad del error, se presentan en los Cuadros 5, 6 y 7, en donde se observan diferencias estadísticas en el comportamiento del rendimiento y de algunos componentes agronómicos de los tratamientos estudiados.

En el Cuadro 5, se observa un efecto notable de la materia orgánica sobre el rendimiento de grano, NMAZm<sup>2</sup> e IC, cuyos valores tienden a disminuir al carecer de ella. Asimismo, se aprecia una escasa significancia para los demás parámetros evaluados, sin embargo, es digno de tomarse en consideración la presencia de este material orgánico ya que permite la obtención de mejores resultados.

**Cuadro 5. Medias del rendimiento de grano y de algunos componentes agronómicos en maíz, bajo el efecto de la materia orgánica.**

VARIABLES	MATERIA ORGANICA	
	CON	SIN
RENDIMIENTO ( ton/ha )	3.53 a	2.52 b
NPLm <sup>2</sup>	5.00 a	4.98 a
NMAZm <sup>2</sup>	4.36 a	3.97 b
ALT. PL. ( cm. )	164.79 a	160.42 a
MSF-C ( gr/m <sup>2</sup> /día )	7.47 a	7.11 a
MSS-C ( gr/m <sup>2</sup> /día )	4.75 a	4.59 a
MS-C ( gr/m <sup>2</sup> )	875.37 a	830.01 a
IC	0.39 a	0.31 b

Tukey (0.05 ) = valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 6, podemos notar que a pesar de existir una escasa respuesta de los cultivos precedentes, los mejores resultados corresponden a los obtenidos con el policultivo sin inoculación y veza en la mayoría de los casos. Asimismo, se nota el efecto benéfico que posee la veza en el índice de cosecha, ya que permitió incrementar significativamente los valores de este parámetro.

**Cuadro 6. Medias del rendimiento de grano y de algunos componentes agronómicos en maíz, según el tipo de cultivo precedente.**

VARIABLES	PRECEDENTES			
	POLICULTIVO CON INOC.	SIN INOC.	TRIGO	VEZA
RENDIMIENTO ( ton/ha )	2.81 b	3.52 b	2.97 b	3.46 b
NPLm <sup>2</sup>	5.09 b	5.28 b	4.97 b	4.66 b
NMAZm <sup>2</sup>	3.97 b	4.34 b	4.34 b	4.13 b
ALT. PL. ( cm. )	159.43 b	156.65 b	162.47 b	172.40 b
MSF-C ( gr/m <sup>2</sup> /dia )	7.03 b	8.06 b	7.08 b	7.68 b
MSS-C ( gr/m <sup>2</sup> /dia )	4.66 b	5.29 b	4.36 b	4.95 b
MSC ( gr/m <sup>2</sup> )	851.16 b	962.19 b	793.54 b	909.90 b
IC	0.34 b	0.32 b	0.37 b	0.38 a

Tukey ( 0.05 ) = valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

Finalmente, en el Cuadro 7 podemos apreciar los efectos generados por las interacciones de la materia orgánica y los diferentes tipos de cultivos precedentes, en donde se observa diferencias significativas únicamente para el rendimiento de grano e índice de cosecha. También se nota que en la mayoría de los casos, al participar conjuntamente estas dos variables, los valores de los parámetros evaluados se incrementan más que en forma individual.

Cabe señalar que la escasa significancia estadística encontrada entre los tratamientos, probablemente se deba a que los rastrojos del policultivo y de la veza al ser incorporadas al tepetate incrementaron los elementos nutritivos, los cuales interfirieron de alguna manera en la respuesta esperada de los factores de estudio. Además, es posible que haya sido necesaria la adición de una dosificación más alta de estiércol para lograr mejores resultados, aseveración que se apoya con el trabajo de Carrillo (1984) y Toledo (1987) quienes obtuvieron una mayor significancia en los parámetros evaluados al hacer una enérgica aplicación de este material orgánico un año antes.

Debido a que se tienen numerosas fuentes de variación dentro del análisis que comprenden a los efectos simples y a las interacciones, se decidió realizar la discusión solamente para aquellos casos en donde se observó significancia estadística; cada evento se apoya con su respectiva prueba de Tukey al 5% de probabilidad del error.

**Cuadro 7. Medias del rendimiento de grano y de algunos componentes agronómicos en maíz, cuando interactuaron las variables independientes materia orgánica y cultivo precedente.**

VARIABLES	MATERIA ORGANICA	PRECEDENTES			
		POLICULTIVO CON INOC.	SIN INOC.	TRIGO	VEZA
REND. ( ton/ha )	CON	3.48 a	4.81 a	3.37 a	3.41 a
	SIN	2.14 b	2.22 b	2.58 b	3.50 a
NPLm <sup>2</sup>	CON	5.16 a	5.13 a	4.85 a	4.94 a
	SIN	5.02 a	5.43 a	5.08 a	4.37 a
NMAZm <sup>2</sup>	CON	4.23 a	4.53 a	4.40 a	4.44 a
	SIN	3.71 a	4.15 a	4.27 a	3.82 a
ALT. PL. ( cm. )	CON	158.66 a	151.62 a	160.87 a	165.98 a
	SIN	160.21 a	161.68 a	164.08 a	178.82 a
MSF-C ( gr/m <sup>2</sup> /día )	CON	6.97 a	8.19 a	7.45 a	8.00 a
	SIN	7.08 a	7.94 a	6.71 a	7.37 a
MSS-C ( gr/m <sup>2</sup> /día )	CON	4.66 a	4.65 a	4.43 a	5.08 a
	SIN	4.65 a	4.94 a	4.28 a	4.82 a
MSC ( gr/m <sup>2</sup> )	CON	863.73 a	1 032.82 a	813.49 a	942.40 a
	SIN	838.60 a	891.56 a	773.59 a	877.40 a
IC	CON	0.40 a	0.38 a	0.41 a	0.36 a
	SIN	0.27 b	0.27 b	0.34 b	0.39 a

Tukey (0.05) = valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

#### 4.1.1 Rendimiento de grano en maíz.

En relación al rendimiento de grano en maíz y de acuerdo al análisis de varianza (Cuadro A-1 del apéndice), se encontraron diferencias estadísticas para la variable independiente materia orgánica (M.O.) y para la interacción materia orgánica por cultivo precedente (M.O. x PREC.), mientras que para la variable cultivo precedente (PREC.) no se observó significancia estadística.

##### 4.1.1.1 Efecto de la materia orgánica.

En el Cuadro 8, se presentan los rendimientos promedios de grano del maíz obtenido en los tratamientos con y sin materia orgánica. En él se observa que el rendimiento obtenido cuando se dispuso de M.O. fue de 3.53 ton/ha, y de 2.52 ton/ha al carecer de ella; comparando estos resultados se encuentra una diferencia de 1.01 ton/ha de grano a favor del maíz con M.O.; la diferencia estadística indicada por el análisis de varianza para esta variable, se debe a que el rendimiento de grano con M.O. fue de 40% más en comparación con la producción obtenida sin M.O. Estas tendencias se muestran gráficamente en la Figura 2.

**Cuadro 8. Pruebas de Tukey para el efecto de la materia orgánica en el rendimiento de grano.**

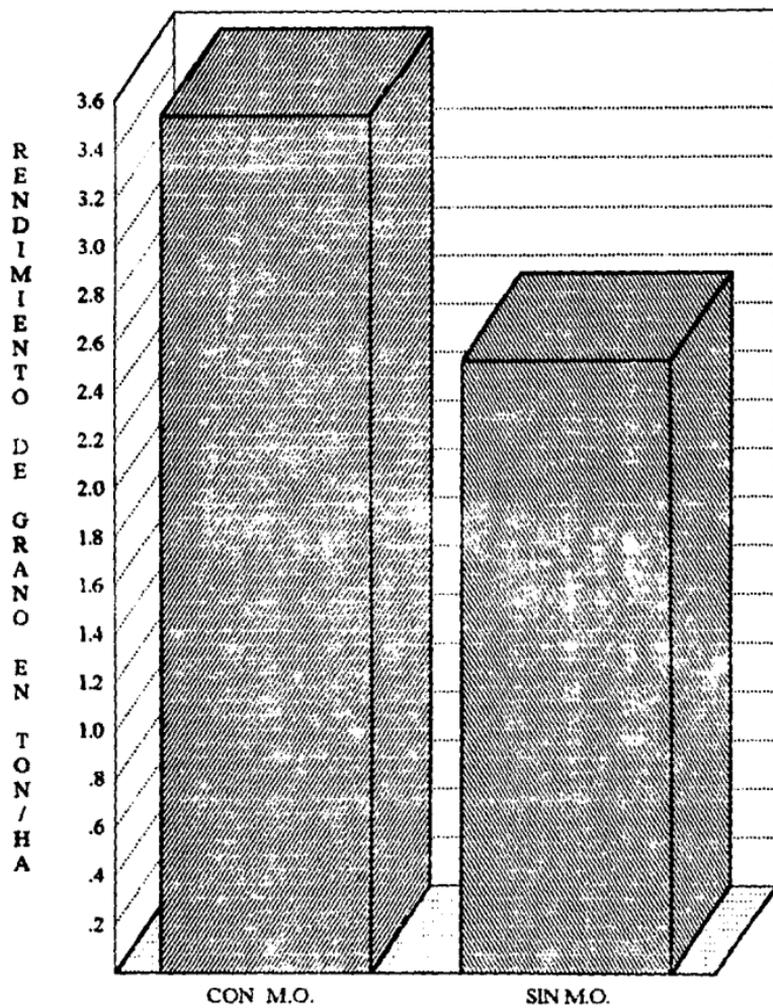
MATERIA ORGANICA	RENDIMIENTO ( ton/ha )
CON	3.53 a
SIN	2.52 b

Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

El efecto residual del estiércol aplicado en el primer año propició un incremento de 1.71 ton/ha de grano más con respecto a la media regional que es de 1.82 ton/ha, el cual también fue superado por aquellos tratamientos que no tuvieron M.O. con 0.7 ton/ha (38%). Estos aspectos benéficos denotan el potencial productivo de estos recursos para la producción agrícola.

Es probable que las óptimas condiciones ambientales prevalecientes para el maíz, como lo fue la presencia de un temporal más o menos regular, la escasa incidencia de heladas, así como de la adición previa de materia orgánica, repercutieron favorablemente en la obtención de mejores rendimientos de grano dado que superaron la media regional, aún cuando no se evaluaron

**Figura 2. Efecto de la materia orgánica en el rendimiento de grano.**



estadísticamente estos factores climáticos. Asimismo, es posible que el manejo precedente de la parcela experimental promovió una ligera disminución en los valores del pH, mejorando el aprovechamiento nutrimental de las plantas.

La influencia de las plantas de frijol con efectos de competencia en el cultivo del maíz, no pareció afectar la producción de grano de este último, que lejos de perjudicarlo le fue benéfica dado que los rendimientos obtenidos fueron sumamente satisfactorios aun sin disponer de la aplicación de estiércol, concidiendo con lo encontrado por Alvarez (1992). Este efecto benéfico se debe principalmente a que este sistema hace un uso más eficiente de los recursos limitantes del suelo, tanto de nutrientes como de agua, tal y como lo asevera Sorel (1983), citado por Díaz *et al.* (1988). Guzmán *et al.* (1992), afirman que la producción de biomasa de ambas especies se debe al intercambio de exudados radicales, sobre todo de la leguminosa.

Es innegable pensar que la aplicación del estiércol en el primer año, los cultivos previos, la presencia de las plantas de frijol asociadas al maíz así como del agua de lluvia, no hayan podido repercutir en una mejora de las condiciones limitantes del tepetate, posibilitando una mayor aptitud productiva. Es probable que la participación de todos estos elementos en conjunto, ayudaron a revertir la baja productividad de estos sustratos en menor tiempo de lo esperado, ya que para alcanzar una producción como la obtenida en este caso según Navarro *et al.* (1992) y Quantín *et al.* (1993), se necesita de 3 a 5 años, siempre y cuando se disponga de un buen manejo y temporal eficiente. Tales aspectos, valida el manejo tradicional que los productores de estas zonas realizan para conservar y mejorar la fertilidad de los tepetates.

La respuesta positiva de la aplicación de materia orgánica en el rendimiento de grano, bajo la forma de estiércol en los tepetates, coincide con lo observado por otros investigadores (González, 1984; Márquez *et al.*, 1992; y Alvarez, 1992) así como lo encontrado en otras condiciones edáficas (Palacios, 1983; Campos, 1982; y Tirado, 1979), y respecto a la presencia del frijol en el sentido de que no afecta al rendimiento del maíz es similar a lo obtenido en otros lugares (Andrews y Kassan, 1976, citados por Aguilar, 1978; Francis *et al.* 1975 y 1977, citados por Campos, 1982; y Campos, 1982).

Finalmente, cabe señalar que no se observó diferencia significativa en la producción de grano para los cultivos precedentes utilizados, sin embargo, la presencia de estos son dignos de tomarse

en cuenta puesto que inducen una mejoría en el rendimiento de grano los cuales superaron la media regional, siendo más notorio el obtenido por la veza y el policultivo sin inoculación.

#### 4.1.1.2 Efecto de la interacción M.O. x PREC.

En el Cuadro 9, se presentan los rendimientos promedios de maíz al interaccionar los tratamientos con y sin materia orgánica y los diferentes tipos de cultivos precedentes. En él se aprecia claramente, que la nula adición de materia orgánica (M.O.) repercute seriamente en el rendimiento, siendo poca la ayuda nutrimental de los residuos orgánicos de los cultivos precedentes. Sin embargo, al combinarse los tratamientos con M.O. y los del cultivo precedente, la producción de grano se incrementa considerablemente, sobresaliendo la interacción M.O. x Policultivo sin inoculación. En la Figura 3, se puede observar de manera gráfica estas tendencias. La diferencia significativa de este tratamiento, se debe a que incrementó el rendimiento en 2.59 ton/ha (117%) en comparación con aquel sin M.O. y mismo tipo de cultivo precedente, y de 1.28 ton/ha (36%) al compararla con los tratamientos que tuvieron M.O. en forma individual. Asimismo, al comparar esta misma interacción con las demás combinaciones respectivas, se tiene un incremento de 1.33 y 1.44 (ton/ha de grano (38 y 43%) para el policultivo inoculado y trigo, ambas con materia orgánica..

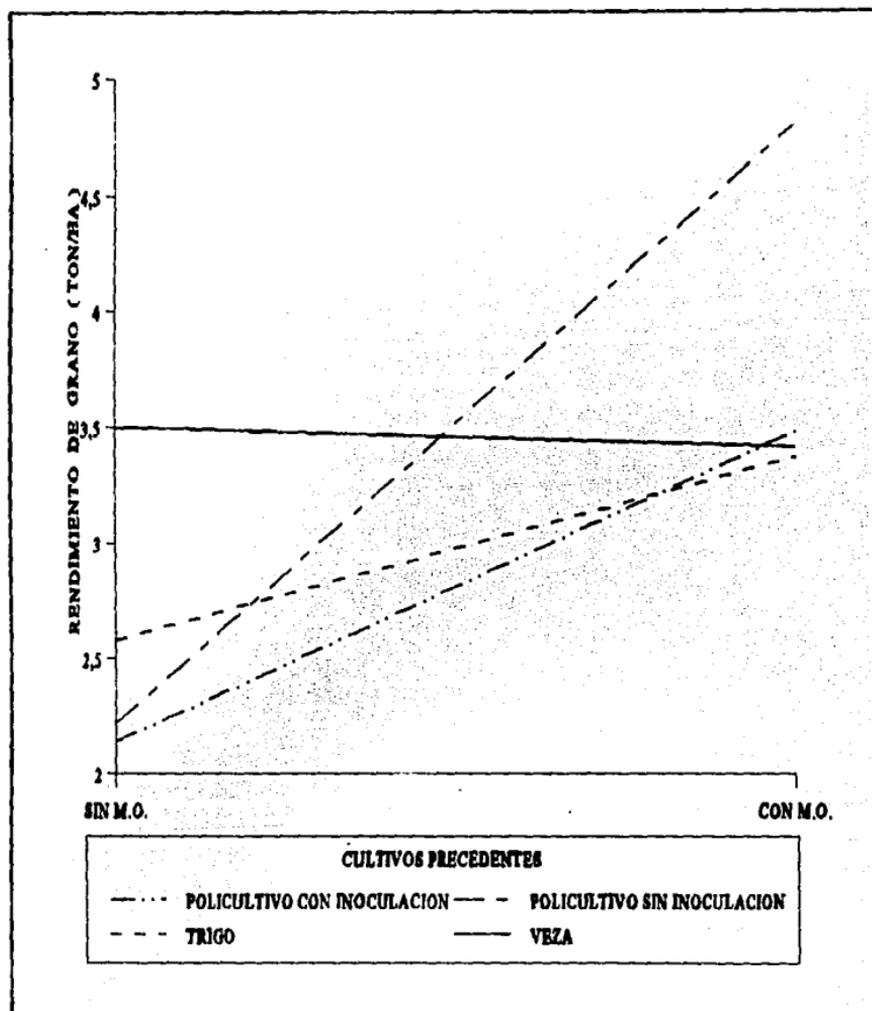
**Cuadro 9. Pruebas de Tukey para la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el rendimiento de grano de maíz.**

MATERIA ORGANICA	PRECEDENTES			
	POLICULTIVO CON INOC.	SIN INOC.	TRIGO	VEZA
CON	3.48 a	4.81 a	3.37 a	3.41 a
SIN	2.14 b	2.22 b	2.58 b	3.50 a

Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

En el mismo cuadro se puede apreciar similarmente, una diferencia significativa para el policultivo inoculado y trigo con M.O., aunque para la veza sucede todo lo contrario. Al realizar las comparaciones respectivas con aquellos tratamientos sin M.O., se observa un incremento de 1.34 y 0.79 ton/ha de grano (63 y 31%) para el primero y segundo caso respectivamente. Con

**Figura 3. Efecto de la interacción materia orgánica por cultivo precedente, en el rendimiento de grano.**



base en estos resultados, se considera a la interacción M.O. x Policultivo sin inoculación como el mejor tratamiento debido a que el rendimiento de grano fue el más sobresaliente de entre todas las combinaciones respectivas. Es probable que esta superioridad pudo estar relacionado con la aportación suficiente de nutrimentos de este precedente, ya que aparte de haber estado conformado por especies leguminosas (frijol y haba) sus rastrojos fueron incorporados al tepetate. Todo esto en conjunto, así como de la presencia de las plantas de frijol en este segundo año, benefició la producción de maíz y al tepetate mismo dado que acrecentó su aptitud productiva. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Quiroga *et al.* (1992) y algunos otros autores, en el sentido de que las leguminosas asociadas a un patrón de cultivos son benéficas por su aportación de nitrógeno residual al cultivo en rotación, poniendo de manifiesto la importancia fundamental que tienen estos sistemas para incrementar el rendimiento ya que hacen un uso más eficiente de los recursos limitantes de nutrientes y agua fundamentalmente. Esto valida este tipo de prácticas que realizan algunos agricultores de Tlaxcala para mejorar la producción y fertilidad de los tepetales, así lo estipulan ciertos investigadores como Altieri *et al.*, (1990); Mountjoy *et al.*, (1988); citados por Alvarez (1992).

De manera general, se podría decir que la mayoría de los cultivos precedentes al interaccionar con la M.O. son considerados como buenos rendidores de grano, debido a que en conjunto aportan una buena cantidad de nutrientes disponibles para el cultivo del maíz. Al respecto, Tirado (1979) encontró que el rendimiento de grano de maíz asociado con frijol está en función de la cantidad de nitrógeno y fósforo aplicados en forma de abonos orgánicos.

Finalmente, podemos afirmar que el bajo rendimiento observado en aquellos tratamientos interactivos sin M.O., puede deberse a que el nitrógeno y demás nutrimentos no fue el suficiente para ser utilizados por las plantas, y no por el efecto de competencia del frijol puesto que fueron densidades de población bajas. En forma similar, Tirado (1979) y Campos (1982) encontraron bajos rendimientos en maíz cuando no aplicaron abonos orgánicos de origen animal al sistema asociado maíz-frijol. Señalando asimismo estos autores, que al haber un balance adecuado de nutrientes los efectos de competencia no son de gran importancia.

#### 4.1.2 Número de mazorcas por metro cuadrado.

Con respecto al número de mazorcas por metro cuadrado (  $NMAZm^2$  ) y de acuerdo al análisis de varianza (Cuadro A-3 del apéndice), se encontraron diferencias estadísticas únicamente para la variable independiente materia orgánica (M.O.), mientras que para las demás variables no se observó significancia alguna.

##### 4.1.2.1 Efecto de la materia orgánica.

En el Cuadro 10, se presentan los valores medios del  $NMAZm^2$  obtenidos con materia orgánica (M.O.) y sin ella, apreciándose el efecto benéfico del estiércol aplicado previamente. El  $NMAZm^2$  en promedio para aquellos tratamientos con M.O. fue de 4.36, mientras que sin M.O. fue de 3.97 mazorcas por  $m^2$ ; comparando estos resultados se encuentra una diferencia de 0.39 mazorcas a favor de los tratamientos que tuvieron M.O.; la diferencia estadística indicada por el análisis de varianza para esta variable independiente, se debe fundamentalmente a que el  $NMAZm^2$  al disponer de abono orgánico fue de 10% superior en comparación con el  $NMAZm^2$  sin M.O. Estas tendencias se muestran en forma gráfica en la Figura 4.

**Cuadro 10. Pruebas de Tukey para el efecto de la materia orgánica en el número de mazorcas por metro cuadrado.**

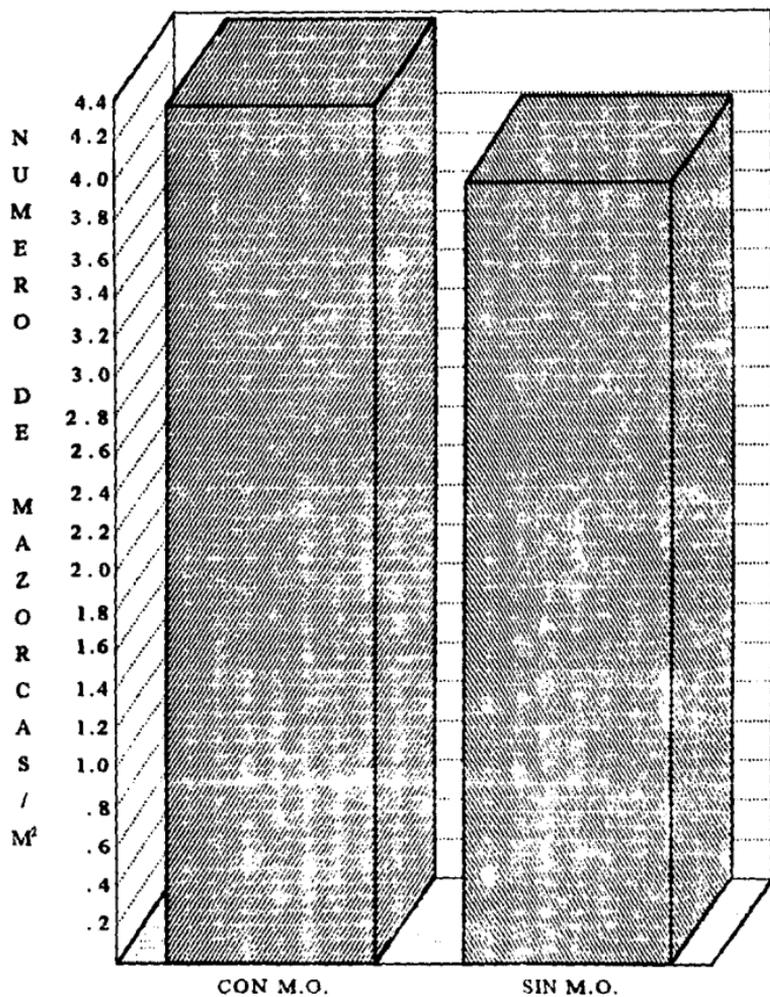
MATERIA ORGANICA	$NMAZm^2$
CON	4.36 a
SIN	3.97 b

Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

En el mismo cuadro, podemos observar que sin la adición de M.O. los valores de este componente decrecen considerablemente, repercutiendo en el rendimiento de grano.

Estos resultados evidencian que del estiércol aplicado aún se encuentran disponibles algunos nutrimentos, ya que promovió la producción de un mayor número de mazorcas así como de un buen desarrollo de las mismas y con un mejor llenado de granos. Similarmente, Coca (1982) encontró un efecto favorable con la aplicación de este abono orgánico sobre este componente. Asimismo, Tanaka y Yamaguchi (1984) mencionan que cuando hay una provisión adecuada de nitrógeno, el número de mazorcas por área sembrada tiende a aumentar así como del rendimiento

**Figura 4. Efecto de la materia orgánica en el número de mazorcas por metro cuadrado.**



de grano. Tales aspectos, evidencian la gran importancia que tienen estos abonos orgánicos para mejorar las condiciones nutrimentales del tepetate, y promover de esta manera un mayor potencial productivo de este componente.

Para los tratamientos sin M.O., se observa una baja producción de mazorcas debido a que no tuvo a su disposición el suficiente nitrógeno y algunos otros nutrimentos al momento de la definición de las mismas, propiciando con ello la producción de mazorcas pequeñas y con deficiente llenado de granos. Al respecto, Navarro *et al.* (1992), mencionan que los factores limitantes más importantes de estos sustratos que repercuten seriamente en la producción final de mazorcas, son la escasez de N, P y la deficiencia de agua. Quizás la presencia de agua de lluvia hizo disponible los escasos nutrimentos presentes en el tepetate, reduciendo este efecto en la producción del NMAZm<sup>2</sup>. Por otra parte, Tanaka y Yamaguchi (1984) mencionan que al mejorar las condiciones nutrimentales del suelo, se logra una mayor producción de mazorcas por unidad de superficie, ya que la carencia de nitrógeno provoca un decremento de este componente al presentarse un gran número de plantas infértiles. Es por ello, que es importante remarcar la gran importancia que tiene la materia orgánica en los tepetates para superar esta limitante y lograr buenos resultados.

#### 4.1.3 Índice de cosecha.

En relación con el índice de cosecha (IC) y de acuerdo al análisis de varianza (Cuadro A-8 del apéndice), se encontraron diferencias estadísticas para las variables independientes materia orgánica (M.O.), cultivo precedente (PREC.) e interacción de ambas (M.O. x PREC.).

##### 4.1.3.1 Efecto de la materia orgánica.

En el Cuadro 11, se presentan los valores promedios para el IC cuando tuvo M.O. y sin ella, se observa que este fue de 0.39 y 0.31 para el primero y segundo caso respectivamente; comparando estos resultados se encuentra una diferencia de 0.08 a favor del IC con M.O.; la diferencia estadística indicada por el análisis de varianza para esta variable, se debe a que el IC con materia orgánica incrementó su valor en un 26% en comparación con aquellos tratamientos que no tuvieron M.O. Estas tendencias se muestran gráficamente en la Figura 5.

**Cuadro 11. Pruebas de Tukey para el efecto de la materia orgánica en el índice de cosecha en maíz.**

<b>MATERIA ORGÁNICA</b>	<b>IC</b>
CON	0.39 a
SIN	0.31 b

Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

Con base en estos resultados se observa que la práctica de incorporar este tipo de material orgánico al tepetate, asegura las condiciones nutrimentales necesarias para la formación del rendimiento agronómico, siendo notable una mejoría en la aptitud productiva de este substrato dado que promovió la obtención de mejores valores de este parámetro, como consecuencia inherente de un buen desarrollo de las plantas.

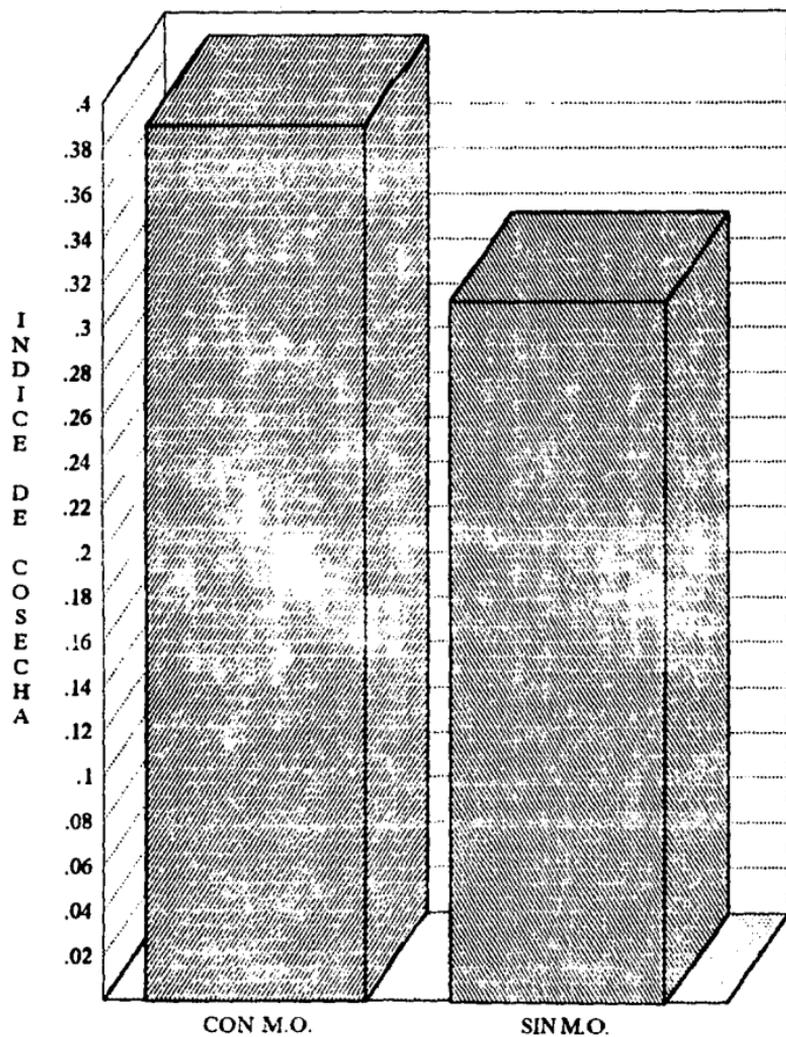
Se podría afirmar, que las plantas de maíz con materia orgánica tuvieron una mayor eficiencia para transformar a mazorca parte de su rendimiento biológico, asociado con sus componentes del rendimiento, mientras que en los tratamientos que carecieron de este material orgánico las plantas fueron más eficaces para producir materia seca pero no para formar una mayor cantidad de granos. Tal aseveración se puede reafirmar con el trabajo de Donald *et al.* (1976), citados por Márquez (1985), y Rodríguez (1990), citado por Obrador (1994), quienes aseguran que el índice de cosecha en cereales y demás cultivos es afectado por las condiciones extremas de exceso o déficit de nutrientes, principalmente de nitrógeno y agua, entre otros.

Estos resultados ponen de manifiesto que para incrementar el índice de cosecha en los tepetates, es necesaria la aplicación de materiales orgánicos para lograr satisfacer los requerimientos nutrimentales de las plantas.

#### **4.1.3.2 Efecto del cultivo precedente.**

En el Cuadro 12, se presentan los valores promedios del índice de cosecha (IC) para el maíz bajo el efecto de los diferentes tipos de cultivos precedentes, en donde se puede apreciar que la veza es la única que respondió significativamente para mejorar la eficiencia de este componente agronómico. La diferencia estadística encontrada por la veza entre los demás tratamientos se debe a que alcanzó el valor más alto que fue de 0.38, mientras que el valor más bajo correspondió para el policultivo sin inoculación con 0.32; al realizar las comparaciones respectivas de estos

Figura 5. Efecto de la materia orgánica en el índice de cosecha.



resultados, se encuentra una diferencia de 0.06 en el IC a favor del precedente veza; la significancia estadística indicada por el análisis de varianza para esta variable, se debe a que el IC del maíz con el precedente veza incrementó su valor en un 19% en comparación con el IC obtenido mediante el policultivo sin inoculación. Estas tendencias se muestran gráficamente en la Figura 6.

**Cuadro 12. Pruebas de Tukey para el efecto del cultivo precedente en el índice de cosecha en maíz.**

PRECEDENTE	IC
VEZA	0.38 a
TRIGO	0.37 b
POLICULTIVO CON INOCULACION	0.34 b
POLICULTIVO SIN INOCULACION	0.32 b

Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

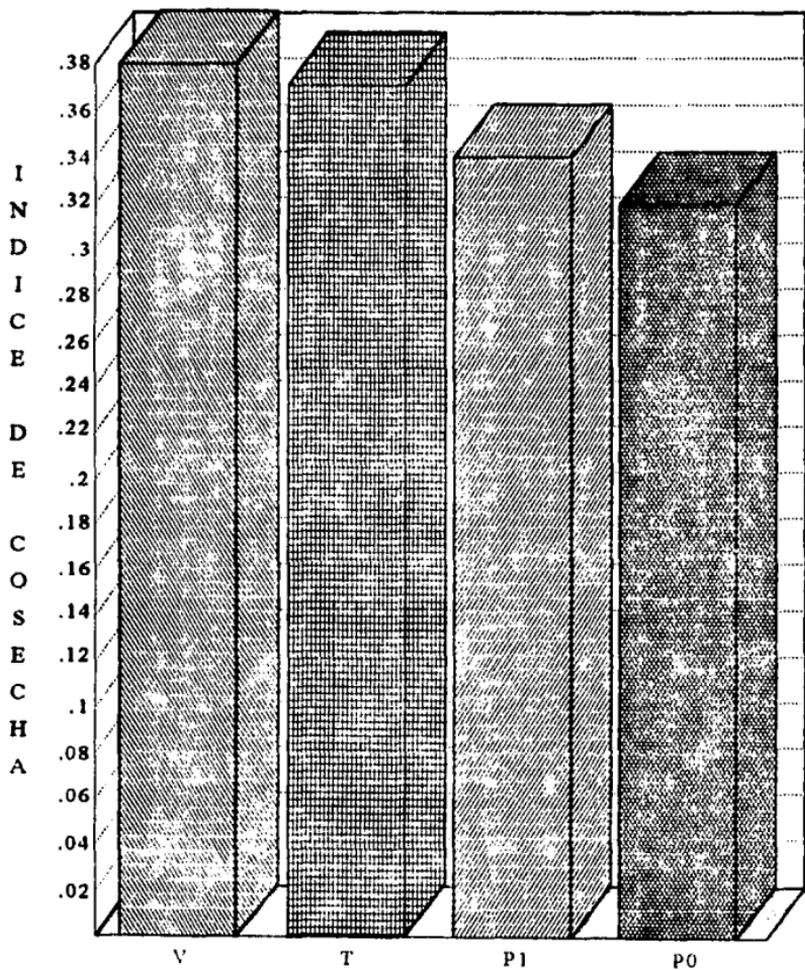
La respuesta positiva de la veza para conformar un mayor IC en el maíz, se debió indudablemente a que esta leguminosa incrementó la cantidad de nutrimentos disponibles en el tepetate, al ser incorporados los rastrojos de este cultivo así como del nitrógeno cedido por los microorganismos simbioses nativos e inoculados (*Rhizobium* sp.). Probablemente, esta condición nutrimental pudo satisfacer los requerimientos de las plantas y formar más grano de maíz, permitiendo con ello un mayor rendimiento. Estos resultados, se pueden reafirmar con lo encontrado por Encinas (1972) y Trinidad (1978), citados por Galeana (1990), quienes al utilizar a la veza como abono obtuvieron un incremento considerable en el rendimiento de grano en maíz, induciéndose con ello la obtención de un mejor índice de cosecha.

Es importante señalar, que el índice de cosecha del maíz obtenido a través de los precedentes trigo, policultivo con y sin inoculación de microorganismos fijadores de nitrógeno, resultaron estadísticamente iguales. Sin embargo, este resultado nos da una idea general acerca de las limitaciones que tiene el bajo nivel de materia orgánica en los tepetates para la producción agrícola.

Figura 6. Efecto del cultivo precedente en el índice de cosecha.

V = veza, T = trigo, P1 = policultivo con inoculación,

P0 = policultivo sin inoculación.



#### 4.1.3.3 Efecto de la interacción M.O. x PREC.

En el Cuadro 13, se presentan los valores promedios del índice de cosecha para maíz obtenidos al combinarse los tratamientos con y sin materia orgánica y los cultivos precedentes, se aprecia que en aquellos tratamientos sin adición previa de materia orgánica los precedentes por si solos logran índices de cosecha bajos, sin embargo, con materia orgánica los valores de eficiencia se incrementan considerablemente. Tales resultados, evidencian que entre mayor sea la presencia de residuos orgánicos las posibilidades de obtener mejores índices de cosecha se incrementan positivamente, por lo tanto de una mayor producción de grano y menos paja. Estos aspectos, permiten justificar la diferencia significativa encontrada en las combinaciones con materia orgánica y cultivos precedentes de trigo y policultivo con y sin inoculación. Asimismo, en el caso de la veza a pesar de no haberse encontrado significancia estadística entre tratamientos al interactuar con la materia orgánica aplicada en el primer año de rehabilitación del tepetate, se observa que posee un mayor efecto sin la adición de este material. En la Figura 7 se muestra de manera gráfica estas tendencias.

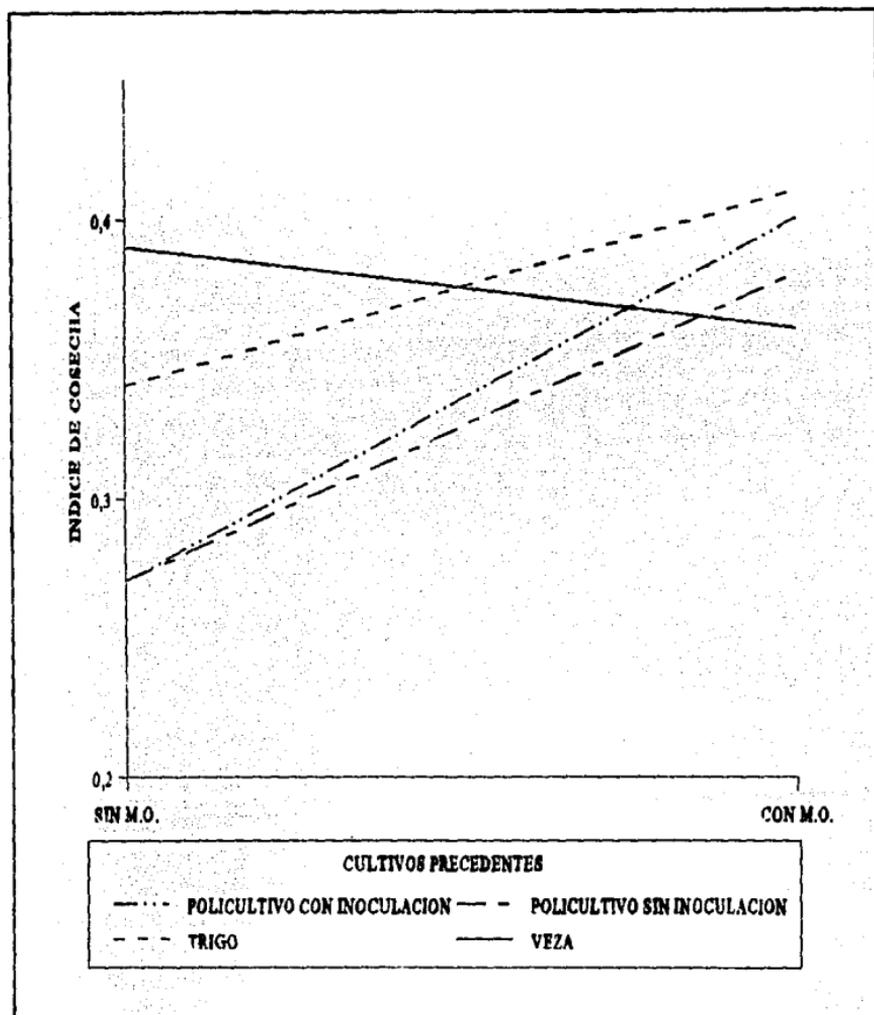
**Cuadro 13. Pruebas de Tukey para la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el índice de cosecha en maíz.**

MATERIA ORGANICA	PRECEDENTES			
	POLICULTIVO		TRIGO	VEZA
	CON INOC.	SIN INOC.		
CON	0.40 a	0.38 a	0.41 a	0.36 a
SIN	0.27 b	0.27 b	0.34 b	0.39 a

Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

Asimismo, en el cuadro citado podemos apreciar que los mejores índices de cosecha corresponden para las interacciones M.O. x Precedente trigo y policultivo con inoculación; comparando estos valores con aquellos que no tuvieron materia orgánica se obtiene un incremento de 21 y 48% a favor del IC con M.O. para el primero y segundo caso. Mientras, que al compararlos con aquellos tratamientos que tuvieron este material orgánico en forma individual, se tiene un incremento de 5 y 3% a favor del precedente trigo y policultivo inoculado con materia orgánica.

**Figura 7. Efecto de la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el índice de cosecha**



El buen comportamiento de la interacción M.O. x Precedente trigo para incrementar favorablemente el IC del maíz , puede deberse a la aportación de una gran cantidad de residuos radiculares de éste cultivo, los cuales al encontrarse con la materia orgánica del estiércol aplicado probablemente fueron más rápidamente degradados, poniendo a la disposición de las plantas los nutrientes liberados. Al respecto, Tun (1991) menciona que al combinarse el nitrógeno cedido por el estiércol y los residuos de las cosechas, se propicia una liberación más rápida de nutrimentos los cuales pueden ser aprovechados por los cultivos.

En lo concerniente a la interacción M.O. x Policultivo con inoculación, el efecto benévolo que tiene este tratamiento para incrementar el índice de cosecha podría deberse a la aportación suficiente del nitrógeno fijado por los microorganismos inoculados al precedente, siendo favorecido además, por la incorporación de los rastrojos de este cultivo al tepetate, en el que una mayor proporción correspondió a residuos de haba cuya acción nutrimental es más prolongada. Zebrowski *et al.* (1992), mencionan en relación a este aspecto que el uso de microorganismos es la forma más rápida y eficaz para rehabilitar los tepetates con fines agropecuarios.

Por otra parte, la interacción M.O. x Policultivo sin inoculación también presenta una diferencia significativa para este parámetro. Los valores del IC fueron mayores con materia orgánica (0.38), decreciendo al carecer de ella (0.27); el incremento es de 41% a favor del policultivo con materia orgánica.

A pesar de no haberse apreciado significancia en los tratamientos interactivos de la M.O. x Veza, se observa un índice de cosecha más elevado a todos los demás cultivos precedentes sin materia orgánica. Este efecto benéfico se debe probablemente, a que la veza por ser leguminosa aporta cierta cantidad de nitrógeno al tepetate, a través de los exudados radicuales y residuos orgánicos, el cual es aprovechado por los cultivos en rotación.

#### **4.2 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.**

En el Cuadro 14, se encuentra en forma sintetizada los resultados del análisis de varianza efectuados para los componentes del rendimiento estudiados, los cuales muestran una diferencia estadística en el número de granos por hilera y en el número de granos por mazorca para las variables independientes materia orgánica (M.O.), cultivo precedente (PREC.) e interacción de

**Cuadro 14. Relación de cuadrados medios, significancia estadística y coeficientes de variación para algunos componentes del rendimiento de maíz.**

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	MATERIA ORGANICA (M.O.)	PRECEDENTE (PREC.)	INTERACCION M.O. x PREC.	C.V. %
NÚMERO DE GRANOS POR HILERA (NGH)	42.71 *	16.35 *	41.16 *	10.32
NÚMERO DE GRANOS POR MAZORCA (NGMAZ)	8275.31 *	3528.99 *	10139.41 *	12.31
NÚMERO DE GRANOS POR METRO CUADRADO (NGm <sup>2</sup> )	530448.14 *	48774.61 NS	102372.22 NS	20.08

SIMBOLOGIA:

\* = SIGNIFICATIVO (P=0.05).

NS = NO SIGNIFICATIVO.

ambas (M.O. x PREC.), mientras que para el número de granos por metro cuadrado únicamente se observó respuesta positiva con la variable materia orgánica.

La respuesta de la adición previa de materia orgánica, del cultivo precedente e interacción de las mismas, observadas a través de estos componentes, se muestran en los Cuadros 15, 16 y 17, en donde es notorio el distinto comportamiento que presentan cada una de ellas.

En el Cuadro 15, podemos apreciar que la mejor expresión en los valores de los componentes del rendimiento se presenta para aquellos tratamientos que tuvieron materia orgánica, en contraste con los que carecieron de ella ya que muestran valores bajos.

**Cuadro 15. Medias de algunos componentes del rendimiento bajo el efecto de la materia orgánica.**

MATERIA ORGANICA	NGH	NGMAZ	NGm <sup>2</sup>
CON	23 a	279 a	1 234 a
SIN	21 b	253 b	1 024 b

Tukey (0.05) = valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 16, se observa el comportamiento de los componentes del rendimiento bajo el efecto de los cultivos precedentes, se puede apreciar que la veza acrecentó significativamente los valores del NGH y NGMAZ, asimismo se nota que los valores del NGm<sup>2</sup> fueron incrementados con este cultivo aunque sin significancia estadística.

**Cuadro 16. Medias de algunos componentes del rendimiento según el tipo de cultivo precedente.**

PRECEDENTES	NGH	NGMAZ	NGm <sup>2</sup>
VEZA	24 a	299 a	1 240 b
POLICULTIVO CON INOCULACION	22 b	267 b	1 089 b
POLICULTIVO SIN INOCULACION	22 b	267 b	1 170 b
TRIGO	21 b	252 b	1 118 b

Tukey (0.05) = valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

Finalmente, en el Cuadro 17 podemos notar el efecto benéfico que tiene la materia orgánica y el cultivo precedente al actuar en conjunto sobre los componentes del rendimiento, ya que se ven incrementados satisfactoriamente, aún en aquellos tratamientos que no se observa diferencia estadística.

**Cuadro 17. Medias de algunos componentes del rendimiento cuando interactuaron las variables independientes materia orgánica y cultivo precedente.**

VARIABLES	MATERIA ORGANICA	PRECEDENTES			
		POLICULTIVO CON INOC.	SIN INOC.	TRIGO	VEZA
NGH	SIN	20 b	19 b	20 a	27 a
	CON	24 a	25 a	22 a	22 b
NGMAZ	SIN	237 b	232 b	236 a	337 a
	CON	298 a	302 a	267 a	261 b
NGm <sup>2</sup>	SIN	911 a	978 a	1 038 a	1 284 a
	CON	1 267 a	1 361 a	1 198 a	1 197 a

Tukey (0.05) = valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

Para visualizar mejor la respuesta de los componentes del rendimiento a cada uno de estos factores, a continuación se presenta el análisis respectivo, haciendo referencia de que únicamente se realizará para aquellos con significancia estadística.

#### 4.2.1 Número de granos por hilera.

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro A-9 del apéndice), se encontraron diferencias estadísticas para las variables independientes materia orgánica (M.O.), cultivo precedente (PREC.) e interacción de ambas (M.O. x PREC.), las cuales se discutirán a continuación.

##### 4.2.1.1 Efecto de la materia orgánica.

En el Cuadro 18 y Figura 8, se puede apreciar que la materia orgánica (M.O.) ocasiona un mayor efecto en el componente número de granos por hilera (NGH) que sin ella. Se observa que el NGH fue de 23 con M.O., mientras que sin ella éste fue de 21; comparando estos resultados se encuentra una diferencia de 2 granos por hilera a favor de los tratamientos con M.O.; la diferencia

estadística indicada para esta variable, se debe a que con la adición previa de M.O. el NGH se incrementó en un 10% en comparación con aquel sin aplicación.

**Cuadro 18. Pruebas de Tukey para el efecto de la materia orgánica en el número de granos por hilera.**

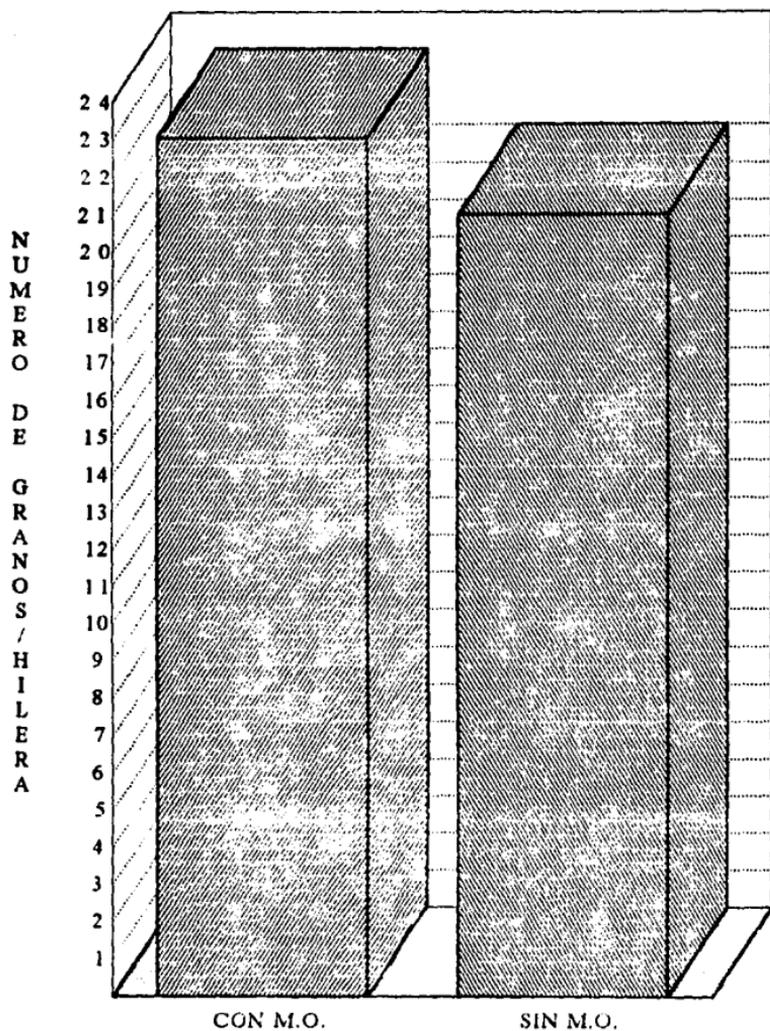
MATERIA ORGANICA	NGH
CON	23 a
SIN	21 b

Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

La significancia encontrada en los tratamientos que tuvieron M.O., probablemente se deba a que las plantas de este cultivo al disponer de más elementos nutritivos promovieron un mejor desarrollo de las mazorcas y llenado de granos, y con ello la obtención de un mayor número de granos por hilera. Esta aseveración puede reafirmarse con lo citado por Tirado (1992a) y algunos otros investigadores, en el sentido de que los abonos orgánicos proporcionan cantidades apreciables de nutrimentos que pueden ser aprovechados por los cultivos, sobre todo de nitrógeno y fósforo. Asimismo, Balderas (1983), citado por Pavón (1985), menciona que con la aportación de una adecuada fertilización mineral de N y P al suelo, se puede obtener un incremento en los valores del NGMAZ y en los de este componente, redundando en mejores rendimientos de grano. Tales aspectos, denotan la gran importancia que tiene la práctica de incrementar el nivel nutrimental de los tepetates para superar estas posibles limitantes.

En cuanto a aquellos tratamientos que no tuvieron M.O., es probable que el bajo NGH obtenido se deba a la escasa presencia de N y P fundamentalmente, repercutiendo consistentemente en el desarrollo de las mazorcas ya que éstas fueron de tamaño pequeño y con insuficiente llenado de granos. Estos resultados, evidencian que la deficiencia nutrimental ocasiona ciertas limitaciones durante el llenado de granos, que repercuten en el NGH, lo cual coincide con las investigaciones de Tanaka y Yamaguchi (1984), en el sentido de que la producción de este componente decrece cuando se ve disminuido el nivel de nitrógeno en el suelo. Por otra parte, Tollenar citado por Olvera et al. (1985), considera que la presencia de un estrés antes del jiloteo puede causar fallas en el desarrollo de la mazorca, y si éste sucede después de la polinización resulta en una delimitación o abortión del número de granos.

Figura 8. Efecto de la materia orgánica en el número de granos por hilera.



Es indudable, que la presencia de la regularidad del temporal haya coadyuvado a superar la limitante hídrica y promover la toma de nutrimentos por parte de las plantas.

Finalmente, cabe señalar que al lograr un mayor NGH con la presencia de M.O. también se ve favorecido el NGMAZ, y por consiguiente la obtención de un rendimiento de grano aceptable.

#### 4.2.1.2 Efecto del cultivo precedente.

En el Cuadro 19, se puede apreciar que únicamente se encontró diferencia estadística en el número de granos por hilera (NGH) para el cultivo precedente veza. El efecto benéfico de esta leguminosa se ve reflejado en el acrecentamiento de los valores de este componente, el cual fue de 24 granos por hilera, mientras que el más bajo valor corresponde para el precedente trigo con 21 granos por hilera; comparando estos resultados se encuentra una diferencia de 3 granos por hilera a favor del precedente veza; la diferencia estadística indicada por el análisis de varianza para ésta variable, se debe a que la veza incrementó este componente en un 14% en comparación con el NGH del precedente trigo. En la Figura 9 podemos observar esta tendencia.

**Cuadro 19. Pruebas de Tukey para el efecto del cultivo precedente en el número de granos por hilera.**

PRECEDENTES	NGH
VEZA	24 a
POLICULTIVO CON INOCULACION	22 b
POLICULTIVO SIN INOCULACION	22 b
TRIGO	21 b

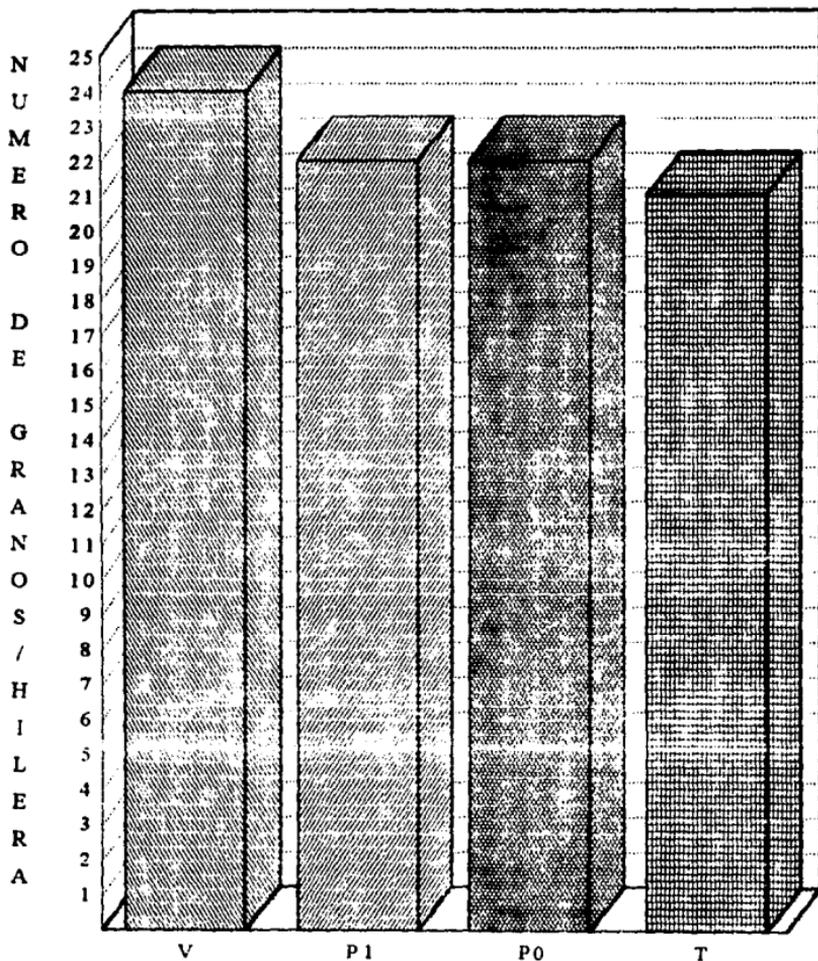
Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

La significancia encontrada en el precedente veza, probablemente se deba a que estas plantas por ser leguminosas son buenas aportadoras de nitrógeno, que aunado a la inoculación con *Rhizobium* sp. y a la adición de rastrojos de este cultivo acrecentaron los nutrimentos requeridos. Este efecto benévolo, se vio reflejado en la producción de mejores mazorcas y por consiguiente la obtención de un mayor NGH, por lo tanto de un ascendente rendimiento de grano. Al respecto, Encinas (1972), citado por Galeana (1990), menciona que al ser incorporada la veza al suelo

Figura 9. Efecto del cultivo precedente en el número de granos por hilera.

V = veza, P1 = policultivo con inoculación,

P0 = policultivo sin inoculación, T = trigo.



aumenta la materia orgánica y el nivel del nitrógeno, incrementando considerablemente el rendimiento de grano en maíz.

Estos resultados nos permite aseverar, que las plantas de leguminosas son buenas precedentes dado que promueven una mayor aptitud productiva del tepetate.

#### 4.2.1.3 Efecto de la interacción M.O. x PREC.

En el Cuadro 20, se presentan los valores promedios del número de granos por hilera (NGH) obtenidos cuando se combinaron los tratamientos materia orgánica y cultivo precedente (M.O. x PREC.), en él se aprecia que los cultivos anteriores que no tuvieron M.O. son incapaces de incrementar la producción de este componente, excepto para la veza, mientras que con M.O. existe una respuesta significativa, específicamente para los policultivos. Un caso de particular importancia, lo constituye la veza puesto que supera significativamente a todos los demás tratamientos aún sin materia orgánica. Este aspecto lo podemos observar en la Figura 10.

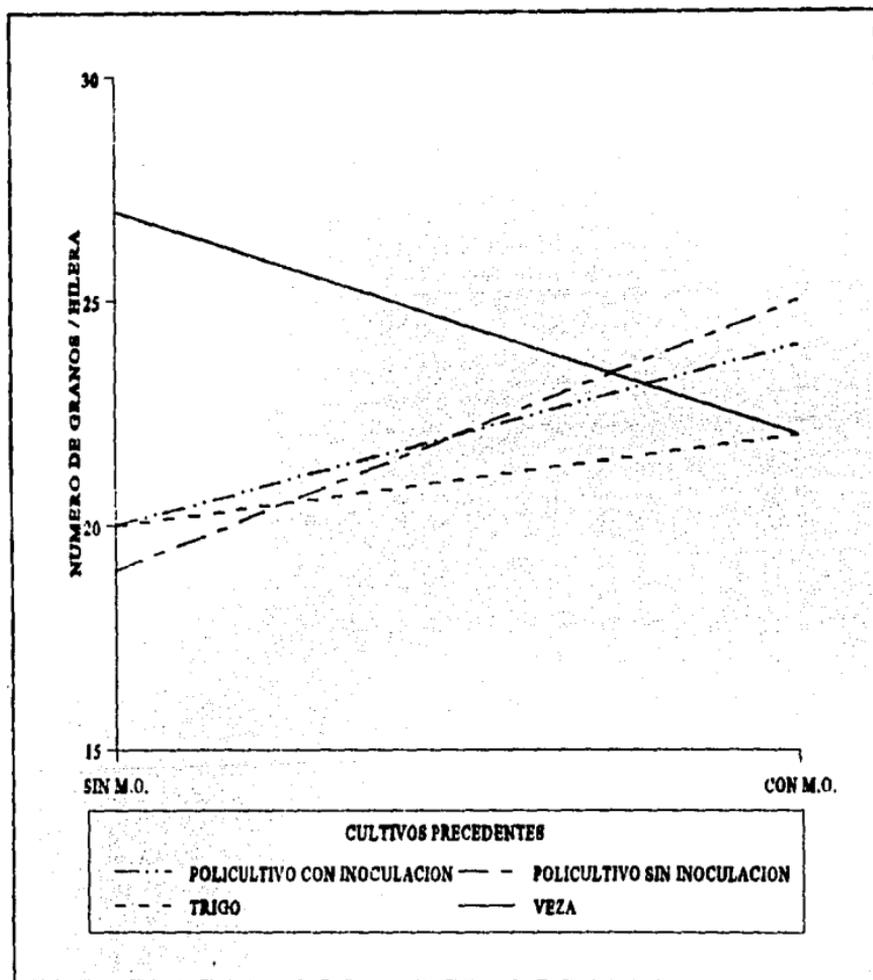
**Cuadro 20. Pruebas de Tukey para la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el número de granos por hilera.**

MATERIA ORGANICA	PRECEDENTES			
	POLICULTIVO CON INOC.	SIN INOC.	TRIGO	VEZA
CON	24 a	25 a	22 a	22 b
SIN	20 b	19 b	20 a	27 a

Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

El efecto sobresaliente de la veza sin M.O., se debe a que obtuvo el valor más alto de entre todas las demás combinaciones, el cual fue de 27 granos por hilera, mientras que con ella fue de 22; comparando estos valores se tiene una diferencia de 5 granos por hilera, es decir, un incremento de 23%; al comparar el valor obtenido por esta leguminosa sin materia orgánica con el del policultivo con y sin inoculación, ambos con M.O., se observa un incremento de 3 y 2 granos por hilera (13 y 8%), similarmente, al confrontarlo con aquellos tratamientos que tuvieron materia orgánica en forma individual se tiene 4 granos por hilera más (17 %) a favor de esta leguminosa. El buen comportamiento de la veza para incrementar los valores de este

**Figura 10. Efecto de la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el número de granos por hilera.**



componente, coincide con lo observado por Adams *et al.* (1970), citados por Galeana (1990), quienes al adicionar esta leguminosa al suelo encontraron que los rendimientos en maíz eran tan altos que no apreciaron una respuesta ascendente a la aplicación de nitrógeno mineral.

Estos hechos, denotan el efecto benéfico que tiene esta leguminosa forrajera para promover una mayor producción de granos por hilera en tepetate. Sin embargo, no debemos descartar el uso de policultivos pues aún sin inoculante pueden proporcionar resultados similares.

#### 4.2.2 Número de granos por mazorca.

En relación con este componente y de acuerdo con el análisis de varianza efectuado (Cuadro A-10 del apéndice), se encontraron diferencias estadísticas para las variables independientes materia orgánica (M.O.), cultivo precedente e interacción de ambas (M.O. x PREC.), las cuales se discutirán a continuación.

##### 4.2.2.1 Efecto de la materia orgánica.

En el Cuadro 21 y Figura 11, podemos observar el efecto favorable que tiene la materia orgánica para acrecentar significativamente los valores del componente número de granos por mazorca (NGMAZ).

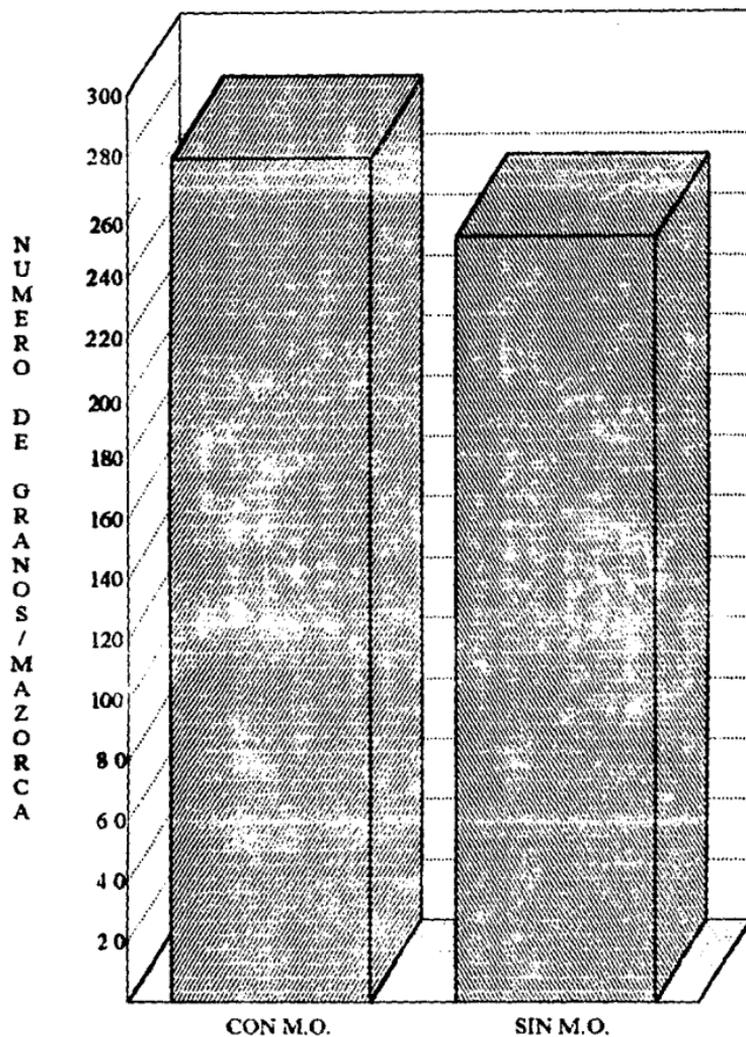
**Cuadro 21. Pruebas de Tukey para el efecto de la materia orgánica en el número de granos por mazorca.**

MATERIA ORGANICA	NGMAZ
CON	279 a
SIN	253 b

Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

En el cuadro referido, se aprecia que con la materia orgánica el valor de este componente es de 279, mientras que sin la participación de esta es de 253; al comparar estos resultados se encuentra una diferencia de 26 granos a favor del NGMAZ con materia orgánica; la significancia estadística indicada por el análisis de varianza para esta variable, se debe a que con M.O. el NGMAZ se incrementó en un 10% en comparación con aquellos tratamientos sin materia orgánica.

Figura 11. Efecto de la materia orgánica en el número de granos por mazorca.



Lo anteriormente expuesto evidencia que la materia orgánica adicionada un año antes en forma de estiércol, aún posee los suficientes elementos nutritivos para promover la producción de mejores mazorcas, así como de un mayor NGH y consecuentemente de más granos por mazorca. Al respecto, Carrillo (1984) menciona que con la aplicación de materia orgánica en forma de estiércol se tiene una mayor cantidad de nutrientes en el suelo, señalando que cuando el N y P se encuentran disponibles los rendimientos son notablemente acrecentados.

En lo concerniente a la baja producción del NGMAZ obtenida en los tratamientos sin M.O., podría deberse a que las plantas del maíz no tuvieron los suficientes nutrimentos requeridos para satisfacer sus necesidades productivas, propiciando un desarrollo deficiente de las mazorcas y llenado de grano, repercutiendo seriamente en el rendimiento de grano.

Estos resultados, enmarcan la gran importancia que tiene la materia orgánica en los tepetates para posibilitar una mejor producción del NGMAZ, el cual se encuentra estrechamente relacionado con el NGm<sup>2</sup> y con el rendimiento final.

#### 4.2.2.2 Efecto del cultivo precedente.

En el Cuadro 22 y Figura 12, se observa el efecto contrastante que tiene la veza para superar los valores del componente número de granos por mazorca (NGMAZ) con respecto a los demás precedentes.

**Cuadro 22. Pruebas de Tukey para el efecto del cultivo precedente en el número de granos por mazorca.**

PRECEDENTES	NGMAZ
VEZA	299 a
POLICULTIVO CON INOCULACION	267 b
POLICULTIVO SIN INOCULACION	267 b
TRIGO	252 b

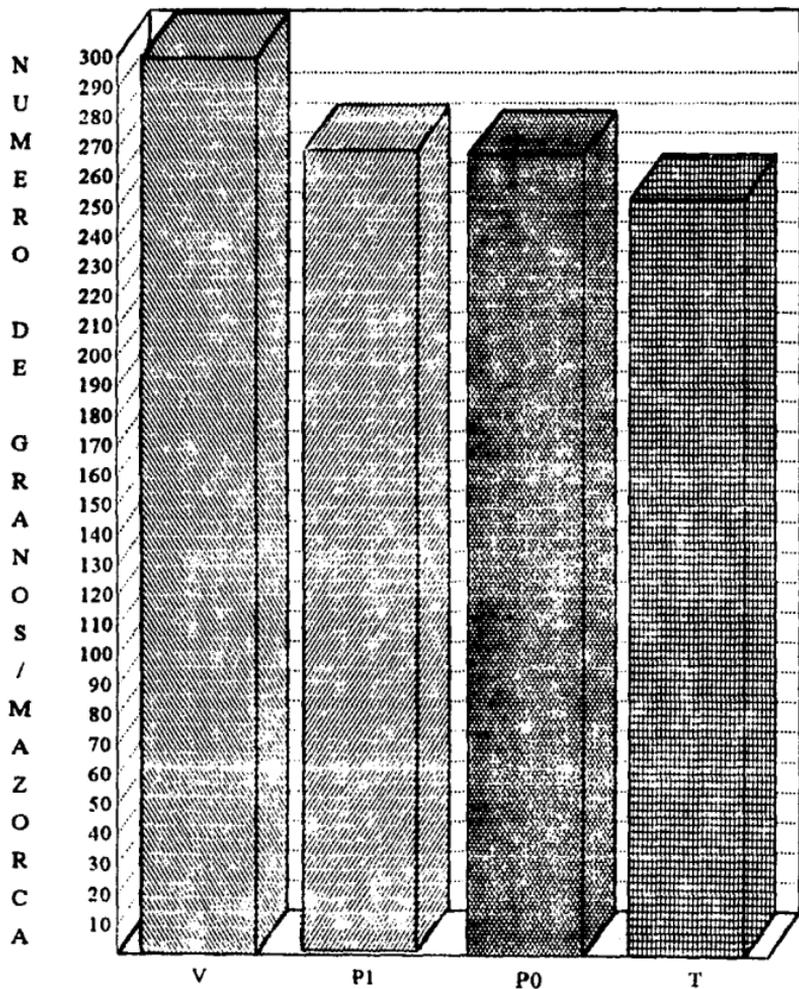
Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

En este cuadro se aprecia que el valor obtenido por esta leguminosa forrajera fue de 299, mientras que el más bajo corresponde para el trigo con 252 granos por mazorca; comparando estos resultados se obtiene una diferencia de 47 granos por mazorca a favor de la veza; la

Figura 12. Efecto del cultivo precedente en el número de granos por mazorca.

V = veza, P1 = policultivo con inoculación,

P0 = policultivo sin inoculación, T = trigo.



diferencia estadística encontrada por el análisis de varianza para esta variable, se debe a que la veza incrementó la producción de este componente en un 19% en comparación con el NGMAZ del precedente trigo. En lo que respecta a los demás precedentes no se observa ninguna diferencia significativa.

Con base en estos resultados, se considera a la veza como el mejor precedente para promover la producción de mejores mazorcas y número de granos, por la aportación nutrimental que realizan estas plantas al tepetate, máxime si los rastrojos son incorporados como en este caso. De manera similar, Trinidad (1978), citado por Galeana (1990), encontró máximos rendimientos en maíz al adicionar la veza al suelo, aseverando que esta benevolencia se debía sobre todo a la aportación de nitrógeno, principalmente.

#### 4.2.2.3 Efecto de la interacción M.O. x PREC.

En el Cuadro 23, se presentan los valores promedios del número de granos por mazorca (NGMAZ) obtenido cuando se combinaron las variables materia orgánica y cultivo precedente (M.O. x PREC.), únicamente se observa diferencias significativas para los policultivos con M.O. y veza sin M.O., destacandose este último tratamiento por superar a todas las demás combinaciones. No se observa significancia estadística para la interacción M.O. x Precedente trigo. En la Figura 13, se muestra de manera gráfica estos resultados.

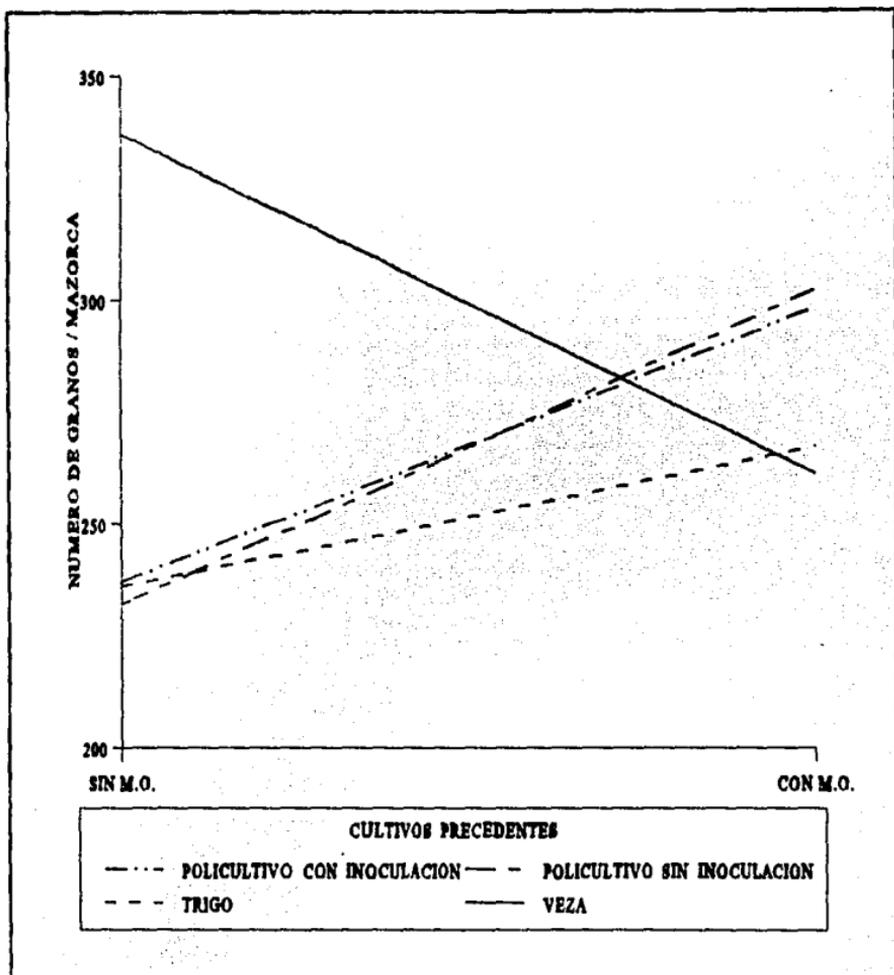
**Cuadro 23. Pruebas de Tukey para la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el número de granos por mazorca.**

MATERIA ORGANICA	PRECEDENTES			
	POLICULTIVO		TRIGO	VEZA
	CON INOC.	SIN INOC.		
CON	298 a	302 a	267 a	261 b
SIN	237 b	232 b	236 a	337 a

Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

El hecho sobresaliente de la veza sin M.O., se debe fundamentalmente a que produjo 76 granos más por mazorca (29%) en comparación con aquel tratamiento que tuvo el mismo precedente pero con materia orgánica; así como de un incremento de 39 y 35 granos por mazorca

Figura 13. Efecto de la interacción materia orgánica por cultivo precedente en el número de granos por mazorca.



(13 y 12%) al comparar este mismo valor con el del policultivo con y sin inoculante, ambos con M.O.; asimismo, se observa un incremento de 58 granos más (21%) a favor de este tratamiento al compararlo con el valor obtenido por aquellos que tuvieron materia orgánica en forma individual.

Por otra parte, al realizar las comparaciones entre tratamientos de los policultivos con y sin M.O. también se observa resultados bastante aceptables, aunque es notoria la presencia de un mayor valor de este componente para el policultivo sin inoculación y con materia orgánica. La buena aptitud productiva de la veza sin M.O. para incrementar satisfactoriamente los valores de este componente, puede deberse a la suficiente aportación nutrimental que realizan estas plantas al tepetate ya que por ser leguminosas poseen una gran capacidad fijadora de nitrógeno y aportan una gran cantidad de residuos orgánicos radiculares, así como de secreciones, las cuales abaten considerablemente la limitante nutrimental de estos substratos para los cultivos en rotación.

Asimismo, en el cuadro referido se observa que al intervenir en forma conjunta la materia orgánica y los policultivos, se obtienen resultados aceptables para este componente debido a que estas prácticas acrecientan la aptitud productiva de los tepetates.

#### 4.2.3 Número de granos por metro cuadrado.

Para este componente en particular y de acuerdo al análisis de varianza (Cuadro A-11 del apéndice), se encontró diferencia estadística únicamente para la variable independiente materia orgánica (M.O.), la cual se discutirá a continuación.

##### 4.2.3.1 Efecto de la materia orgánica.

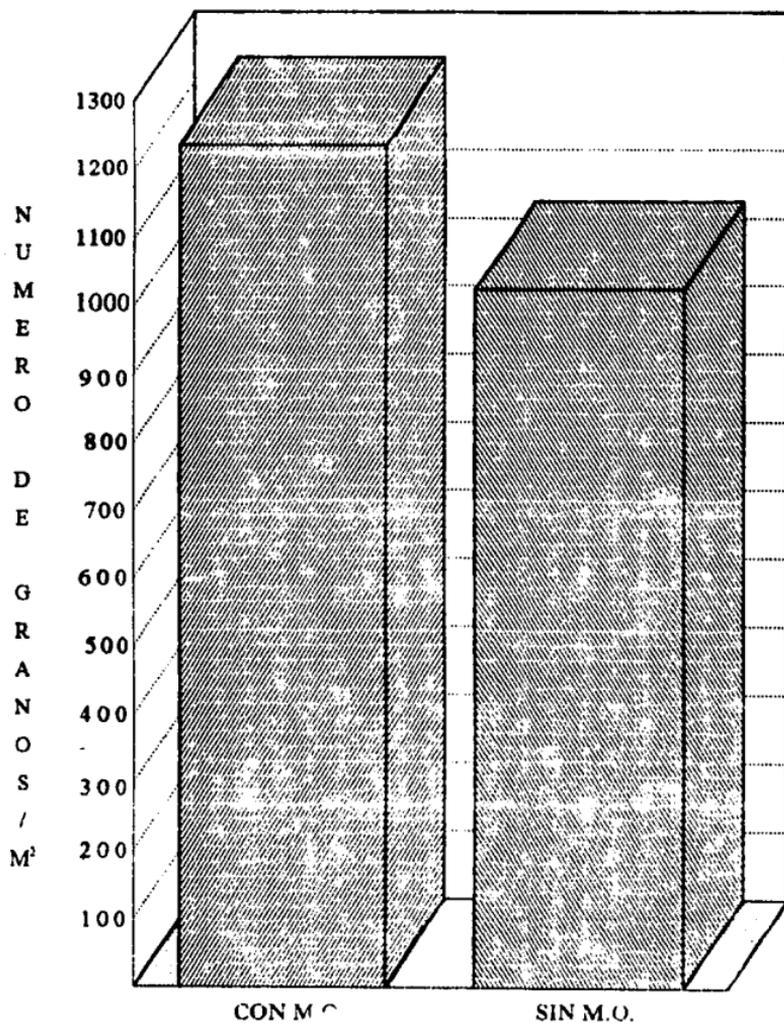
En el Cuadro 24, se presentan los promedios del componente número de granos por metro cuadrado ( $NGm^2$ ), en donde podemos apreciar el efecto significativo de la adición previa de materia orgánica en el tepetate. En la Figura 14 se muestra de manera gráfica estas tendencias.

**Cuadro 24. Pruebas de Tukey para el efecto de la materia orgánica en el número de granos por metro cuadrado.**

MATERIA ORGÁNICA	$NGm^2$
CON	1 234 a
SIN	1 024 b

Valores con la misma literal son estadísticamente iguales.

**Figura 14. Efecto de la materia orgánica en el número de granos por metro cuadrado.**



El efecto significativo de la materia orgánica sobre este componente, fue debido a que se obtuvo 1 234 granos por metro cuadrado en comparación con aquellos tratamientos sin M.O. que fue de 1 024; al realizar la comparación de estos resultados se encuentra una diferencia de 210 granos por metro cuadrado a favor de los tratamientos con M.O.; la diferencia estadística indicada por el análisis de varianza para esta variable, se debe al incremento de este componente de un 21% con materia orgánica.

Con base en estos resultados, se induce que aún se encuentra disponible algunos nutrimentos para promover la producción de un mayor  $NG_{m^2}$ , y consecuentemente un mayor rendimiento de grano. Lo cual evidencia los resultados encontrados por Tanaka y Yamaguchi (1984), quienes al proporcionar los nutrientes requeridos por las plantas de maíz, especialmente de nitrógeno, observaron que el número de granos por área sembrada aumentaba proporcionando un mayor rendimiento de grano, mientras que con la carencia de este nutrimento la producción de este componente disminuyó cuantiosamente. Por otra parte, Tovar (1987) y Tirado *et al.* (1992a), mencionan que la aportación nutrimental que realiza la materia orgánica aplicada en forma de estiércol, es tan amplia que pueden lograrse rendimientos sumamente satisfactorios.

Finalmente, es importante remarcar la significancia fundamental que tienen los materiales orgánicos en estos substratos, puesto que son necesarios para ir mejorando su capacidad productiva, ya que sin ella el número de granos por metro cuadrado decrece importantemente como consecuencia inherente de la insuficiencia nutrimental.

## V. DISCUSIÓN GENERAL.

Al analizar los resultados obtenidos con significancia estadística bajo el efecto de la materia orgánica, se observa una respuesta diferencial en el rendimiento de grano y en algunos componentes agronómicos.

Comparando los tratamientos que tuvieron materia orgánica con los que no dispusieron de ella, se destacan los primeros con el más alto rendimiento de grano ( 3.53 ton/ha ) como respuesta a una mejor condición nutrimental, a un significativo número de mazorcas por metro cuadrado, y a los elevados valores de sus componentes número de granos por hilera, número de granos por mazorca y número de granos por metro cuadrado.

Respecto a los tratamientos sin materia orgánica, el rendimiento obtenido ( 2.52 ton/ha ) aunque bejo supera a la media regional de estos lugares, a pesar de haberse encontrado un menor número de mazorcas y un decremento en los valores de sus componentes, como consecuencia de la escasez nutrimental del tepetate. Estos resultados, evidencian la importancia fundamental que tienen las adiciones de abonos orgánicos en los tepetates para sufragar tales limitaciones y lograr mejores resultados en su proceso de rehabilitación agrícola.

Por otra parte, se observa que con la adición previa de materia orgánica también se obtiene significativos índices de cosecha, trayendo consigo un mayor rendimiento de grano y una menor producción de paja.

En relación con el efecto del cultivo precedente, solamente se aprecia una diferencia significativa para la veza en el índice de cosecha, número de granos por hilera y número de granos por mazorca. Esta benevolencia se debe indudablemente a que esta leguminosa mejoró la condición restrictiva nutrimental del tepetate, ya que son aportadoras de una gran cantidad de residuos y secreciones radicales, así como de materia orgánica.

Bajo los diferentes efectos interactivos de la materia orgánica y cultivo precedente, los tratamientos que se destacan con los mejores rendimientos y altos valores en sus componentes corresponden en su mayoría a los que tuvieron estos dos factores en conjunto, los cuales generaron las condiciones nutrimentales necesarias para el buen crecimiento y desarrollo de las plantas; en contraste, aquellos tratamientos interactivos sin materia orgánica presentan los más bajos rendimientos así como en los valores de sus componentes debido a la escasez de elementos

nutritivos. Esta acción conjunta de la materia orgánica y cultivo precedente, se observa en orden descendente para el policultivo sin inoculación, siguiendo el mismo tipo de precedente pero con inoculación y posteriormente para el trigo, el primero de ellos respondió positivamente a esta interacción por la respuesta significativa de sus componentes número de granos por hilera y número de granos por mazorca, obteniendo el más alto rendimiento (4.81 ton/ha) en comparación con los demás tratamientos; ocurriendo lo mismo para el segundo; mientras que para el tercero de ellos, a pesar de que se tiene una respuesta significativa en el rendimiento de grano mediante este efecto, la expresión de sus componentes presentan una nula respuesta a estos factores. El efecto favorable encontrado en el rendimiento de grano, se debe sobre todo a que los policultivos estuvieron conformados por dos especies leguminosas, frijol y haba, así como del maíz, cuyos residuos orgánicos al ser incorporados al tepetate favorecieron una mayor aptitud productiva.

En el caso interactivo de la materia orgánica con la veza, se observa una escasa respuesta a la adición previa de estiércol al tepetate, lograndose un efecto significativo en el número de granos por hilera y número de granos por mazorca cuando no tuvo este material orgánico, expresando un mejor rendimiento de grano e índice de cosecha bajo este efecto aunque sin significancia estadística. El efecto positivo de la veza sin materia orgánica para incrementar los valores de estos componentes agronómicos, se debe a que sus rastrojos se incorporó al tepetate, siendo fácilmente degradada por los microorganismos por ser leguminosa, liberando en menor tiempo los elementos nutritivos. Se esperaba que la presencia de materia orgánica y esta leguminosa reportara mejores resultados, sin embargo, no sucedió así. Esta situación puede atribuirse a que la presencia de materia orgánica incrementa las poblaciones microbianas en el tepetate, que al conjuntarse con el nitrógeno liberado por la veza lo retuvieron por más tiempo debido a la competencia existente entre ellas, lo que se tradujo en una restricción de este elemento durante el desarrollo de las plantas.

El efecto de la materia orgánica y cultivo precedente al actuar en conjunto, también resulta significativo para el índice de cosecha; en contraste, con aquellos tratamientos que no tuvieron este material orgánico ya que sus valores tienden a decaer considerablemente. De esta manera, encontramos que el mejor índice de cosecha obtenido para el maíz corresponde al logrado por el trigo, siguiendo el policultivo inoculado y sin inoculación respectivamente, todos ellos con materia orgánica.

Con base en los resultados y análisis respectivo, se puede afirmar que los objetivos y las hipótesis planteadas en este trabajo se cumplen, aunque sea solamente para el caso del maíz dadas las circunstancias adversas que repercutieron en el rendimiento de grano del frijol y generaron resultados confusos, ya que se observó que el rendimiento y algunos componentes agronómicos en maíz presentaron diferencias en su magnitud como respuesta a la adición previa de materia orgánica al tepetate en forma de estiércol, cuyo efecto, además del precedente veza y de la interacción materia orgánica por el policultivo sin inoculación, tuvieron mayor relevancia.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## VI. CONCLUSIONES.

Bajo las condiciones en que se llevó a cabo ésta investigación experimental, permite establecer las siguientes conclusiones:

La presencia de lluvias constantes provocaron una demasía de humedad en el tepetate, repercutiendo seriamente en el rendimiento de grano de frijol por lo que no se analizó estadísticamente.

Los mejores rendimientos de grano de maíz se obtuvieron en el tepetate con materia orgánica ( 3.53 ton/ha ), así como al interactuar la materia orgánica y policultivo sin inoculante ( 4.81 ton/ha ) e inoculado ( 3.48 ton/ha ) y trigo ( 3.36 ton/ha ), los cuales se vieron favorecidos por los altos valores de sus componentes.

Los menores rendimientos de grano se obtuvieron en el tepetate sin materia orgánica ( 2.52 ton/ha ), como trascendencia de los bajos valores de sus componentes.

No se encontró significancia estadística para los cultivos precedentes en el rendimiento de grano, resultando ligeramente mejor el policultivo sin inoculante ( 3.52 ton/ha ), que el de la veza ( 3.46 ton/ha ), trigo ( 2.97 ton/ha ), y policultivo con inoculante ( 2.81 ton/ha ).

La materia orgánica y el cultivo precedente veza, fueron los principales factores que modificaron la magnitud de los componentes número de granos por hilera y número de granos por mazorca.

La combinación de la materia orgánica y los cultivos precedentes produjo un efecto significativo en el índice de cosecha de maíz, principalmente para el trigo y policultivo con y sin inoculante.

No se apreció una respuesta clara en la gran mayoría de los parámetros evaluados a las variables utilizadas, debido a que probablemente se requirió una dosificación más elevada de estiércol.

El manejo previo del tepetate, como lo fue la adición de estiércol de bovino y el establecimiento de diferentes tipos de cultivos, entre otros, así como de la presencia de agua de lluvia, acrecentó la capacidad productiva de este sustrato, que se reflejó en un mayor rendimiento de grano de maíz en comparación con el primer año de rehabilitación agrícola.

## RECOMENDACIONES.

El presente trabajo corresponde al segundo de una serie de estudios secuenciales, en donde se pretende generar recomendaciones agronómicas que permitan hacer productivo al tepetate en un periodo de 3 a 5 años, bajo condiciones de manejo campesino, en esta región de estudio. Por ello, los resultados pueden considerarse como preliminares de dicho proceso y las sugerencias que se establecen se limitan a lo obtenido en esta fase experimental.

Se propone el establecimiento de policultivos como cultivo inicial del proceso de rehabilitación del tepetate (T3), ya que aun sin inoculante simbiótico pueden elevar satisfactoriamente el rendimiento de grano en maíz y de sus componentes en el segundo año de rehabilitación de este sustrato. Asimismo, se sugiere también a la vez debido a que incrementa además el índice de cosecha.

Debido a la importancia que tiene el bajo nivel de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, como factor limitante en la aptitud productiva del tepetate es recomendable continuar adicionando materiales orgánicos, así como del establecimiento de cultivos asociados con leguminosas en las primeras etapas de rehabilitación, ya que mejoran considerablemente las condiciones nutrimentales de estos.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Arias R., H. M. 1992. Rehabilitación de tepetates: Una alternativa para la producción agropecuaria y forestal. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. pp 309-317.
- Alvarez S., J. D. 1992. Manejo agroecológico y actividad microbiana en la recuperación de tepetates. Tesis: M. C. Especialista en edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 121 pp.
- Alvarez S., J. D., Ferrera C., R. y Zebrowski C. 1992. Análisis de la microflora asociada al manejo agroecológico en la recuperación de los tepetates. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D. Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol.10. Núm. especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de postgraduados, Montecillo, Méx. pp 419-424.
- Aguilar F., P. 1978. Formulación de recomendaciones para el cultivo de asociación maíz-frijol, en el área del Plan Puebla. Tesis: M. C. Especialista en edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx.
- B. Triplett, G. Jr. y V. Mannerling, J. 1979. Crop residue management in crop rotation y cropping systems. En: Crop Residue Management Systems. W. R. Oschwald (ed.). Publicada por la Sociedad Americana de Agronomía. Núm. 31. Madison, Wisconsin. pp 187-203.
- Benedicto V., G. S. 1989. Modificación de algunas condiciones físicas, químicas y de la actividad biológica del suelo por la incorporación de estiércoles. Tesis: M. C. Especialista en edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 90 pp.
- Campos de J., S. 1982. Efecto de la captación de lluvia, estiércol y rastrojo sobre la humedad del suelo y producción de la asociación maíz-frijol. Tesis: M. C. Especialista en suelos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 7-143.

- Cajuste L., J. y Cruz D., J. 1987. Presencia de materiales amorfos en algunos tepetates de la zona de influencia Chapingo. En: *Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural*. Ruiz F., J. F. (ed.). Universidad Autónoma de Chapingo, Méx. pp 69-77.
- Camargo R., E. O. y Guido A., I. 1987. Roturación y trituración de tepetate en el Valle del Mezquital, su efecto en la agricultura bajo condiciones de riego. En: *Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural*. Ruiz F., J. F. (ed.). Universidad Autónoma de Chapingo, Méx. pp 143-155.
- Carrillo G., R. 1984. Efecto del estiércol bovino sobre las propiedades químicas y microbiológicas del suelo y los rendimientos de maíz en Tizayuca, Hidalgo. Tesis: Lic. en Biología. ENEP Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Méx. pp 122.
- Coca W., F. 1982. Influencia de aplicaciones de estiércol, cobertura de paja y tres sistemas de labranza sobre el rendimiento de maíz de temporal. Tesis: M. C. Especialista en suelos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 97-130.
- Delgadillo P., Ma. E. y Miranda M., Ma. E. 1989a. Evaluación de seis formas de roturación de tepetate amarillo para incorporarlo a la producción en el oriente de la Cuenca de México. Tesis: Ing. Agr. Especialista en Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Méx. 157 pp.
- Delgadillo P., Ma. E., Miranda M., Ma. E. y Ruiz H., B. R. 1992b. Prácticas de manejo realizadas por los campesinos de Santa Catarina del Monte (Edo. de Méx.) para incorporar el tepetate a la producción. En: *Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos*. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 545-549.
- Díaz P., G. 1989. Recomendaciones teóricas de abonos orgánicos para diferentes cultivos en la región de Naolinco Veracruz. En: *Memorias del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Vergara S., M. A., Alcántara G., G. y Aguilar S., A. (eds.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. p 168.

- Díaz C., E. y Sinco G., Ma. E. 1988. Proyecto para substituir el monocultivo y unicultivo por la asociación y rotación de cultivos en el ejido de Chichicatzapan Gómez, Ver. Tesis: Ing. Agrícola. F.E.S-C, UNAM, Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx. pp 14-47.
- De Nomi, G., Trujillo, G. y Viennot, M. 1992. Análisis histórico, social y económico de la Cangahua en Ecuador. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 504-513.
- Etchevers B., J. D., Cruz H., L., Mares A., J. y Zebrowski, C. 1992a. Fertilidad de los tepetates I. Fertilidad actual y potencial de los tepetates de la vertiente Occidental de la Sierra Nevada (México). En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 379-384.
- Etchevers B., J. D., López R., R. M., Zebrowski, C. y Peña H., D. 1992b. Características químicas de tepetates de referencia de los tepetates de referencia de los Estados de México y Tlaxcala, México. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 171-177.
- Etchevers B., J. D., Zebrowski, C., Hidalgo M., C. y Quantin, P. 1992c. Fertilidad de los tepetates II. Situación del fósforo y del potasio en tepetates de México y Tlaxcala (México). En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 385-391.
- Galeana de la C., M. 1990. Evaluación del efecto de la veza (*Vicia sativa* L.) como abono verde en el cultivo de cebada en Chapingo, México. Tesis: M. C. Especialista en edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 1-69.

- Galvis S., A., Sánchez A., A. y Etchevers B., J. D. 1992. Disponibilidad de nitrógeno proveniente de diferentes residuos orgánicos aplicados al suelo. En: Memorias del XXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Tovar S., J. L. y R. Quintero, L. (eds.). Acapulco, Guerrero, Méx. p 446.
- Gavi R., F., Nuñez E., R. y Mares A., J. 1992. Evaluación de dos rocas fosfóricas como fuente de fósforo para dos especies cultivadas en un tepetate. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 392-397.
- García E., A. 1961. Estudio de los suelos de tepetate y las posibilidades de su recuperación agrícola. Tesis: Ing. Agr. Universidad Autónoma de Chapingo, Méx. pp 1-54.
- González J., A. 1992. Manejo del agua en condiciones de secano en Tlaxcala, México. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 494-502.
- González R., J. M. 1984. Introducción y evaluación de gramíneas y leguminosas establecidas en áreas degradadas para su uso en conservación de suelos y producción de forraje en sistema asociado con maíz. Tesis: M. C. Especialista en edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 76-238.
- Guerrero E., E. G., Luna M., J. L. y Caballero O., E. 1992. Distribución de los tepetates de la República Mexicana. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 131-136.
- Gutiérrez O., E. E. 1992. Modalidades de estrategias agrícolas y análisis de procesos tecnológicos, caso del ejido Santiago Tlalpan, Municipio de Hueyotlipan, Tlaxcala. Tesis: M.C. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 170 pp.

- Guzmán P., R. A., Ferrera C., R. y J. Bethlenfalvay, G. 1992. Papel de la endomicorriza V-A en la transferencia de exudados radicales entre frijol y maíz sembrados en asociación bajo condiciones de campo. En: Revista TERRA. Vol. 10. Núm. 2. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 236-248.
- Hernández X., E. 1987. Etnobotánica de Tlaxcala. En: Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural. Ruiz F., J. F. (ed.). Universidad Autónoma Chapingo, Méx. pp 1-8.
- Herrera Z., G. 1991a. Interacción intraespecífica e interespecífica entre maíz y frijol. Tesis: M. C. Especialista en Genética. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 3-24.
- Herrera C., B. E. 1990b. Estudio de la aptitud asociación en el sistema de cultivo maíz-frijol. Tesis: M. C. Especialista en genética. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 3-127.
- Hessmann, R. 1992. Micromorphological investigations of "tepetate" formation in the "toba"-sediments of the state of Tlaxcala (México). En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 145-150.
- INEGI. 1987. Los municipios de Tlaxcala. Colección: Enciclopedia de los municipios de México. pp 86-87.
- Márquez R., A., Zebrowski, C., y Navarro G., H. 1992. Alternativas agronómicas para la recuperación de tepetates. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. m. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 465-473.
- Márquez C., L. A. 1985. Efecto de la densidad de siembra sobre el índice de cosecha en diez variedades de avena. Tesis: Ing. Agrícola. F.E.S.-C. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.
- Matías C., S., Ferrera C., R. y Zebrowski, C. 1992. Respiración microbiana como un indicador de la fertilidad de los suelos agrícolas y tepetates en el Estado de Tlaxcala. En: Primer Simposio Internacional de suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C.,

- Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista **TERRA**. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 425-429.
- Mera O., F. y Vidal L., E. 1985. Efecto de la fórmula de producción sobre los componentes de rendimiento en dos variedades de maíz de riego. Tesis: Ing. Agrícola. F.E.S.-C. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx. pp 21-85.
- Millán G., J. A. D. y Nava V., M. A. 1989. Cultivo asociado de maíz para grano y leguminosas forrajeras. Tesis: Ing. Agr. Especialista en Fitotecnia. UACH. Chapingo, Méx. pp 8-24.
- Navarro G., H. y Zebrowski, C. 1992. Análisis agronómico comparativo en tepetates. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista **TERRA**. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 451-459.
- Navarro G., H. 1991a. Metodología para análisis de sistemas de producción con interés en el manejo de tepetates. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos (Uso y manejo de tepetates). Resúmenes ampliados. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 109-111.
- Navarro G., H. 1992b. Metodología para análisis de sistemas de producción, con énfasis en el manejo de tepetates. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista **TERRA**. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 515-523.
- Nava R., V., Sánchez, J., Olvera O., Y. y Leyte, A. R. 1992. Rehabilitación del tepetate mediante el manejo tradicional en Tlaxcala, México. En: Primer Simposio Internacional de suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista **TERRA**. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 460-464.

- Nimlos, T. J. 1987. La nomenclatura de horizontes endurecidos en suelos de cenizas volcánicas. En: *Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural*. Ruiz F., J.F. (ed.). Universidad Autónoma Chapingo, Méx. pp 11-16.
- Obrador O., J. J. 1994. Validación de parámetros de planta y clima que se utilizan en un modelo simplificado destinado a determinar dosis de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio para maíz. Tesis: M.C. en Edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx.
- Ortiz S., Ma. de la L. M. y Anaya G., M. 1992a. Rendimiento de maíz en tepetates roturados. En: *Revista TERRA*. Vol. 10. Núm. 1. S.M.C.S. Chapingo, México. pp 94-105.
- Ortiz V., B. y Ortiz S., C. A. 1990b. Edafología. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. 2a. ed. Chapingo, Méx. 394 pp.
- Palacios M., P. 1983. Evaluación agronómica del estiércol y su interacción con fertilizante mineral en asociación maíz-frijol en el Valle de Huamantla. Tesis: Ing. Agr. Especialista en zonas áridas. UACH. Chapingo, Méx. pp 4-108.
- Pavón R., V. M. 1985. Correlaciones de componentes de rendimiento en seis variedades de maíz (*Zea mays* L.) realizado en el poblado de dos ríos del municipio de Huixquilucan, Edo. de Méx. Tesis: Ing. Agrícola. F.E.S.-C. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México. 76 pp.
- Peña H., D., Ortiz S., Ma. de la L. M., Etchevers B., J. D. y Zebrowski, C. 1990. Incorporación de los tepetates a la producción agrícola: Rendimientos y efectos de roturación sobre características físico químicas de tepetates. En: *Memorias del XXIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Aguilar S., A., Alcántara G., G. y Etchevers B., J. D. (eds.). Comarca Lagunera, México. p 23.
- Pérez O., Ma. A., Navarro G., H. y Zebrowski, C. 1992. Productividad y sistemas en tepetates. Reporte técnico aún sin publicar. Centro de Estudios del Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Ponce M., P. S. 1987. Producción de forraje y grano de maíz bajo técnicas de captación de agua de lluvia y de conservación de humedad edáfica, en Tizayuca, Hgo. Tesis: Ing. Agr. Especialista en suelos. UACH. Chapingo, Méx. pp 14-103.

- Pimentel B., L. 1992. Como hacer productivos a los tepetates en México. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 293-301.
- Quantin, P., Arias R., H. M., Zebrowski, C., Oleschko, K., Ortiz S., C. A., Etchevers B., J. D. y Gabriels D. 1989a. Reincorporación de tepetates para producción agrícola. I. Descripción del proyecto en el valle de México. En: Memorias del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Vergara S., M. A., Alcántara G., G. y Aguilar S., A. (eds.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. p 2.
- Quantin, P., Arias, A., Etchevers, J., Ferrera, R., Oleschko, K., Navarro, H., Werner, G. y Zebrowski, C. 1993b. Tepetates de México: Caracterización y habilitación para la agricultura. Revista TERRA. Vol. 11. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo. Méx. 72 pp.
- Quiroga G., H. M. y Cueto W., J. A. 1992. Estimación del nitrógeno fijado y del residual en el suelo por trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*) en la Comarca Lagunera. Segundo año. En: Memorias del XXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Tovar S., J. L. y R. Quintero L. (eds.). Acapulco, Gro., México. p 442.
- Ruiz F., J. F. (ed.). 1987. Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 221 pp.
- Ruiz F., J. F. y Torres C., L. S. 1992. Producción hortícola en tepetates de Sau Miguel Tlaixpan, Estado de México, bajo agricultura bio-intensiva sostenible. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Núm. Especial. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 474-479.
- Sánchez J., M., Ruiz F., J. F. y Cuautle F., E. 1987a. Comportamiento de dos tipos de tepetates bajo la adición de abonos orgánicos y abonos verdes en condiciones de invernadero.

- En: *Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural*. Ruiz F. J. F. (ed.). UACH. Chapingo, Méx. pp 50-68.
- Sánchez, A. A., Galvis S., A., Etchevers B., J. D. y Nuñez E., R. 1992b. *Influencia del manejo de los residuos de cosecha en el aporte de nitrógeno orgánico al suelo*. En: *Memorias del XXV Congreso Nacional de la Ciencia del suelo*. Tovar S., J. L. y R. Quintero L. (eds.). Acapulco, Gro., Méx. p 444.
- Solis L., Ma. L. D. y Romero M., E. 1993. *Comparación de los componentes de rendimiento en el maíz criollo pepitilla para dos ciclos de cultivo en la comunidad de Juandiegos del municipio de Santa Catarina, Gto.* Tesis: Ing. Agrícola. F.E.S.-C. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.
- Tanaka, A. y Yamaguchi, J. 1984. *Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento de grano en maíz*. Traducida al español por Josué Kohashi Shibata, investigador del Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 120 pp.
- Tirado T., J. L. 1979. *Uso de mezclas de abonos orgánicos y minerales en bajas dosificaciones en la asociación maíz-frijol de temporal*. Tesis: M. C. Especialista en suelos. pp 3-70.
- Tirado T., J. L., Volke H., V. y Alcalde B., S. 1992. *Uso de mezclas de abonos orgánicos y minerales en la asociación maíz-frijol de temporal*. En: *Revista TERRA*. Vol. 10. Núm. 1. S.M.C.S. Chapingo, México. pp 84-93.
- Tisdale, S. L. y Nelson, W. L. 1987. *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. Traducida por Jorge Balasch y Carmen Piña. 1a. ed. en español. Ed. Uteha. México. pp 603-648.
- Toledo M., R. 1987. *Efecto de la aplicación de estiércol bovino en las propiedades físicas y químicas de un suelo con tepetate removido y su influencia en el rendimiento de trigo (Triticum aestivum)*. Tesis: Ing. Agr. Especialista en Suelos. UACH. Chapingo, Méx. pp 19-82.
- Tovar T., A. 1987. *Determinación del efecto de aplicación de estiércol de bovino semiseco y fresco sobre el rendimiento de cebada en suelos erosionados*. En: *Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural*. Ruiz F., J. F. (ed.). UACH. Chapingo, Méx. pp 156-171.

- Tun D., J. de la C. 1991. Efecto de la materia orgánica de los suelos pedregosos de Yucatan sobre el rendimiento de melón y maíz. Tesis: M. C. Especialista en edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 10-51.
- Urbano T., P. y Moro S., R. 1992. Sistemas agrícolas con rotaciones y alternativas de cultivo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Villa C., Ma. M. y Catalán V., E. A. 1992. Eficiencia de uso de agua en la asociación maíz-frijol. En: Revista TERRA. Vol. 10. Núm. 1. S.M.C.S. Chapingo, Méx. pp 33-36.
- Villarreal A., J. 1979. Respuesta del maíz y frijol a la aplicación de gallinaza, estiércol vacuno, zinc, manganeso y hierro en suelos de Cd. Serdán, Puebla, bajo condiciones de campo e invernadero. Tesis: M. C. Especialista en suelos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 220 pp.
- Werner, G. 1992. Suelos volcánicos endurecidos (tepates) en el Estado de Tlaxcala: Distribución, rehabilitación, manejo y conservación. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B., J. D., Arias R., H. M y Miranda M., Ma. E. (eds.). Revista TERRA. Vol. 10. Num. Especial. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 318-331.
- Zebrowski, C. 1992. Los suelos volcánicos endurecidos en América Latina. En: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos (Uso y manejo de tepates). Resúmenes ampliados. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp 119-121.
- Zebrowski, C., Prat, C., Etchevers B. J. D., Arias R., H. M. y Miranda M., Ma. E. (eds.). 1992. Suelos Volcánicos Endurecidos. Primer Simposio Internacional. ORSTOM (Francia) y Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 572 pp.

APENDICE.

A). Análisis de varianza.

Cuadro A-1. Rendimiento de grano de maíz ( ton/ha ).

FTE. DE VAR.	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUAD. MEDIO	F OBS.	SIGNIF.
BLOQUE	25287237.38	5			
M.O.	12234272.38	1	12234272.38	33.23	*
PREC.	3010956.99	3	1003652.33	2.73	NS
M.O. x PREC.	6053201.07	3	2017733.69	5.48	*
ERROR	12887859.84	35	368224.57		
TOTAL	59473527.66	47			
	C.V. = 20.03				

Cuadro A-2. Número de plantas por metro cuadrado.

FTE. DE VAR.	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUAD. MEDIO	F OBS.	SIGNIF.
BLOQUE	5.55304442	5			
M.O.	0.00140833	1	0.00140833	0.00	NS
PREC.	1.51706444	3	0.50568815	0.90	NS
M.O. x PREC.	1.13052250	3	0.37684083	0.67	NS
ERROR	19.70092697	35	0.56288363		
TOTAL	27.90296667	47			
	C.V. = 15.04				

Cuadro A-3. Número de mazorcas por metro cuadrado.

FTE. DE VAR.	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUAD. MEDIO	F OBS.	SIGNIF.
BLOQUE	13.03914025	5			
M.O.	1.87230000	1	1.87230000	4.52	*
PREC.	1.35006562	3	0.45002187	1.09	NS
M.O. x PREC.	0.39649049	3	0.13216350	0.32	NS
ERROR	14.49387031	35	0.41411058		
TOTAL	31.15186667	47			
	C.V. = 15.44				

Cuadro A-4. Altura de planta ( cm. ).

FTE. DE VAR.	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUAD. MEDIO	F OBS.	SIGNIF.
BLOQUE	7336.270066	5			
M.O.	228.376875	1	228.376875	1.52	NS
PREC.	1031.569564	3	343.789855	2.28	NS
M.O. x PREC	313.514001	3	104.504667	0.69	NS
ERROR	5271.584295	35	150.616694		
TOTAL	14181.114800	47			
	C.V. = 7.55				

Cuadro A-5. Materia seca de floración-cosecha ( gr/m<sup>2</sup>/día ).

FTE. DE VAR.	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUAD. MEDIO	F OBS.	SIGNIF.
BLOQUE	290.0821916	5			
M.O.	1.4875521	1	1.4875521	0.30	NS
PREC.	6.2450384	3	2.0816795	0.41	NS
M.O. x PREC.	1.8664607	3	0.6221536	0.12	NS
ERROR	175.7083550	35	5.0202387		
TOTAL	475.3895979	47			
	C.V. = 30.74				

Cuadro A-6. Materia seca de siembra-cosecha ( gr/m<sup>2</sup>/día ).

FTE. DE VAR.	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUAD. MEDIO	F OBS.	SIGNIF.
BLOQUE	81.03538043	5			
M.O.	0.28675208	1	0.28675208	0.19	NS
PREC.	3.94622772	3	1.31540924	0.85	NS
M.O. x PREC.	0.56849506	3	0.18949835	0.12	NS
ERROR	53.88587596	35	1.53959646		
TOTAL	139.72273125	47			
	C.V. = 26.58				

Cuadro A-7. Materia seca a la cosecha ( gr/m<sup>2</sup> ).

FTE. DE VAR.	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUAD. MEDIO	F OBS.	SIGNIF.
BLOQUE	2157416.652	5			
M.O.	24684.005	1	24684.005	0.49	NS
PREC.	136008.334	3	45336.111	0.90	NS
M.O. x PREC.	18067.078	3	6022.359	0.12	NS
ERROR	1760492.173	35	50299.776		
TOTAL	4096668.242	47			
	C.V. = 26.30				

Cuadro A-8. Índice de cosecha.

FTE. DE VAR.	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUAD. MEDIO	F OBS.	SIGNIF.
BLOQUE	0.12786088	5			
M.O.	0.07680000	1	0.07680000	35.34	*
PREC.	0.02659925	3	0.00886642	4.08	*
M.O. x PREC.	0.03160408	3	0.01053469	4.85	*
ERROR	0.07606079	35	0.00217317		
TOTAL	0.33892500	47			
	C.V. = 13.18				

Cuadro A-9. Número de granos por hilera.

FTE. DE VAR.	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUAD. MEDIO	F OBS.	SIGNIF.
BLOQUE	185.5733960	5			
M.O.	42.7141333	1	42.7141333	8.27	*
PREC.	49.0528484	3	16.3509495	3.17	*
M.O. x PREC.	123.4812655	3	41.1604218	7.97	*
ERROR	180.7730234	35	5.1649435		
TOTAL	581.5946667	47			
	C.V. = 10.32				

Cuadro A-10. Número de granos por mazorca.

FTE. DE VAR.	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUAD. MEDIO	F OBS.	SIGNIF.
BLOQUE	35852.87453	5			
M.O.	8275.31380	1	8275.31380	7.72	*
PREC.	10586.96727	3	3528.98909	3.29	*
M.O. x PREC.	30418.22631	3	10139.40877	9.46	*
ERROR	37530.96019	35	1072.31315		
TOTAL	122664.34210	47			
	C.V. = 12.31				

Cuadro A-11. Número de granos por metro cuadrado.

FTE. DE VAR.	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUAD. MEDIO	F OBS.	SIGNIF.
BLOQUE	3203949.954	5			
M.O.	530448.135	1	530448.135	10.32	*
PREC.	146323.840	3	48774.613	0.95	NS
M.O. x PREC.	307116.667	3	102372.222	1.99	NS
ERROR	1798781.044	35	51393.744		
TOTAL	5986619.640	47			
	C.V. = 20.08				

\* = SIGNIFICATIVO (P = 0.05).

NS = NO SIGNIFICATIVO.