

ALTERNATIVAS AGRONOMICAS PARA LA RECUPERACION DE TEPETATES

Agronomic Alternatives for the Recuperation of Tepetates

Alfonso Márquez Ramos ¹, Claude Zebrowski ¹ y Hermilio Navarro Garza ²

¹ ORSTOM, México.

² Centro de Estudios del Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Palabras clave: México, Tlaxcala, Potencial productivo, Sistema productivo, Rotaciones.

Key words: Mexico, Tlaxcala, Productive potential, Productive system, Rotation.

RESUMEN

En el estado de Tlaxcala están dadas las condiciones para que el tepetate aflore en más de la mitad de su área territorial.

Los campesinos de la región, y de otras donde se cultivan los tepetates, obtienen rendimientos diferentes debido al tipo de manejo a que los someten. Los rendimientos de maíz en el primer año de cultivo son de sólo unos cuantos cientos de kilogramos de granos por hectárea pero la producción tiende a incrementar después de 5 a 7 años de cultivo, hasta alcanzar de 1 a 2 ton/ha.

Este documento se refiere a los rendimientos de varios subsistemas de cultivo establecidos en un tepetate de primer año de recuperación, en la comunidad de Santiago Tlalpan, Tlaxcala. Este sustrato pertenece a la serie estratigráfica de tobas denominada T3; es de color café, relativamente duro, poco fértil.

Se empleó un diseño factorial de tratamientos con una distribución en bloques al azar en el campo. Los tratamientos fueron: aplicación de estiércol (0 y 40 ton/ha), fertilización (0-60-0, 60-60-0 y 120-60-0 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente), subsistemas de cultivo (asociación maíz-frijol-haba, trigo y veza). La parcela experimental fue de 4x4m. Cada tratamiento se repitió tres veces.

Los resultados preliminares indican una fuerte influencia de la proporción de partículas finas y de la profundidad de la capa arable, situación generada por el tipo de roturación realizado en dos bloques. La aplicación de materia orgánica (MO), como estiércol, produjo los mayores rendimientos. La fertilización intermedia (60-60-0) se perfila como la más adecuada y el cultivo de mejor comportamiento fue el trigo.

SUMMARY

In the state of Tlaxcala the tepetate rises to the surface in more than half its territorial area.

The farmers of the region, and those of other regions where tepetates are cultivated, obtain different yields due to the type of handling they

give to their lands. During the first year of cultivation, the corn's yields are only of some hundreds of kilogrammes of grain per hectare but the production tends to increase after 5 to 7 years of cultivation, until it reaches 1 to 2 ton/ha.

This document refers to the yields of several cultivation subsystems established in a tepetate in its first year of reclamation, in the community of Santiago Tlalpan, Tlax. This substratum belongs to a stratigraphic series of tuffs denominated T3; it is brown, relatively hard, not very fertile.

A factorial design of treatments with randomized blocks in the field was used. The treatments were: manure application (0 to 40 tons/ha), fertilization (0-60-0, 60-60-0, 120-60-0 kg/ha of N, P₂O₅ and K₂O, respectively), cultivation subsystems (corn-bean-broad bean association, wheat and peas). The experimental parcel measured 4 x 4m. Each treatment was repeated three times.

The preliminar results show a strong influence of the proportion of fine particles as well as of the depth of the arable layer. This situation is generated by the type of roturation achieved in two blocks. The application of organic matter, such as manure, gave the greatest yields. The intermediate fertilization (60-60-0) turned out to be the most adequate and the crop which presented the best results was wheat.

INTRODUCCION

Los tepetates, suelos con fase dúrica, se localizan principalmente en el altiplano entre los 1,800 y 2,900 msnm y en zonas relativamente secas de precipitaciones < 1,000 mm (Dubroeuq *et al.*, 1989).

La presión demográfica y la actitud irracional en el uso de los recursos, entre otros aspectos, han aumentado el número de zonas con afloramientos de tepetates en la parte central del país (Bataillon, 1981).

Una geología regional caracterizada por la presencia de tobas volcánicas fácilmente erosionables, la existencia de superficies con relieve ondulado y el uso excesivo de las áreas de cultivo, han hecho que en el estado de Tlaxcala, en general, y en el municipio de Hueyotlipán, en particular, predomine la erosión de tipo hídrico (Rodríguez *et al.*, 1979). Esto favorece el afloramiento del tepetate. Del total del área del estado de Tlaxcala, actualmente hay cerca de 15% con tepetate en superficie, pero más de la mitad del territorio estatal es susceptible de presentar afloramiento de esta capa dura (Zebrowski, 1991. Conf. "Situación de los suelos en el Estado de Tlaxcala.").

De acuerdo a la clasificación campesina, esta capa endurecida puede ser de color rojo, amarillo o café, y blanco o gris; duro o muy duro; arenoso o pesado (Márquez *et al.*, 1990). Todos estos tepetates contienen bajo nivel de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, medianas cantidades de potasio, abundancia de magnesio, calcio y sodio, con un pH de 7 a 8.

El manejo del tepetate en la actividad agrícola es diferente entre los campesinos: unos usan maíz el primer año de cultivo, otros trigo, otros más haba o frijol; hay productores que aplican estiércol y otros que no lo hacen. Los rendimientos en este primer año, según los propios campesinos, son bajos en el caso del maíz mientras en trigo son más cercanos a la media regional (Márquez *et al.*, 1990).

En 1989, en el ejido de San Pablo Ixayoc, Texcoco, se realizó un diagnóstico de la productividad de los tepetates incorporados a la agricultura. En la Figura 1 se observan los rendimientos de diferentes suelos del ejido.

Estos datos de rendimiento, junto con el seguimiento agronómico de las parcelas, demuestran alta variabilidad entre sitios con sustrato común, así como entre sustratos.

Esta primera prospección, en conjunto con un seguimiento agronómico en Hueyotlipán (Tlaxc.) durante 1990, permitió proponer un protocolo

experimental, en el cual se consideró al tepetate como un sustrato con potencialidades agrícolas, y parte de la problemática de producción de este sustrato en función de su manejo, así como de la necesidad de proponer un uso rotacional que nos permita hacer productivo a este material. Con el anterior propósito se decidió implantar el experimento de rehabilitación, que tendrá una duración de 3 a 4 años, utilizando diferentes aportes de materia orgánica, fertilizaciones y varios subsistemas de cultivo. El experimento se conduce en un tepetate que fue roturado en mayo de 1991. En el primer año la aptitud productiva de este sustrato fue evaluada con trigo, asociación maíz-frijol-haba y veza, los cuales fueron ensayados con diferentes tratamientos ¿Cómo evoluciona un tepetate recién roturado utilizando rotaciones locales que inicien la recuperación? ¿Cuál es la producción de este material recién roturado?, son preguntas que nos proponemos resolver.

Los resultados aquí presentados se refieren a los rendimientos obtenidos en el mismo año de la roturación.

El presente trabajo es englobado dentro de un proyecto de investigación más amplio que, además de partir de las condiciones de trabajo campesino, considera los diferentes aspectos que conforman la problemática de la incorporación de los tepetates a la producción agrícola.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó en el ejido de Santiago Tlalpan, mpio. Hueyotlipán, Tlaxcala (19° 20' de latitud norte y 98° 20' de longitud oeste) ubicado aproximadamente a de 2,600 msnm. El experimento se encuentra en un tepetate de la serie estratigráfica T3, de color café. Se eligió a éste por ser el más representativo en la región. El área experimental se encuentra en una zona erosionada de superficie irregular con una pendiente general de 3%.

Antes de la roturación se tomaron muestras de suelo, las que fueron sometidas a análisis físico-químicos (Cuadro 1).

El tepetate tiene un pH neutro y una salinidad baja. Es extremadamente pobre en materia orgánica, nitrógeno y fósforo y presenta altas cantidades de cationes intercambiables (Etchevers, 1987) Se trata de un tepetate relativamente duro (115 kg/cm² de resistencia), que se desagrega en estado húmedo, lo que es característico de un fragipán.

La roturación se realizó con un tractor de oruga Caterpillar D-5 con tres subsoladores, a una profundidad media de 40 cm.

Las experiencias de campo nos indican que, en un tepetate recién roturado, los campesinos cultivan trigo (*Triticum aestivum*) o maíz (*Zea mays*) solo o asociado. Para este experimento se consideraron ambos, sólo que el maíz por el riesgo de producción del primer año, fue asociado con frijol (*Phaseolus vulgaris*) y haba (*Vicia faba*).

Cuadro 1. Caracterización físico-química del sitio experimental. Santiago Tlalpan, Hueyotlipán, Tlaxcala (1991).

pH	CE	Textura	MO	N	P
1:2 H ₂ O	mmhos		%	%	(Olsen)
					ppm
7.31	0.29	Franco arcilloso arenoso	0.10	0.02	t
K	Ca	Mg	Na	Resistencia	Densidad aparente
-----meq/100g-----				(kg/cm ²)	(g/cm ³)
1.87	11.75	9.97	0.56	115	1.47.

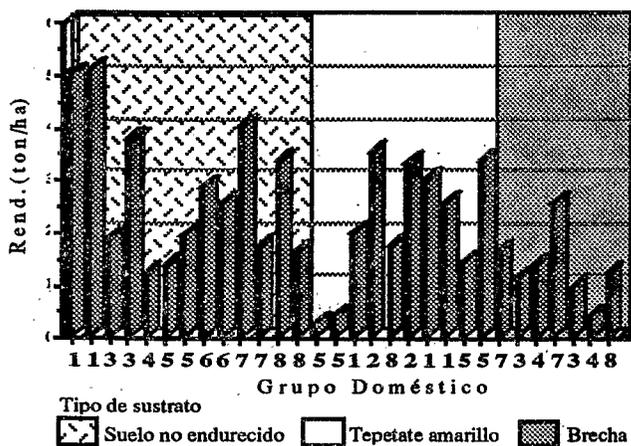


Figura 1. Comparación de rendimientos por tipo de sustrato y grupo doméstico en el ejido de San Pablo Ixayoc, Estado de México.

especies que además de ser comúnmente cultivadas por la familia campesina -junto al maíz- proporcionan nitrógeno al suelo y, además, mejoran su estructura. Como cultivo alternativo se consideró a la veza (*Vicia sativa*), leguminosa forrajera, de alta digestibilidad y valor protéico, tolerante a la sequía y a bajas temperaturas.

Estos subsistemas de cultivo fueron ensayados con aplicación de 0 y 40 ton/ha de materia orgánica (como estiércol básicamente de bovino), y tres fórmulas de fertilización: 0-60-00 (F1), 60-60-0 (F2) y 120-60-0 (F3). Se varió el elemento nitrógeno por haberse evaluado como insuficiente en maíz durante la floración femenina (Navarro y Zebrowski, 1991). Los fertilizantes utilizados fueron el sulfato de amonio combinado con el superfosfato de calcio simple (Cuadro 2).

El diseño estadístico fue un factorial distribuido en bloques al azar, con tres repeticiones y 16 m² por unidad experimental.

Las precipitaciones pluviales, así como las temperaturas medias, máxima y mínima fueron registradas *in situ*, durante el ciclo agrícola.

Para la roturación del tepetate se empleó un tractor tipo caterpillar, de oruga, considerado como de mediana potencia. Primero subsoleo para después formar una terraza levantando un bordo de contención a lo largo de la parte alta de ésta.

Para trabajar 2,600 m² el caterpillar utilizó 30 horas, es decir, 115 horas/ha, lo que representaría para el productor una inversión de 10,350,000 pesos/ha (90,000 pesos/hora a precios de 1991 -1 dólar = 3,000 pesos-).

Después de la roturación, un tractor de neumáticos, también de mediana potencia, dio un paso de rastra con su cruz a toda la terraza, para romper aún más los bloques de tepetate; posteriormente se surcó.

Cuadro 2. Claves de los cultivos según tratamientos, con y sin materia orgánica.

Fertilización	F1			F2			F3			
Cultivos	T	As	V	T	As	V	T	As	V	
Clave de parcela	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

T=Trigo As=Asociación Maíz-Frijol-Haba V=Veza
2=Asociación no inoculada

El sustrato de la terraza quedó conformado por partículas de diferentes tamaños y profundidades también diferentes: en la mitad de la parcela hacia arriba y con 10-15 cm de profundidad de la capa arable, predominan las partículas gruesas, mientras que en la parte media hacia abajo, por el acarreo del tepetate pulverizado se formó una capa arable de 40 a 80 cm de profundidad, integrada mayormente por partículas finas.

El análisis del tamaño de partícula mostró diferencias entre estos dos tipos de bloques (Fig. 2). Mientras la parte media hacia abajo tiene más del 50% de partículas menores a 1.68 mm, casi un tercio de las partículas de la terraza en su parte media hacia arriba son mayores a 22.2 mm.

Por tratarse de una siembra tardía se escogieron semillas precoces para evitar el posible efecto negativo de eventos climáticos tardíos. La siembra fue por etapas: mientras el maíz, el trigo y la veza fueron sembrados "en seco", el haba y frijol tuvieron que esperar condiciones favorables de humedad que facilitarían el desarrollo del *Rhizobium* inoculado en estas semillas. A excepción de la veza, a los otros subsistemas de cultivo se les aplicó fertilización fraccionada colocando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno a la siembra y el resto del nitrógeno a la segunda labor. En la parte surcada se realizaron las dos labores que facilitaron el crecimiento de la asociación establecida. El conjunto de actividades se muestra en el Cuadro 3.

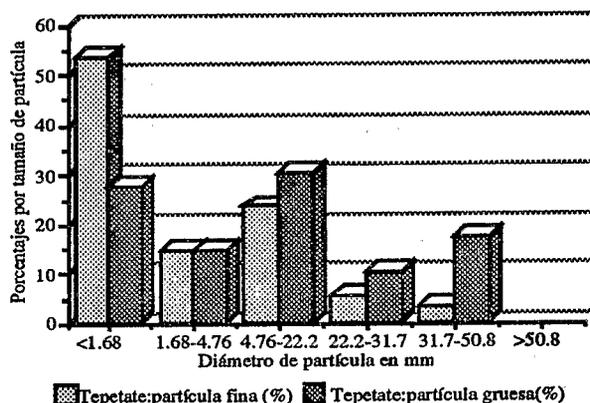


Figura 2. Distribución de los diámetros de partícula.

Cuadro 3. Calendario de actividades agrícolas realizadas.

Actividad	Especie	Maíz Criollo, amarillo chico	Frijol Criollo, "Ojo de liebre"	Haba Criolla, chica	Trigo Zaca- tecas	Veza Sativa
Prepara- ción	Rastra	14/05	14/05	14/05	14/05	14/05
Siembra	Surcado	22/05	22/05	22/05	-	-
	Densidad (kg/ha)	23/05 17	15/06 11	13/06 51	23/05 150	23/05 50
Labores	1ra.Fertili.	24/05	24/05	24/05	24/05	24/05
	1ra. Labor	7/08	7/08	7/08	-	-
	2da.Fertili.	17/09	17/09	17/09	17/09	-
	2da. Labor	17/09	17/09	17/09	-	-
Cosecha		13/11	26/10	26/10	26/10	5/11

RESULTADOS

El comportamiento de las precipitaciones (Figura 3) se ajustó a las condiciones de los subsistemas agrícolas; la siembra tardía permitió a los cultivos contar con el agua necesaria en sus periodos vegetativo, de floración y fructificación (formación y llenado del grano). Los promedios mensuales de temperaturas máxima (21.9°C), mínima (9.0°C) y media (15.5°C) favorecieron también el desarrollo de los cultivos. Además no hubo heladas ni granizadas durante el ciclo agrícola.

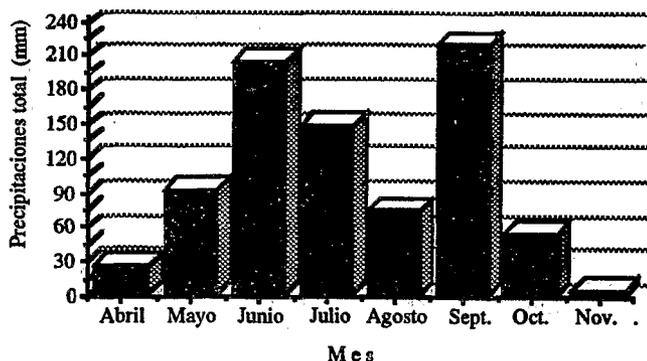


Figura 3. Evolución de las precipitaciones pluviales durante el ciclo agrícola.

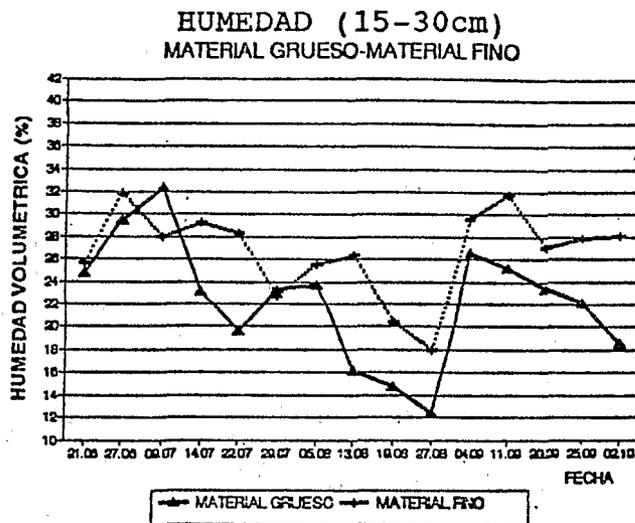


Figura 4. Evolución de la humedad en los dos bloques de la terraza (según Baumann, 1991).

El seguimiento del porcentaje de humedad en diferentes unidades experimentales demuestra que no se presentó periodo alguno con déficit de agua. El sustrato con partículas finas dominantes retuvo más humedad que el sustrato con mayores porcentajes de partículas gruesas (Fig. 4).

Rendimientos por Especie

El espesor de la capa arable y la mayor proporción relativa de partículas de tamaño fino influyeron en el desarrollo de las especies cultivadas. Esta situación se vio reflejada en los rendimientos medidos; a excepción de la veza y algunos otros tratamientos que se ubicaron en parcelas con predominancia de partícula gruesa con una capa arable de 10 a 15 cm de profundidad, todos los demás tratamientos tuvieron menores rendimientos que sus similares en parcelas con mayores porcentajes de partículas finas y espesor de 40 a 80 cm en la capa arable. En todos los resultados la relación del tamaño de partícula predominante y el espesor de la capa arable mencionada, es constante.

A continuación se hace un análisis de rendimiento por especie cultivada.

Trigo

En la Figura 5 se presentan los rendimientos obtenidos por tratamiento, en trigo.

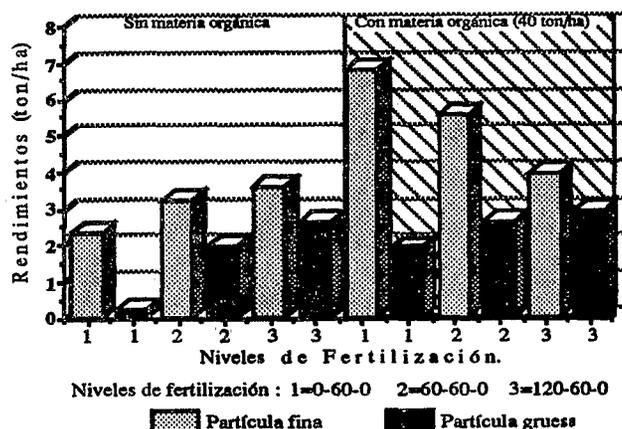


Figura 5. Influencia de los tratamientos en los rendimientos de trigo.

En general los rendimientos obtenidos en la mayoría de los tratamientos superaron las 2 ton/ha que es el rendimiento promedio regional. El trigo presentó mayores rendimientos en las parcelas con MO en comparación con aquellas que no se aplicó. Los rendimientos obtenidos en parcelas con dominancia de partículas finas fueron más altos que de parcelas con aquéllos con dominancia de partículas gruesas. Las unidades experimentales con mayor proporción de partículas gruesas y que fueron tratadas con la fertilización 120-60-0 (F3) y 60-60-0 (F2), presentaron rendimientos mayores. Estos resultados no se dieron en las parcelas con más partículas finas y MO, ya que los altos rendimientos en las que aplicaron F1 y F2 se debió, además de la predominancia de la partícula fina, al mayor espesor de su capa arable, así como al hecho de encontrarse en el área baja de la terraza, por lo que recibieron más agua y con ésta, nutrientes de las partes media y alta de la zona experimental.

Veza

La Figura 6 muestra el comportamiento de producción de este subsistema agrícola.

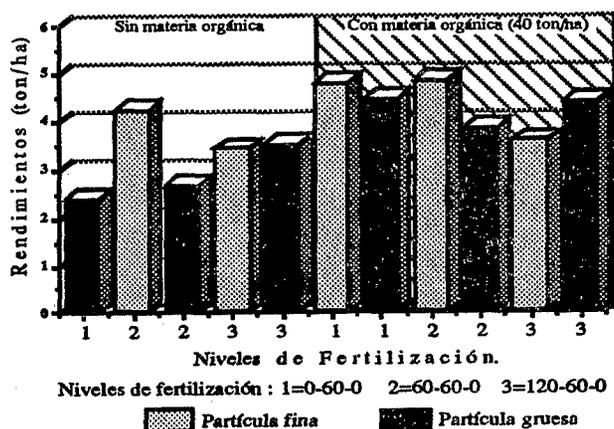


Figura 6. Efecto de los diferentes tratamientos en los rendimientos de veza.

Los rendimientos de la veza, entre 2.8 y 4.8 ton/ha de materia seca, son medios si se consideran los reportados por Moreno *et al.* (1979, citado por Hernández, 1991) de 7.4 ton/ha para veza sembrada sola. Hay diferencias de producción entre parcelas con estiércol y las que no se les aplicó, las parcelas con MO tuvieron mayores rendimientos. El efecto de la fertilización es débil en las parcelas sin MO, ausente en las parcelas con MO. El efecto del tamaño de partícula no fue tan claro en las distintas parcelas.

Maíz

En la Figura 7 se observan los rendimientos por tratamiento.

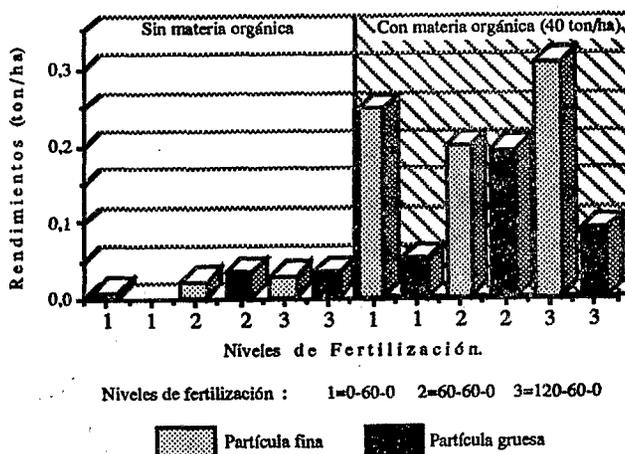


Figura 7. Influencia de los tratamientos en los rendimientos de maíz.

En general, los rendimientos del maíz, de 0 a 0.3 ton/ha, fueron muy bajos si los comparamos con la media de la región, que es de 1.82 ton/ha. La MO proporcionó a las parcelas condiciones más adecuadas, las cuales se expresaron en mayores rendimientos de grano, con respecto a las parcelas sin MO. Los rendimientos de maíz fueron bajos, en las parcelas con MO, pero casi nulos en las parcelas sin MO. No obstante, el frijol y haba asociados tuvieron mayores rendimientos.

Frijol

La Figura 8 muestra los resultados de esta especie.

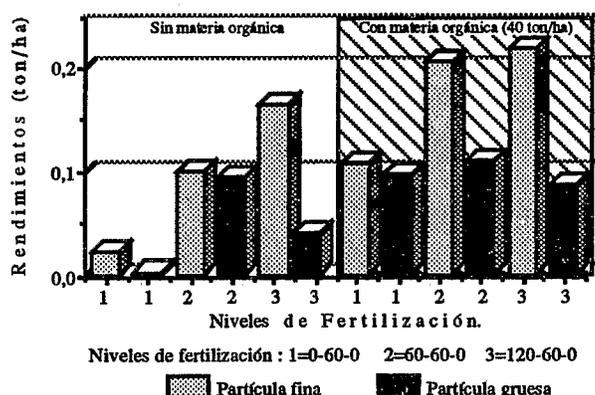


Figura 8 Influencia de los tratamientos en los rendimientos de frijol.

Los rendimientos que van de 0.03 a 0.22 ton/ha, son medios a bajos si se considera que la media de la región es de 0.75 ton/ha. La aplicación de MO coadyuvó a obtener mayores rendimientos de frijol. Las parcelas con predominancia de partículas finas tuvieron rendimientos más altos que aquéllas con mayores porcentajes de partículas gruesas. El efecto de las fórmulas de fertilización se aprecia más en parcelas en las que sobresalen las partículas finas

Haba

La Figura 9 presenta las producciones, en seco en los diferentes tratamientos.

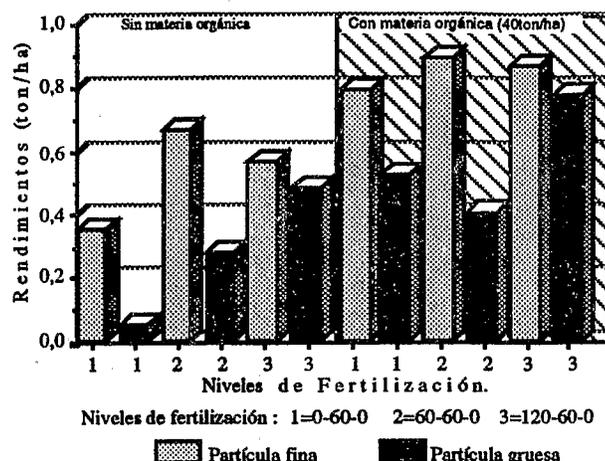


Figura 9. Influencia de los tratamientos en los rendimientos de haba.

Los rendimientos de haba, de 0.05 a 0.9 ton/ha, fueron medios en relación al promedio regional de 1.33 ton/ha en grano seco. En general los rendimientos de las parcelas con MO fueron mayores a sus similares sin MO. La producción de las parcelas con predominancia de partículas finas superan a su similar con más partículas gruesas. El mayor rendimiento se obtuvo en las parcelas a las que se les aplicó F2, con y sin MO. En las parcelas sin MO hay una relación directa entre el tamaño de las partículas gruesas y la fórmula de fertilización, presentando mayores rendimientos las parcelas con F3. Con respecto a las unidades experimentales con MO, las parcelas con predominancia de partículas gruesas tuvieron un comportamiento irregular, situación menos evidente en las parcelas con mayor porcentaje de partículas finas.

Al comparar cada una de las especies de la asociación con sus respectivos promedios regionales, el haba fue la de mayor rendimiento.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en este primer año de cultivo son preliminares si se considera que la duración del proyecto global es de 3 a 4 años. Después de tener los resultados de todos los

años se estará en posibilidad de proponer un modelo de manejo para la incorporación de los tepetates a la producción agrícola.

- El tiempo de la roturación fue cinco veces más que el usualmente empleado, por las exigencias del experimento mismo. La terraza conformada fue de buen tamaño, pero se generaron áreas con predominancia de partículas gruesas y áreas con predominancia de partículas finas en la cama de siembra.

- El costo de la roturación, aún en condiciones normales, es alto para la familia campesina, aunque reviste justificación social y ecológica. La incorporación de los residuos de cosecha va a enriquecer al tepetate.

- La mayor proporción de partículas finas en combinación con espesor de 40 a 80 cm de la capa arable y la posición en la parte baja de la terraza, tuvieron un efecto determinante en el comportamiento de 4 de las 5 especies cultivadas, por lo que podría considerarse que un factor importante es el tipo de roturación. Aquí hay que señalar la conveniencia de abrir líneas de investigación que tengan como variable a estudiar el tipo de roturación, contemplando también un análisis económico.

- El segundo elemento determinante fue la aplicación del estiércol; las parcelas donde se aplicó este material tuvieron mayores rendimientos en comparación con las unidades experimentales sin estiércol. Para los niveles de los rendimientos obtenidos, las 40 ton/ha fueron suficientes. Habría que probar con dosis hacia arriba y hacia abajo de ésta para determinar la certeza de esta conclusión.

- En general, los rendimientos de los tratamientos con F2 fueron casi iguales a los rendimientos con F3, mientras que en unos pocos fue mayor y en los menos la F3 superó a la F2.

- De las especies cultivadas, las que mejor comportamiento mostraron son: trigo, haba y

veza. Sugerimos tomarlos en cuenta como cultivos de primer año en tepetates, aunque faltaría precisar densidades óptimas de siembra, tipos de siembra más adecuados -sobre todo para la veza- así como el comportamiento de estas especies en unicultivo y/o en condiciones de sequía.

- El comportamiento de la asociación maíz-frijol-haba en general se consideró regular, ya que de las tres especies se obtuvieron producciones, aun con tendencia a ser bajas. Es claro que el maíz fue el que menos rindió y que el haba la que mejores rendimientos tuvo. Faltó incluir tratamientos con estos cultivos solos, para evaluar y comparar su comportamiento con respecto de la asociación. Otro aspecto importante que debe realizarse al mismo tiempo, es ensayar con la variedad genética de la región, para determinar las más aptas para el tepetate, solas o en asociación.

- La constante interrelación con los productores de la comunidad nos permitió adecuar el experimento al contexto de la región, lo que es importante para la generación de recomendaciones adecuadas.

- Retomar la tecnología del campesino y mejorarla constituye el objetivo del experimento. La recuperación del tepetate con base en los residuos que se generen, conduce a un equilibrio entre la naturaleza y la actividad humana.

AGRADECIMIENTOS

A los(as) pasantes en agronomía: E. Huerta Martínez, S. Paniagua Buelnas, R. Rodríguez Rubio y C. Padilla Garduño de Ingeniería Agrícola, UNAM; M. Mateos Hernández y M. Valeriano Hernández (UACH) y R. O. Cano Elizondo (UAT), que realizaron su servicio social, nuestro reconocimiento por sus aportes, en particular a Cecilio, (responsable de campo). Agradecemos al matrimonio de V. Cuellar y J. Bautista, así como a V. Bautista Cuellar y demás familia por su valiosa ayuda en el trabajo de campo. A ellos y a la comunidad de Santiago Tlalpan, Tlaxcala, muchas gracias.

LITERATURA CITADA

BATAILLON, C. 1981. Las regiones geográficas de México. Editorial Siglo XXI. México.

BAUMANN, J. 1991. Aspectos sobre el régimen hídrico de tepetates roturados. Simposio internacional: Suelos volcánicos endurecidos. Resúmenes ampliados. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

DUBROEUCQ, D., P. QUANTIN y C. ZEBROWSKI. 1989. Los tepetates de origen volcánico en México. Esquema preliminar de clasificación. Terra 7 (1): 3-12.

ETCHEVERS, J. D. 1987. Análisis químico de suelos y plantas. Notas de clase. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

HERNANDEZ R., R. 1991. Identificación, aislamiento y producción de inóculo de la bacteria del género *Rhizobium* que forma los nódulos de veza de invierno (*Vicia vellosa*) y comprobación de la eficacia del *Rhizobium* aislado en otras leguminosas. Tesis de licenciatura. U.N.A.M. Cuautitlán, México.

MARQUEZ R., A., H. NAVARRO G. y F. OLIVARES R. 1990-1991, encuestas y observaciones de campo. Por publicar.

NAVARRO, H. y C. ZEBROWSKI. 1991. Análisis agronómico comparativo en tepetates. En este volumen.

RODRIGUEZ G., R. et al., 1979 Aspectos físicos y agropecuarios del estado de Tlaxcala. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección General de Estudios. México.