

FERTILIDAD DE LOS TEPETATES. I.
FERTILIDAD ACTUAL Y POTENCIAL DE LOS TEPETATES
DE LA VERTIENTE OCCIDENTAL DE LA SIERRA NEVADA (MEXICO)

The Fertility of the Tepetates. I.
Present and Potential Fertility of the Tepetates of the Western Sierra Nevada
(Mexico)

Jorge D. Etchevers B.¹, Lourdes Cruz H.¹, Juan Mares A.¹ y Claude Zebrowski ²

¹ CEDAF, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

² ORSTOM, Méx., México.

Palabras clave: Horizontes endurecidos, Nutrimientos, Suministro nutrimental, Fósforo, Hierro, México.

Key words: Indurated horizons, Soil nutrients, Nutrient supply, Phosphorus, Iron, Mexico.

RESUMEN

La información disponible acerca de la fertilidad de los tepetates es escasa. El éxito que se desea alcanzar en la habilitación a que se someten requiere conocer su capacidad actual y potencial de suministro de nutrientes para las plantas que en ellos se cultivan o se cultivarán. El objetivo del presente trabajo fue evaluar estos parámetros mediante un procedimiento biológico de invernadero, llamado técnica del elemento faltante. Se seleccionaron cinco tepetates representativos de la zona, relacionados con las dos series estratigráficas T2 y T3, con abundante y escaso contenido de carbonato de calcio. Todos los tepetates estudiados presentaron niveles actuales y potenciales de abastecimiento de fósforo extremadamente bajos pero el suministro de los restantes elementos esenciales

fue adecuado, aun cuando sometidos a una gran demanda. La única excepción la constituyó el suministro de hierro en un tepetate con alto contenido de carbonato de calcio. En éste fue necesario aplicar una sal de hierro para prevenir que las plantas murieran. La capacidad de suministro de nitrógeno de los tepetates no fue medida directamente, pero los contenidos de materia orgánica y de nitrógeno eran tan pequeños en los materiales originales que habría sido imposible hacer crecer plantas en ellos sin la adición de un fertilizante nitrogenado.

SUMMARY

Little is known about the fertility of tepetate soils. For the success of the amelioration program in course one requires to know the present and the potential capacity of the tepetates to supply nutrients for plants that are presently grown or will be grown on them. The objective of the present work was to evaluate the above two parameters by means of a greenhouse biological experiment: the lacking element technique. Five tepetates representative of the area were selected

for the experiment; they included tepetates related to the T2 and T3 stratigraphic series and tepetates with abundant and scarce content of calcium carbonate. All the tepetates assayed had a very low actual supply of phosphorus for plant growth and showed a low supply potential. The supply of the remainder essential nutrients was adequate, even for sustaining large plant demands. Iron was the only exception in a tepetate with a high calcium carbonate content. The indicator plant showed symptoms of iron deficiency and it was necessary to apply an iron salt to prevent plant from dying. Nitrogen supply capacity was not measured directly, however, the organic matter and nitrogen content in the original materials were very low and insufficient to sustain plant growth. Fertilizer nitrogen must be added to tepetates in order to obtain growth.

INTRODUCCION

Los campesinos llaman tepetates a ciertos materiales superficiales endurecidos que presentan dificultad para su cultivo agrícola. Por extensión se denomina tepetate a una variedad de horizontes endurecidos o semi-endurecidos subyacentes a los suelos de origen volcánico (proto-tepetates) y que en algunos casos afloran a la superficie debido a la erosión de éstos.

El origen de los tepetates aún no está totalmente esclarecido. Dubroeuq *et al.* (1989) y Nimlos (1987) señalan que el origen de algunos tepetates es volcánico y de otros pedogénico. Según Miehlich (1991) y Quantin (1991) los tepetates se asocian con series estratigráficas (T1, T2, T3 y brechas volcánicas) que provendrían de depósitos de proyecciones piroclásticas en forma de flujos, con excepción de la serie T1, que sería de origen eólico.

Los tepetates pedogénicos tienen como cementantes sílice y/o carbonatos (Aeppli, 1973; Dubroeuq *et al.*, 1989; Gutiérrez *et al.*, 1990; Martínez y García 1990; Nimlos, 1987), pero Miehlich (1991) y Oleschko (1991) postulan que ciertos depósitos de arcilla observados en

estudios micromorfológicos no serían ajenos a los procesos de cementación. El endurecimiento que caracteriza a los tepetates en su estado natural, hace que éstos sean prácticamente improductivos desde un punto de vista agrícola. Sin embargo, se ha logrado su rehabilitación mediante prácticas de roturación (Miranda *et al.*, 1989) y un adecuado manejo (Ruiz, 1987).

Hay escasa información publicada acerca de la disponibilidad nutrimental en los tepetates roturados (Cajuste y Cruz, 1987; Cruz *et al.*, 1990). Observaciones preliminares de la respuesta de los cultivos a la aplicación de fertilizante muestran que el suministro de nitrógeno y fósforo se encuentran, en general, en niveles inferiores a la demanda que ejercen los cultivos (Peña *et al.*, 1990)

El objetivo del presente estudio fue determinar la fertilidad actual y potencial de algunos tepetates representativos del estado de México.

MATERIALES Y METODOS

Se colectaron muestras superficiales (0 a 30 cm) de cinco tepetates ubicados en el Valle de México (Cuadro 1). Algunas muestras provinieron de perfiles descritos con el propósito de hacer un levantamiento de estos materiales en dicha zona y otras de depósitos someros de materiales de edades diferentes (Zebrowski *et al.*, 1989).

Cuadro 1. Identificación y ubicación de las muestras del estudio de la fertilidad actual y potencial de los tepetates de la vertiente occidental de la Sierra Nevada

Sitio	Referencia ¹	Características	Ubicación
I	K7	T3 con CO ₃	Tepetlaoxtoc
II	P27KB	T3 con CO ₃	Gavilanes, Carr. México Puebla
III	P19K15	T2 con CO ₃	San Miguel Xolco, Carr. Teotihuacan-Otumba
IV	P35	T2 sin CO ₃	Tequesquinahuac
V	P1	T3 sin CO ₃	San Miguel Tlaixpan

¹ Las claves corresponden a los tepetates de referencia del estudio cartográfico de la zona.

A las muestras se les efectuaron algunos análisis químicos y físicos (textura, pH en agua, conductividad eléctrica, materia orgánica, P extractable Olsen, K intercambiable) con el propósito de diagnosticar su fertilidad. Los procedimientos fueron los rutinariamente empleados en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos del Colegio de Postgraduados (Etchevers, 1988). Paralelamente se estableció en el invernadero un ensayo biológico en macetas conocido como "técnica del elemento faltante" (Chaminade, 1964; Schenkel, 1971a). Cada maceta contenía 3 kg de suelo. Dicha técnica consta de los siguientes tratamientos:

- T1= fertilización completa con N, P, K, Ca, Mg, S y micronutrientes (Comp);
- T2= fertilización completa menos P (-P)
- T3= fertilización completa menos K (-K)
- T4= fertilización completa menos Ca (-Ca)
- T5= fertilización completa menos Mg (-Mg)
- T6= fertilización completa menos S (-S)
- T7= fertilización completa menos micronutrientes (-Mic)
- T8= testigo absoluto (To).

La aplicación de N y de micronutrientes se efectuó en solución y la de los otros macronutrientes se realizó en forma sólida. La fertilización nitrogenada se aplicó en todos los tratamientos, incluso en el To, ya que se considera que este elemento es universalmente deficiente. Las dosis y las fuentes empleadas fueron las recomendadas por Zárate (1986).

Se determinaron algunas constantes hídricas del suelo que sirvieron para controlar el riego en las macetas. El cultivo empleado fue *Lolium perenne* sembrado con una densidad de aproximadamente 450 semillas/maceta. El cultivo permaneció en el invernadero 114 días, efectuándose cuatro cortes. Se manifestó una deficiencia de Fe en el sitio III, la cual se corrigió con aplicaciones foliares de este elemento.

En cada corte se determinó el peso de la materia seca por tratamiento. Se sumaron dichos pesos para obtener la materia seca acumulada. Se calcularon los porcentajes de rendimiento relativo acumulado (RRA) para cada corte,

tratamiento y sitio, mediante la ecuación siguiente:

$$RRA = MSAT / MSATC * 100$$

donde:

RRA= Rendimiento relativo acumulado (%)

MSAT= Materia seca acumulada (g) en un tratamiento cualquiera

MSATC= Materia seca acumulada (g) en el tratamiento completo

Los valores de MSA y los porcentajes de RRA se ajustaron a una regresión lineal.

$$RRA = (MSA * B) + A$$

Para interpretar los resultados se graficó la MSA producida en cada corte (promedio de tres repeticiones) versus el porcentaje de RRA empleando una escala lineal. A estas expresiones se les llama diagramas de fertilidad y mediante éstos se puede conocer cuales nutrimentos son limitantes para el desarrollo del cultivo, cuales son los niveles de fertilidad inicial (A), y si éstos se incrementan o disminuyen (B) a través del tiempo (Schenkel, 1971b).

Se calcularon las tasas de acumulación promedios de materia seca por día (TAMS/día) para cada tratamiento y sitio. Esto se logró dividiendo la producción de materia seca total por la duración del ciclo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización Química de los Tepetates

Los tepetates exhibieron reacción alcalina (pH 7.2 a 8.5), excepto uno de ellos que fue neutro. Los porcentajes de materia orgánica y N total (menor de 0.3 y 0.04, respectivamente) que contenían las muestras se consideran bajos. Los niveles de K, Ca y Mg intercambiable fueron altos (2.35, 20.83, y 11.59 meq/100 g promedio, respectivamente). Los niveles de P extractable Olsen fueron bajos (menos de 5 ppm). El Mn extractable en DTPA fue adecuado en todos los tepetates, al igual que el Fe, excepto en el sitio III donde se estimó que era marginal. Esto se reflejó

en la presencia de síntomas de deficiencia de este elemento en el experimento biológico. Las concentraciones de Cu y Zn extractables en el mismo reactivo anterior fueron bajas. Los porcentajes de arcilla de los tepetates variaron de 20 a 45; el menor valor fue el del sitio III.

Evaluación Biológica de la Fertilidad

Puesto que los diagramas de fertilidad de los cinco tepetates expresan, en general, los mismos problemas nutricionales, sólo se presenta, a modo de ejemplo, el del sitio I (Figura 1).

En el Cuadro 2 se muestran los promedios de los porcentajes de rendimiento relativo para los cuatro cortes de cada tratamiento y sitio.

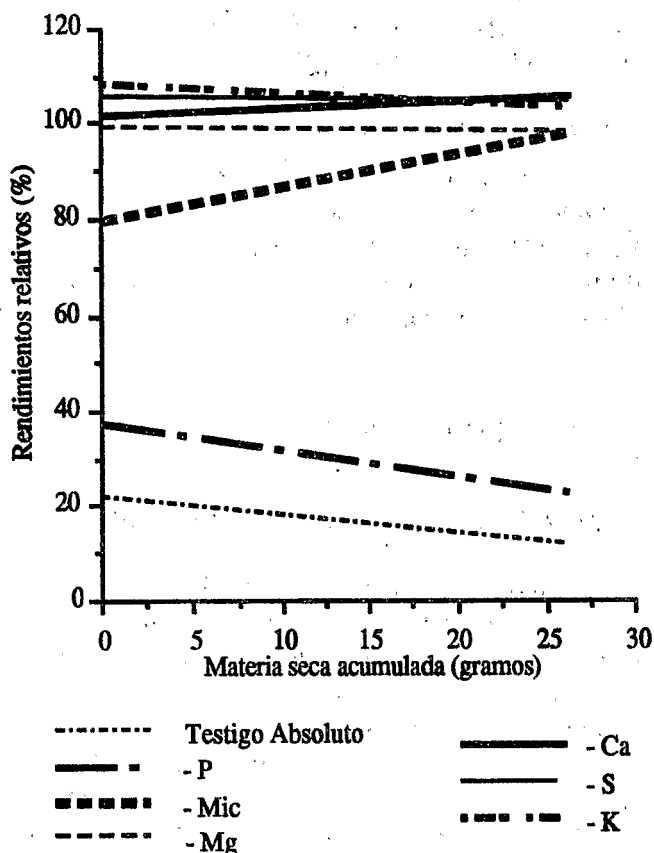


Figura 1. Diagramas de fertilidad del tepetate 1, en los que se relacionan: materia seca (MS) acumulada en los cuatros cortes, versus porcentaje de rendimiento (% RR).

Cuadro 2. Promedio de los rendimientos relativos (%) de *Lolium perenne* (cultivo indicador) después de cuatro cortes, en tepetates representativo de la vertiente occidental de la Sierra Nevada.

Tepetate	Tratamiento ¹					To
	-P	-K	-Ca	-S	-Mic	
	Rendimiento Relativo,%					
1	32	101	116	115	116	28
2	17	100	102	090	090	20
3	29	105	104	105	091	15
4	24	105	118	100	118	23
5	36	120	098	130	128	44

¹ Mic = menos micronutrientes; To= testigo absoluto.

La jerarquización empleada por Chaminade (1964) y Zárate (1986), expresa que deficiencias mayores son las asociadas con menos del 40% de RR, y las deficiencias menores comprenden entre 40 y 70% de RR. De acuerdo con esto, en el diagrama de fertilidad y en el Cuadro 1, se observa que las líneas de los tratamiento -P y del testigo absoluto (To) fueron las que tuvieron los menores RR (%) después de cuatro cortes y los menores niveles de fertilidad inicial. Coinciden con los resultados anteriores, los promedios de las TAMS/dfa correspondientes a los tratamientos -P y al testigo (Cuadro 3).

La situación nutricional de los tepetates respecto del K, Ca, Mg, S y micronutrientes, está en general, calificada como de fertilidad actual de medianamente alta a alta, lo que sugiere un abastecimiento suficiente de estos nutrientes para el cultivo.

Cuadro 3. Tasas de acumulación de materia seca por día de *Lolium perenne* cultivado en los tepetates representativos de la vertiente occidental de la Sierra Nevada (Méx.).

Tepetate	Comp	To	Tratamiento ¹					
			-P	-K	-Ca	-S	-Mic -Mg	
Tasa de acumulación de MS, mg/día								
1	252	81	99	251	280	277	264	250
2	385	76	69	372	391	354	353	377
3	230	31	59	238	243	241	255	222
4	295	62	74	318	353	325	351	317
5	283	104	97	299	295	330	315	323

¹ Mic = menos micronutrientes; To= testigo absoluto; Comp = completo

CONCLUSIONES

La fertilidad actual de algunos tepetates representativos de la vertiente occidental de la Sierra Nevada de México está fuertemente limitada por los bajos niveles de fósforo. La adición de este elemento, en conjunto con el nitrógeno, que es universalmente deficiente en los tepetates, logró revertir esta situación. Los rendimientos que se alcanzaron en los

tratamientos completos fueron considerados aceptables, lo cual indica que si se diagnostica oportunamente los nutrimentos que no son aportados en cantidades insuficientes por los tepetates, es posible corregir su suministro mediante la adición de fertilizantes adecuados. En estas circunstancias los tepetates pueden ser un sustrato tan adecuado químicamente como cualquier suelo. Su productividad va a depender del mejoramiento de sus propiedades físicas.

LITERATURA CITADA

AEPPLI, H. 1973. Barroböden und tepetate. (Tesis doctoral). Universidad J. von Liebig, Giessen, BRD.

CAJUSTE, L. J. y J. CRUZ. D. 1987. Evaluación de micronutrientes en maíz criollo (*Zea mays*) en un suelo con influencia de un tepetate calcáreo, pp. 95-104. *In:* J. F. Ruiz. F. (ed.) Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

CRUZ D., J., L.J. CAJUSTE, E. COTA G. y E. OSORES C. 1990. Estudio del material tepetatoso en la cuenca alta de Texcoco y su relación con la disponibilidad de nutrientes, p. 17. *In:* Coloquio de Investigación del Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

CHAMINADE, R. 1964. Diagnostic des carences minérales du sol par l'expérimentation en petits vases de végétation. *Science du sol*, deuxième semestre. s/p.

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

ETCHEVERS B., J. D. 1988. Análisis químico de suelo y planta. Notas de clases. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

GUTIERREZ C., M. C., C. A. ORTIZ S., K. OLESCHKO L. y H. CUANALO DE LA C. 1990. Estudio micromorfológico de los cementantes de algunos tepetates del Valle de México y Tlaxcala. *Agrociencia (Serie Agua-Suelo-Clima)* 1: 91-105.

MARTINEZ T., M. y A. GARCIA R. 1990. Naturaleza de los cementantes de algunos tepetates del Valle de México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

MIEHLICH, G. 1991. Chronosequences of volcanic ash soils. Verein zur Förderung der Bodenkunde in Hamburg, Hamburg, Germany.

MIRANDA M., M. E., M. E. DELGADILLO P. y B. R. RUIZ. H. 1989. Evaluación de seis formas de roturación del tepetate amarillo para incorporarlo a la producción en el oriente de la Cuenca de México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

NIMLOS, T., M. 1987. Tepetate monograph. A report on the state of knowledge regarding tepetate and the associated erosion. Rep. School of Forestry, University of Montana, Bozeman, Montana.

OLESCHKO, K. 1991. Los patrones morfológicos de arcilla en los tepetates. *In:* Resúmenes del 1er Simposio Internacional de los Suelos Volcánicos Endurecidos. Colegio de Postgraduados 21-26 de Octubre 1991, Montecillo, México.

PEÑA H., D., M. L. ORTIZ S., J. D. ETCHEVERS B. y C. ZEBROWSKI. 1990. Incorporación de los tepetates a la producción agrícola rendimiento y efectos de roturación sobre características físico-químicas de tepetates, p. 23. *In:* Memorias del XXIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.

QUANTIN, P. 1991. Etude des sols volcaniques indurés "tepetates" des bassins de Mexico et Tlaxcala (Mexique). Deuxième Rapport Annuel d'Avancement des Travaux, 1^{er} Avril 1990-31 Mai 1991. Informe presentado a la Comunidad Económica Europea. ORSTOM, Bondy, France. (Material xerografiado).

RUIZ F., J. F. 1987. Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

SCHENKEL G., S. 1971a. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. I. Representaciones gráficas usadas. *Turrialba* 21: 253-262.

SCHENKEL G., S. 1971b. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. II Diagramas de fertilidad. *Turrialba* 21: 263-271.

ZARATE V., J. L. 1986. Evaluación de la fertilidad de los suelos de pradera de la región de Teziutlán, Pue. Tesis de Licenciatura, UACH., Chapingo, México.

ZEBROWSKI, C., J. D. ETCHEVERS B. y H. ARIAS R. 1989. Reincorporación de tepetates a la producción agrícola. I. Avances en los trabajos de caracterización. *In: Memoria del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Montecillo, México.*