

ANALISIS AGRONOMICO COMPARATIVO EN TEPETATES

Comparative Agronomical Analysis in Tepetates

Hermilio Navarro Garza ¹ y Claude Zebrowski ²

¹ *Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.*

² *ORSTOM, México.*

Palabras clave: Tepetate, Evaluación de la producción, Aptitud productiva, Seguimiento de parcelas, Manejo de sistemas de cultivo, Análisis de componentes del rendimiento.

Key words: Tepetate, Production evaluation, Productive capacity, Parcel supervision, Management of agricultural systems, Analysis of yield components.

RESUMEN

La finalidad de este proyecto en tepetates se orientó hacia el conocimiento de su productividad, de su variabilidad, de la evolución de las aptitudes de producción del mismo y, en general, a la identificación de las causas y mecanismos posibles para la explicación de los rendimientos.

El método consistió en el seguimiento de parcelas de agricultores, privilegiando el tepetate café (t3) por ser el más importante en superficie y en consecuencia, se ponderó la valorización social del manejo de los mismos.

Al interior de cada una de estas parcelas se establecieron cuatro áreas de muestreo, en las cuales se hicieron las observaciones de sitio y la estimación del rendimiento.

Los resultados muestran que algunas limitantes físico-químicas de los tepetates se modifican en función de su utilización agrícola, es decir, que su manejo agrícola posibilita el desarrollo de una mayor aptitud de producción. Finalmente, es notorio que la variación de los rendimientos en tepetates recuperados para la producción agrícola, así como en suelos no endurecidos, depende en forma sustantiva del manejo realizado durante el ciclo productivo.

SUMMARY

The purpose of this project on the tepetate is the knowledge of its productivity, its variability, the evolution of its production capacities, as well as the identification of the causes and the possible mechanisms for the explanation of its yields.

The method used consisted in following through farmers parcels, granting a privilege to the brown tepetate (t3) due to its great extension. Four sample areas were defined into each parcel, and site observations were achieved, including yield estimate.

The results of this study show that some of the physicochemical restrictions of the tepetates are modified according to its agricultural utilization. In other words, its agricultural management allows the development of a better capacity of production.

Finally, it is obvious that the yields variation in recovered tepetates for the agricultural production, as well as in non-indurated soils, depends mainly on the management during the productive cycle.

EL TEPETATE COMO RECURSO Y PROBLEMATICA AGRONOMICA

Los tepetates ocupan actualmente una superficie importante en varios países de América Latina. En el eje neovolcánico de México cubren una superficie superior a 3 millones de hectáreas.

Estos materiales tepetatosos son diversos en su naturaleza física y química. Se encuentran localizados principalmente entre 1,800 y 2,900 msnm, en climas de tipo subhúmedos y semiáridos, caracterizados por una estación invernal seca, bien definida (Dubroeuq *et al.*, 1989).

El tepetate es una capa dura subyacente en el suelo, que se presenta expuesta en la superficie por remoción y pérdida del mismo, esto en muchos casos debido principalmente a su manejo irracional. En el mundo rural y agronómico es conocida la limitada aptitud de producción del tepetate.

Cabe señalar que numerosas de estas áreas tepetatosas erosionadas, están ubicadas en laderas que han sido incorporadas a la producción agrícola en forma sustantiva en época reciente, esto debido a la fuerte presión demográfica que caracteriza dicho eje neovolcánico.

Sin embargo, esas tierras erosionadas manifiestan ciertas propiedades restrictivas para la producción agrícola. Según Etchevers *et al.* (1991) tienen limitantes fuertes para la producción

debido a que los contenidos de nitrógeno total son extraordinariamente bajos y el fósforo extractable (Olsen) es prácticamente inexistente en todos los tipos de tepetate de referencia. Asimismo, Cajuste y Cruz (1987) han señalado su difícil manejo por su gran dureza, debido a un alto grado de cementación y a su impermeabilidad.

Según García (1961), citado por Delgadillo *et al.* (1989), esas formaciones tepetatosas son pobres en nitrógeno, materia orgánica y fósforo. En consecuencia, es fácil anticipar la existencia de limitantes físicas, químicas y biológicas que inciden en la dificultad de su manejo, así como en la producción y en la eficiencia de esta última.

A pesar de su naturaleza marginal desde el punto de vista de su productividad, los tepetates han sido y siguen siendo reincorporados a la producción agrícola. Así, según González (1991), antes del siglo XVI se desarrollaron técnicas para el control de la erosión, entre ellas los cultivos en laderas mediante terrazas y la realización de canales, los cuales eran útiles para el desalojo del agua o su retención, según el caso.

A la fecha se discute la rentabilidad de la recuperación de los tepetates. Un primer paso para evaluarla es la cuantificación de la producción y la determinación de los factores limitantes en tepetates ya reincorporados. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es realizar el análisis agronómico en el marco de las condiciones de manejo de los productores y discutir las posibles alternativas tecnológicas.

METODOLOGIA

Los elementos señalados nos llevan a reflexionar y evaluar el estado actual de los conocimientos agronómicos adquiridos en relación con el tepetate, a precisar el rol de los componentes de la fertilidad y en última instancia, a proponer modelos funcionales que permitan mejorar las formas de razonamiento para su conocimiento y mejor manejo.

Considerando que la producción para un cultivo o una asociación de cultivos es el resultado de la interacción entre el medio, los procesos técnicos y la población o comunidad vegetal, fue necesario caracterizar los principales factores de producción que actúan como limitantes, evaluar la producción de los cultivos principales y registrar las técnicas utilizadas, a través de un seguimiento agronómico durante el ciclo de desarrollo de los cultivos.

Dicho seguimiento se realizó en parcelas de agricultores, el cual además de permitirnos una evaluación de los rendimientos globales, nos facilitó la explicación de la variación de los mismos en función de sus componentes.

Estos parámetros son definidos en diferentes etapas del desarrollo de los cultivos y, por lo tanto, pueden ser utilizados como lectores de condiciones y estados de estrés, que se manifiestan durante su período de desarrollo y crecimiento al interior del ciclo de cultivo, de acuerdo con Fleury *et al.* (1985).

En la Figura 1 se presentan, a manera de ejemplo, los principales componentes del rendimiento para el cultivo del maíz, durante el periodo de siembra hasta la cosecha.

-> su evolución
 N° Plantas/m²
 N° Hileras
 N° Granos/hilera
 N° Mazorcas
 N° Granos/m²
 Periodo llenado de granos
 N° Granos x Peso granos
RENDIMIENTO

siembra ⇒ floración ⇒ cosecha

Figura 1. Análisis de componentes del rendimiento en maíz y su periodo de definición.

El interés de este esquema radica en el estudio de la definición de los diferentes componentes del rendimiento, de su importancia relativa en la composición del mismo y la posible explicación de su variación en relación con la presencia y/o

ausencia de factores limitantes durante el momento de su definición, así como de ciertos estados estructurales y con el tipo y calidad de manejo.

El seguimiento agronómico del cultivo y la evaluación de los rendimientos en maíz se realizaron mediante el establecimiento de cuatro áreas de muestreo al interior de cada uno de los sistemas de cultivo que fueron seleccionados.

En cada una de las áreas se delimitó una superficie de 8 m², es decir, dos surcos de 5 m cada uno, en los cuales se estimaron las variables de sitio, entre estas variables se privilegiaron durante el ciclo: el seguimiento hídrico, la evolución del número de plantas, el análisis foliar durante la floración femenina y la presencia de maleza.

En lo que se refiere al rendimiento de grano, en cada área muestreada se pesaron en verde las mazorcas, de las cuales se llevó una muestra a laboratorio para la estimación de los componentes. Esta técnica nos permite anticipar un cierto grado de confiabilidad de los mismos, para estratificar las aptitudes de producción en relación con el medio y el manejo.

ZONA DE ESTUDIO, SELECCION DE SITIOS Y CULTIVOS

El seguimiento agronómico de parcelas de agricultores se realizó en 1989 en una comunidad del este del valle de México y, con cierto interés de estratificación espacial, se seleccionaron dos comunidades en el estado de Tlaxcala, durante 1990 y 1991.

En estas zonas los cultivos más representativos son: el maíz y los cereales de grano pequeño como trigo y cebada. Para la evaluación agronómica fueron seleccionados el trigo y el maíz.

Dichas zonas tienen características similares de tipo ambiental, así:

- entre 2,400 y 2,600 msnm, la estación de crecimiento sin riesgo de heladas es de tan sólo 180 a 210 días;

- el riesgo de las primeras heladas con probabilidad de ocurrencia significativa hacia fines de septiembre-principios de octubre, es en orden decreciente para maíz, trigo y cebada;

- una existencia predominante del tepetate café (t3) que ocupa superficies mayores en relación al gris (t2).

Las parcelas fueron seleccionadas en tepetate café y gris, no obstante, se privilegiaron aquéllas en tepetate café. Con el propósito de comparar la producción de esos tepetates con la del suelo no endurecido fueron seleccionadas algunas parcelas con este último.

Además se tomó en cuenta como criterio de selección de las parcelas el tiempo de uso agrícola de los tepetates, es decir, su "edad" de reincorporación.

Los seguimientos agronómicos de parcelas de agricultores han sido realizados de 1989 a 1991, pero en este trabajo serán valorizados principalmente los resultados de 1989 y 1990, en particular las parcelas del estado de Tlaxcala durante este último año.

Para estas parcelas en el Cuadro 1 se anota el tipo de sustrato, el tiempo de uso agrícola, algunas características químicas y el rendimiento de grano (t/ha). El cultivo de maíz (M) se realizó en el conjunto de parcelas comprendidas entre la clave 15 y C, en el resto se cultivó trigo (T).

Cuadro 1. Características y rendimientos de sistemas de cultivo en tepetate y suelo.

Clave	Tipo	Edad años	pH	N	M.O. %	P ppm	K me	Cul-tivo	Rdto. t/ha
15	t3	1	6.9	0.07	0.87	5	0.84	M	0.7
14	t3	3	6.9	0.06	1.27	3.7	0.77	M	2.3
16	t3	3	6.4	0.10	2.40	7.5	0.90	M	2.5
10	t3	5	6.6	0.14	2.88	6.5	1.95	M	3.1
11	t3	5	6.6	0.09	1.47	19.2	1.84	M	2.5
A	Suelo	-	6.6	0.14	3.02	37.5	1.47	M	2.3
B	Suelo	-	6.2	0.10	2.01	15.5	0.43	M	3.3
C	Suelo	-	6.9	0.08	1.47	6.0	0.41	M	1.9
13	t3	1	7.3	0.05	0.91	3.7	1.25	T	1.5
12	t3	3	7.8	0.05	0.87	4.0	1.72	T	1.5
20	t2	3	7.2	0.05	1.00	3.7	1.56	T	1.4
D	Suelo	-	6.1	0.18	3.75	9.7	0.33	T	2.3

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Roturación y Manejo Rotacional

Un aspecto revelador del manejo del tepetate se presenta en su proceso de reincorporación al uso agrícola, a partir de su roturación. En este proceso la calidad física de la roturación puede jugar posteriormente un papel importante en la explicación de los rendimientos, durante los primeros años de su utilización agrícola.

Al interior de este proceso tecno-económico, se da un proceso de manejo que se inicia con la decisión del patrón rotacional a seguir para la reincorporación productiva de este recurso. Con base en la encuesta de 1990-91 en Tlaxcala, los agricultores privilegian como cultivo inicial a los cereales de grano pequeño, o sea, el trigo en 60% de las parcelas y cebada en 20% de las mismas; en el resto se cultiva el maíz en asociación con frijol.

Para el segundo año el trigo y el maíz representan cada uno 35% de la superficie, el 30% restante se divide en igual proporción entre maíz-frijol y maíz-haba. Finalmente, durante el tercer año el maíz-frijol es dominante con 45%, le sigue maíz con el mismo 35% y el trigo representa el 20%. En la comunidad del valle de México para el primer año el maíz es aparentemente el cultivo más frecuente.

La fertilización se hace básicamente con nitrógeno y fósforo, sin potasio. En los diferentes tepetates el nivel de nitrógeno aplicado es similar en términos generales, pero hay diferencias entre ellos en relación a la aplicación de fósforo. Para los suelos no endurecidos la cantidad de nitrógeno es superior a la que se aplica al tepetate y el aporte de fósforo es similar.

Caracterización Agronómica: Rendimientos y Factores de Producción

El seguimiento de parcelas en 1989 se limitó al cultivo del maíz, para tres clases de sustrato:

tepetate t3 con edades de 9 a 18 años y promedio de 14 años de recuperación al uso agrícola; tepetate t2 con edades de 9 a 16 años y un promedio de 13 años en uso y suelo no endurecido.

Los mejores rendimientos se obtuvieron en suelo no endurecido con 1.92 t/ha en 7 parcelas, en tepetate café (t3) se registró un promedio de 1.76 t/ha en 8 parcelas y, finalmente en tepetate gris (t2) 1.04 t/ha sobre 6 parcelas. En forma preliminar el rendimiento se ordena de la manera siguiente: **suelo > t3 > t2**

El análisis de suelo con fines comparativos entre los diferentes sustratos, nos permite conocer que la materia orgánica varía desde un contenido extremadamente bajo en tepetate no reincorporado al cultivo, hacia un contenido bajo en los tepetates cultivados y un contenido medio en suelos (Figura 2).

En relación al fósforo, en la misma Figura 2 se muestra su nivel de variación en cada sustrato. Se observa un bajo contenido de fósforo en tepetate no cultivado, un contenido medio en tepetate cultivado y alto en suelo no endurecido.

No obstante, cabe señalar la variabilidad importante que se registra al interior de cada tipo de suelo, así por ejemplo para el tepetate café se reportan valores de materia orgánica entre bajos y medios. En el caso del fósforo se registra la mayor variabilidad al interior de los tepetates café y suelo no endurecido, con valores entre medios y altos; que limitan posibles conclusiones sobre comportamientos medios.

En la Figura 3 y en el Cuadro 1 están indicados los resultados para las parcelas seguidas durante 1990 en Tlaxcala, en la cual se observa que con el tiempo de reincorporación del tepetate a la agricultura:

- el pH disminuye,
- los contenidos de materia orgánica, del nitrógeno y del fósforo aumentan sensiblemente hasta un nivel medio, pero quedan por debajo de aquéllos de los suelos no endurecidos,
- los contenidos de potasio, altos en el tepetate no roturado, tienen valores todavía altos en los tepetates reincorporados a la agricultura a pesar de que no hay fertilización potásica, pero en los suelos no endurecidos los valores son relativamente bajos.

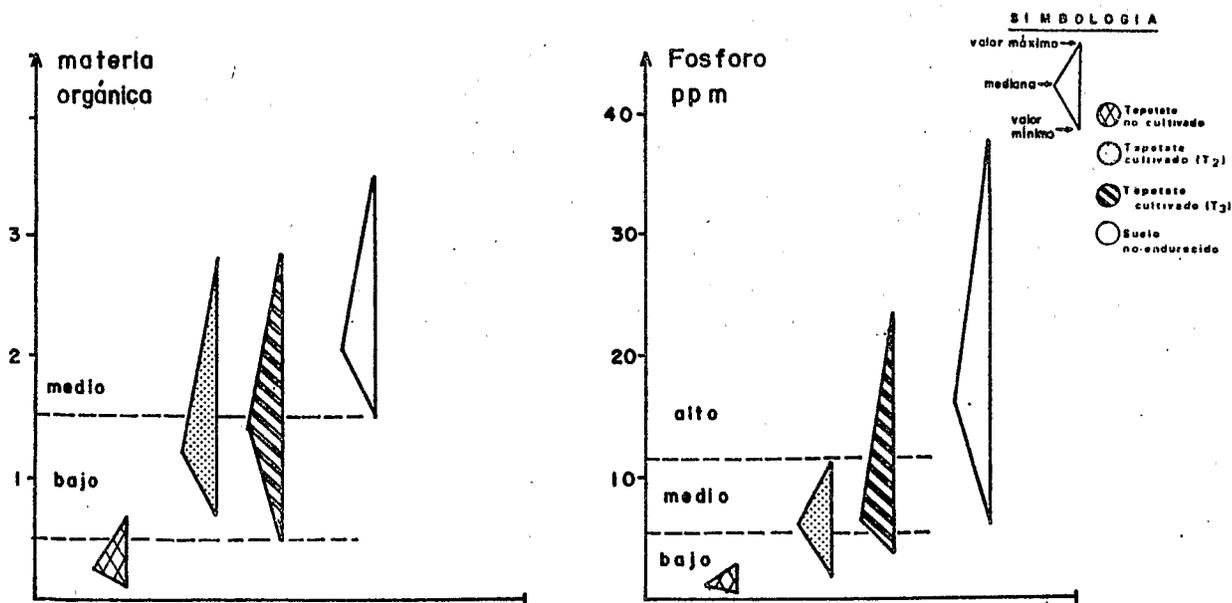


Figura 2. Variación de materia orgánica y fósforo en tepetates y suelos no endurecidos.

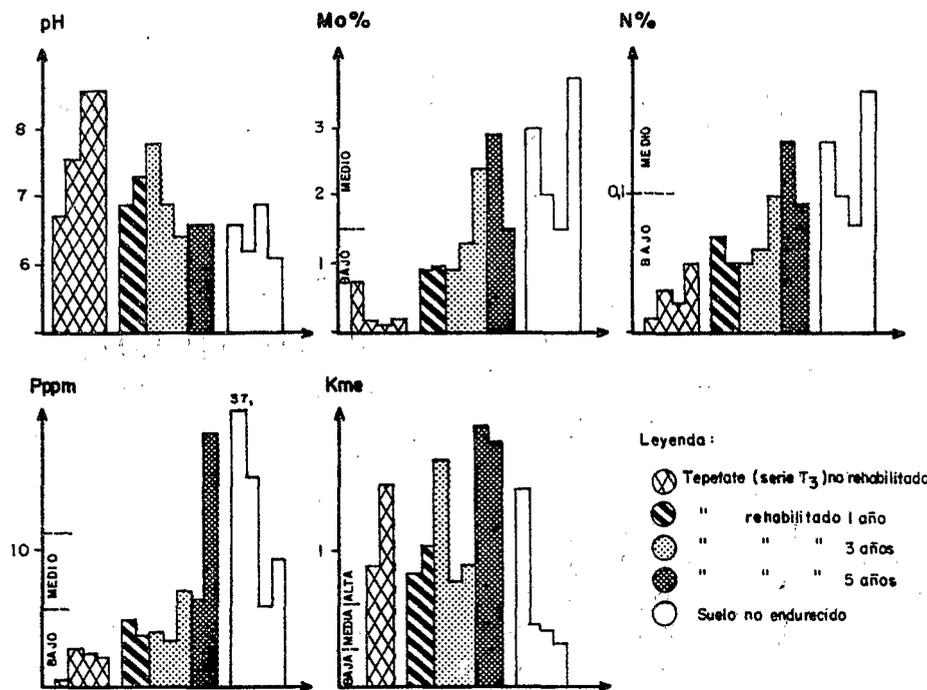


Figura 3. Características analíticas del suelo en las parcelas de 1990.

El Análisis de Componentes del Rendimiento

Este método se aplicó para parcelas con diferentes edades, principalmente en tepetate café (t3), en los cultivos de maíz solo o asociado y de trigo.

Análisis de los rendimientos en maíz

De acuerdo con la Figura 4, se presenta una baja correlación entre el número de mazorcas en función del número de plantas. Para este último, se observa que su ámbito de variación es entre 23 y 54 mil plantas por hectárea. Esta variación entre los extremos mayor del 100%, explica parcialmente las variaciones del rendimiento. En términos generales la variación del número de plantas/ha, uno de los principales componentes del rendimiento, se explica por la eficiencia o problemas de manejo, así es posible tener en tepetate un bajo número de plantas/ha por limitantes físicas como el tamaño de los terrones; o biológicas por la calidad de la semilla o el efecto de fitocompetidores no controlados; o por ineficientes prácticas culturales.

Observamos que los tepetates con mayor "edad" en uso agrícola y los suelos tienden a presentar las mayores densidades (número de plantas/ha). Es lo contrario para los tepetates más recientes y también para una parcela de suelo no endurecido (C), que se preparó con dos pasos de rastra pero sin barbecho, lo cual limitó el estado favorable de la cama de siembra y tuvo en cierta forma un impacto sobre la densidad de plantas.

Con base en un principio biológico general a cada planta de maíz correspondería una mazorca, de acuerdo con la Figura 4, la distancia vertical entre cada punto y la bisectriz nos podría indicar para cada parcela, la existencia de condiciones limitantes sobre el número final de mazorcas, lo cual se decide durante la floración y hasta 15 días después. En este periodo conocido como crítico, los factores limitantes más importantes para la producción vegetal en los tepetates son la escasez de nitrógeno y fósforo y la deficiencia de agua.

De acuerdo con el seguimiento hídrico que fue realizado en 1990, la humedad disponible en el suelo no actuó como factor limitante, excepto para el sistema de cultivo C. En consecuencia,

para la generalidad de las parcelas la ineficiencia para la producción de mazorcas y sus implicaciones sobre el rendimiento fue debida sustantivamente a condiciones nutrimentales.

En la misma Figura 4 se observa que existe una correlación positiva entre el componente número de granos y el de mazorcas. Además, la variación del contenido de nitrógeno foliar durante la floración femenina de acuerdo con las clases de correcto, insuficiente y bajo, explica sensiblemente la variación de dichos componentes.

A pesar que los contenidos de nitrógeno en el suelo (Cuadro 1) al inicio del ciclo de cultivo explican parte de la variación de los rendimientos, existen probablemente otros factores no evaluados, como por ejemplo la mineralización de la materia orgánica, que inciden en la correcta nutrición nitrogenada del maíz.

Cabe señalar que en relación al fósforo no se detectaron carencias en las diferentes poblaciones

vegetales, por lo cual deducimos que el nitrógeno es el factor químico que actúa como principal limitante.

En la Figura 5 se presenta la variación del rendimiento en grano a 15% de humedad en función del número de granos, se observa también la importancia del peso de los granos en las líneas convergentes con los iso- pesos de 250, 200 y 150 mg. Es notorio que el ordenamiento de parcelas en la Figura 4 se mantiene en esta Figura 5.

Los mejores rendimientos se observan para los suelos no endurecidos y tepetates de 3 a 5 años. Sin embargo, la parcela C presenta bajos rendimientos debido a su bajo número de plantas, de mazorcas, de granos e insuficiente contenido de nitrógeno foliar. Todo lo cual se debe en gran parte a un mal manejo, que incluso se manifestó por una alta competencia de malas hierbas durante el período de llenado del grano de maíz.

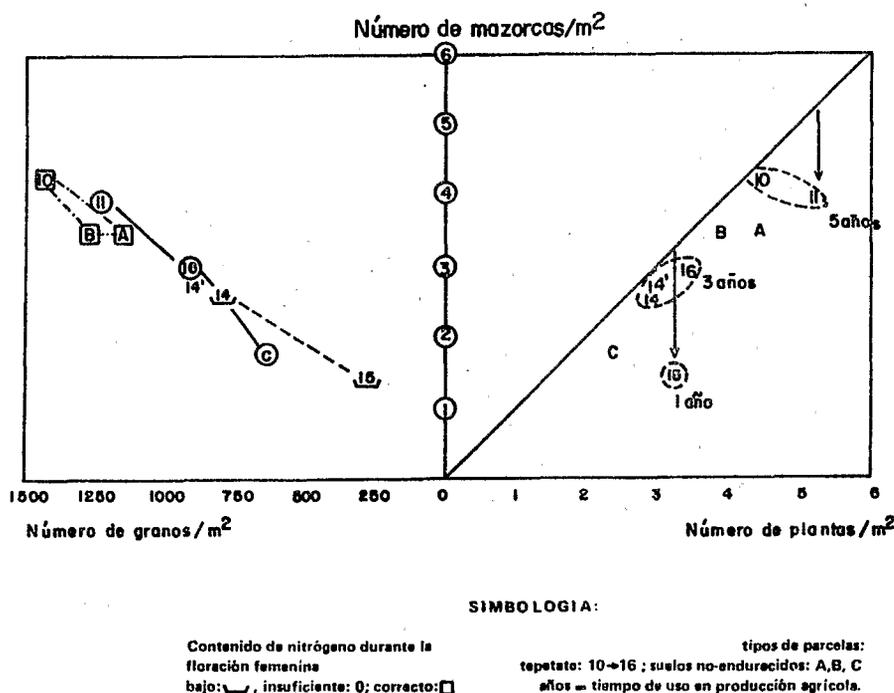


Figura 4. Variación entre componentes del rendimiento de maíz, contenido foliar de nitrógeno durante la floración y años de uso agrícola del tepetate en 1990.

Análisis de rendimiento en trigo

Este análisis fue realizado en 1990 en cuatro parcelas de agricultores (Cuadro 1). Una de las parcelas en suelo no endurecido, dos en tepetate café t3, correspondiendo la parcela 13 a tepetate de primer año de uso agrícola y la 12 con 3 años de reincorporación a la agricultura. En la parcela 13 se aplicó una elevada fertilización nitrogenada, al momento de la siembra y el encañe, con un total de 120 unidades/hectárea.

Con el propósito de evaluar el papel del tipo de sustrato se escogió igualmente una parcela de 3 años (número 20) localizada en tepetate gris t2 (vecina de la 12) y trabajada en términos similares por el mismo agricultor.

De acuerdo con la Figura 1 uno en maíz de los principales componentes del rendimiento en maíz es el número de granos/m². Para el caso del trigo el número de granos/m² es dependiente de los números de plantas/m², de espigas y de granos/espiga; los cuales, como ha sido señalado, se expresan en función de las condiciones y estados que favorezcan o limiten el crecimiento y desarrollo en el momento de su definición.

Los rendimientos evaluados presentan una sensible relación positiva y lineal en función del número de granos. El mejor rendimiento (2.3 t/ha)

se observó en el suelo no endurecido. En tepetate, los rendimientos de 1.4 a 1.5 t/ha nos sugieren que son independientes de la edad de reincorporación a la agricultura, así como del tipo de sustrato.

CONCLUSIONES

La producción de maíz en relación con la edad del tepetate es baja el primer año. Después se mejora y puede llegar a ser similar a la obtenida en suelo después de 5 años o más de utilización para la producción agrícola.

La baja producción se debe más a limitantes físicas que nutrimentales, estas últimas pueden ser corregidas mediante la fertilización desde el primer año, mientras que las características físicas se modifican poco a poco con el tiempo de manejo productivo.

En el caso común de siembra de trigo el primer año, la producción es mayor en relación con el maíz, lo que explica la decisión de los agricultores de iniciar la recuperación del tepetate con este cultivo.

El manejo aparenta ser también un gran limitante en la expresión de los rendimientos y en la variación de los mismos, tanto en tepetate como en suelo no endurecido.

LITERATURA CITADA

CAJUSTE L., J. y J. CRUZ D. 1987. Presencia de materiales amorfos en algunos tepetates de la zona de influencia de Chapingo, pp. 69-77. *In*: Ruiz F.J.F. (ed.) Uso y manejo de tepetates para el desarrollo rural. UACH, Chapingo, México.

DELGADILLO P., M. E., M. E. MIRANDA M. y H.R. RUIZ H. 1989. Evaluación de seis formas de roturación de tepetate amarillo para incorporarlo a la producción en el oriente de la cuenca de México. Tesis UACH. Chapingo, México. 172 p.

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., C. ZEBROWSKI, R. M. LOPEZ R. y D. PEÑA. 1991. Incorporación de los tepetates a la producción agrícola. V. Caracterización química, pp.50-53. *In*: Resúmenes. I Simposio Internacional de Suelos volcánicos endurecidos. Colegio de Postgraduados, México.

FLEURY, A., H. NAVARRO G. y M. SEBILLOTE. 1985. Essai d'analyse critique des choix variétaux des agriculteurs pour la production du maïs en limite d'aire de culture. *C.R. Acad. Agri. de France* 71 (6): 577-586.

GONZALEZ J., A. 1991. Manejo de agua y el suelo en condiciones de secano en Tlaxcala, pp. 106. *In*: Resúmenes. I Simposio Internacional de Suelos volcánicos endurecidos. Colegio de Postgraduados, México.