

RESISTENCIA DE TEPETATES DE LA VERTIENTE OCCIDENTAL DE LA SIERRA NEVADA

Resistance of Tepetates of the Western Slopes of the Sierra Nevada

David Peña H.¹, María E. Miranda M.¹, Claude Zebrowski ² y Héctor M. Arias R.¹

¹ Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. Méx., México.

² ORSTOM, D.F., México.

Palabras clave: Fragipán, Duripán, Tepetate, Suelos volcánicos endurecidos, Resistencia, Módulo de ruptura, Marco de carga, Penetrómetro.

Index words: Fragipan, Duripan, Tepetate, Indurated volcanic soils, Resistance, modulus of rupture, Axial chamber, Penetrometer.

RESUMEN

Este trabajo planteó los siguientes objetivos: evaluar la resistencia de los tepetates a partir de tres métodos de estimación, establecer relaciones entre la resistencia y otras propiedades físicas e identificar los posibles cementantes.

La resistencia se estimó usando el módulo de ruptura, el marco de carga y el penetrómetro de cono. Las propiedades físicas correlacionadas con la resistencia fueron el contenido de humedad y la densidad aparente. La identificación de cementantes se realizó con base en pruebas de solubilidad.

Los tepetates con mucho carbonato de calcio presentaron las resistencias más altas, siguiéndoles los tepetates con poco carbonato y finalmente, las resistencias más bajas las presentaron los tepetates sin CaCO_3 . En tepetates sin CaCO_3 se confirmó la relación a mayor humedad menor resistencia

pero en tepetates con CaCO_3 esta relación no fue clara. Los tepetates de la serie T3 tienden a ser más duros que los de la serie T2 sin CaCO_3 .

Los tepetates sin CaCO_3 se disgregaron en agua destilada, definiéndose como fragipanes. Los tepetates tratados con HCl 1N y NaOH 1N requieren estudios más precisos para definirlos como duripanes.

SUMMARY

The objectives of this paper are: to evaluate the resistance of the tepetates on the basis of three methods, to establish the relationship between the resistance and other physical properties, and to identify the possible cement.

The resistance was estimated using the modulus of rupture, the axial chamber, and the cone penetrometer. The resistance was correlated to moisture content and bulk density. Chemical tests of dissolution were performed to identify the cements.

Tepetates containing a large amount of calcium carbonates presented the highest resistance, followed by tepetates with a few carbonates, and finally the lowest resistance was of those containing no CaCO_3 . The following relationship

was confirmed in tepetates with no CaCO_3 : the higher the moisture content, the lower the resistance. However, tepetates containing CaCO_3 , did not show this relationship. The serie of T3 tepetates tend to be harder than the serie T2 without CaCO_3 .

Tepetates without CaCO_3 were disaggregated in distilled water and therefore defined as fragipans. Those treated in 1N HCl and 1N NaOH require further and more precise studies before they can be defined as duripans.

INTRODUCCION

El presente estudio, acerca de la resistencia que presentan los tepetates, complementa la caracterización física realizada por Peña y Zebrowski (1991). Planteándose los siguientes objetivos: a) evaluar la resistencia a partir de tres métodos de estimación y b) establecer relaciones entre la resistencia y, el contenido de humedad, la densidad aparente y los posibles cementantes de los tepetates de la vertiente occidental de la Sierra Nevada.

MATERIALES Y METODOS

Se estudiaron los 13 tipos de tepetates considerados en la caracterización física y mineralógica (Peña y Zebrowski, 1991).

La resistencia fue medida a partir de dos métodos de laboratorio y uno de campo, citados a continuación.

Módulo de ruptura

La descripción de este aparato, así como de las bases metodológicas de esta prueba, fue presentada por Richards (1953). En el presente trabajo se utilizaron bloques rectangulares de tepetates de 10 x 4 x 2.5 cm de longitud, ancho y

espesor, respectivamente. Para cada tipo de tepetate se estimó la resistencia a cuatro niveles de humedad: seco al aire (humedad de campo), punto de marchitez permanente (succión a 15 atm), capacidad de campo (0.3 atm) y saturados (considerados así, al alcanzar su peso constante durante su permanencia en una lámina de agua de 3 a 4 mm de espesor), con tres repeticiones para cada nivel. La relación promedio de agua aplicada, para todos los bloques, fue de 1,086 g/min y los resultados de cada prueba se expresaron en bars.

Marco de carga

El marco de carga utilizado fue descrito por Delgadillo *et al.* (1989). De esta forma y tomando como referencia los resultados obtenidos en el módulo de ruptura, se seleccionaron 9 de los 13 tipos iniciales y se ensayaron en el marco de carga.

De la misma manera que en el módulo de ruptura, las pruebas se realizaron a los cuatro niveles de humedad citados, con tres repeticiones para cada nivel. Pero, en este caso, los bloques utilizados fueron de 4 x 2 x 2 cm, expresándose las resistencias en kg/cm^2 .

Penetrómetro

Las mediciones de resistencia a través de un penetrómetro de cono Soil Test CN-970, se realizaron directamente tanto en los tepetates aflorantes como dentro de un perfil típico, caracterizado por Zebrowski *et al.* (1989). Los resultados se expresaron en kg/cm^2 .

En los tres métodos y después de cada prueba, se estimaron los porcentajes de humedad de las muestras mediante el método gravimétrico (105°C).

Finalmente, se realizaron pruebas para la identificación de agentes cementantes. Éstas se realizaron con base en el orden y los criterios de identificación citados por Nimlos (1987), y han tenido como base la solubilidad de los

tepetates. Se definieron los porcentajes de disgregación de bloques secados al aire (4 x 2 x 2.5 cm), los cuales fueron introducidos en frascos con los siguientes reactivos: agua destilada, ácido clorhídrico 1N e hidróxido de sodio 1N, este último calentado a 50°C. Los bloques sumergidos fueron colocados en una agitadora mecánica de movimiento horizontal, con velocidad de 120 a 125 golpes por minuto, durante dos horas. En seguida se colectaron los materiales disgregados y se secaron al ambiente del laboratorio durante 7 días. Posteriormente, se calculó el porcentaje de partículas menores de 3 mm de diámetro, obtenido para cada muestra disgregada.

RESULTADOS Y DISCUSION

Algunas propiedades físicas, estudiadas por Peña y Zebrowski (1991), así como los resultados de resistencias y de identificación de cementantes se sintetizan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Propiedades útiles para la identificación de los tepetates del área de estudio.

Serie	CaCO ₃	Presentación	Color	Textura	Estructura	Consistencia	Porosidad %	Residuo SiO ₂ /Al ₂ O ₃ %	Arcilla	
T3	Sin*	Ocasionalmente, costras superficiales	Amarillo a pardo	Arcilla	Bloques y prismos gruesos	Duro y frágil	39-50	33-45	2.6-2.8	Haloisita
	Con	Láminas subhorizontales y costras superficiales		Arena francosa? a franco arenosa?	Masivo	Extremadamente duro	32-42	33-39	2.6-2.8	Haloisita
T2	Sin*	Ocasionalmente, costras superficiales	Gris claro a blanco	Franco arcillosa	Columnas gruesas	Duro y frágil	38-42	53-65	3.2-4.1	Esmectita más haloisita
	Con	Láminas subhorizontales y costras superficiales		Arena francosa? a franco arenosa?	Masivo	Extremadamente duro	36	57	6.1	Esmectita
T1	Con	Láminas subhorizontales y costras superficiales	Pardo a amarillento	Arena francosa? a franco arenosa?	Masivo	Muy duro	37-41	58	4.4	Esmectita más haloisita

* Los tepetates sin carbonatos se disgregaron en agua (tanto en campo como en el laboratorio).

Resistencia

Resistencias / métodos de evaluación / presencia de carbonatos

Las resistencias de los tepetates aflorantes mostraron variaciones en sus valores unitarios debido a que las unidades de expresión variaron con los métodos, pero en general se obtuvo el mismo orden jerárquico de resistencia (a nivel de grupos), mediante los tres métodos. Encabezan la lista los tepetates con mucho carbonato, continúan los tepetates con presencia moderada de carbonatos y en la parte más baja se encuentran los tepetates menos resistentes, representados por los grupos t3 y t2 sin carbonatos, tal como se muestra en las Figuras 1, 2 y 3.

Resistencias / humedades / series

En las Figuras 1, 2, y 3 también se muestran estas relaciones. En los tepetates sin carbonato la resistencia disminuye al aumentar los contenidos de humedad, pero en los tepetates con carbonato de calcio esta relación no está bien definida. Asimismo, los tepetates de la serie T3 tienden a ser más duros que los de la serie T2 sin carbonatos.

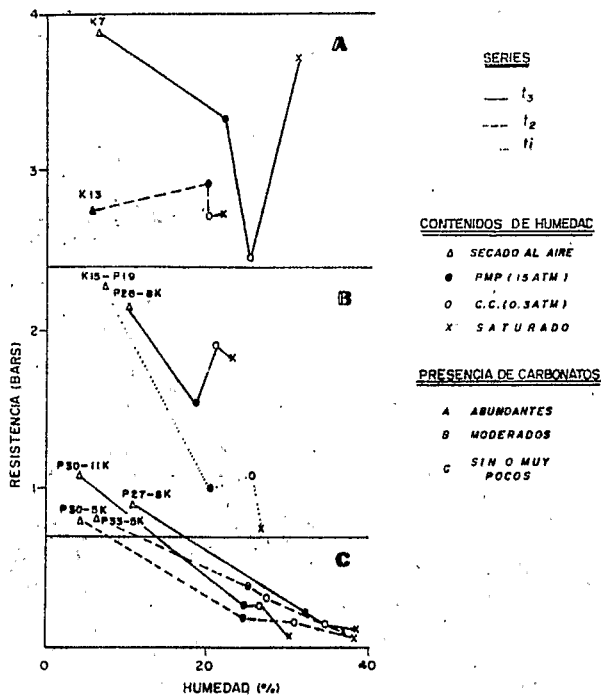


Figura 1. Resistencia de tepetates a diferentes contenidos de humedad, en el módulo de ruptura.

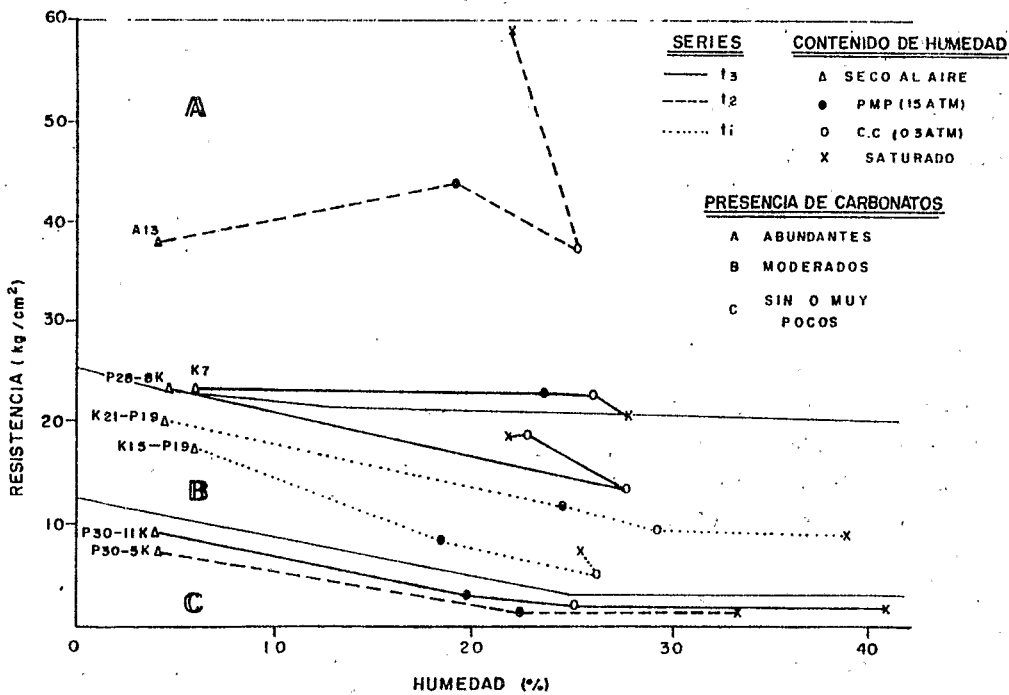


Figura 2. Esfuerzos (kg/cm^2) de tepetates con diferentes contenidos de humedad, estimados en el marco de carga. Resistencia de tepetates a diferentes contenidos de humedad, en el módulo de ruptura.

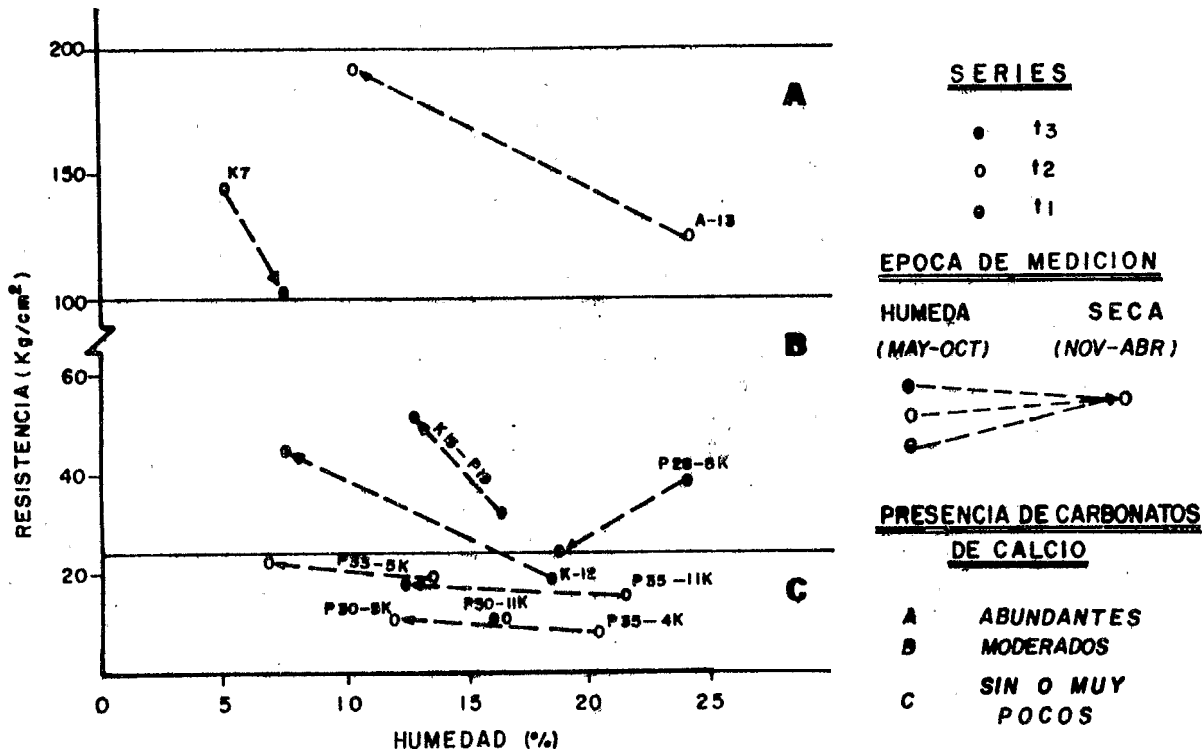


Figura 3. Resistencia de tepetates en la época húmeda (1990) y seca (1991), estimadas con un penetrómetro de cono.

Resistencias / densidades aparentes

Al respecto, sólo los tepetates de la serie T3 sin y con moderado contenido de carbonato tienden a incrementar su resistencia con el aumento de la densidad. En el resto de los grupos esta relación no es definida (Fig. 4).

Resistencias / perfil

Las resistencias en el perfil variaron de 10 kg/cm² en la capa coluvio-aluvial (capa 1) a 80 kg/cm² en el paleosuelo correspondiente a la formación T3 (capa 9). Es interesante señalar que las resistencias obtenidas para las capas definidas como tepetates (capa 5=26, 7=53 y 10=51 kg/cm²) no fueron las más altas del perfil, tal como se observó en el campo. Al respecto, es notorio que el penetrómetro estima adecuadamente las resistencias de los tepetates que afloran, pero sugiere tomar con reserva las resistencias estimadas en tepetates no aflorantes (Fig. 5).

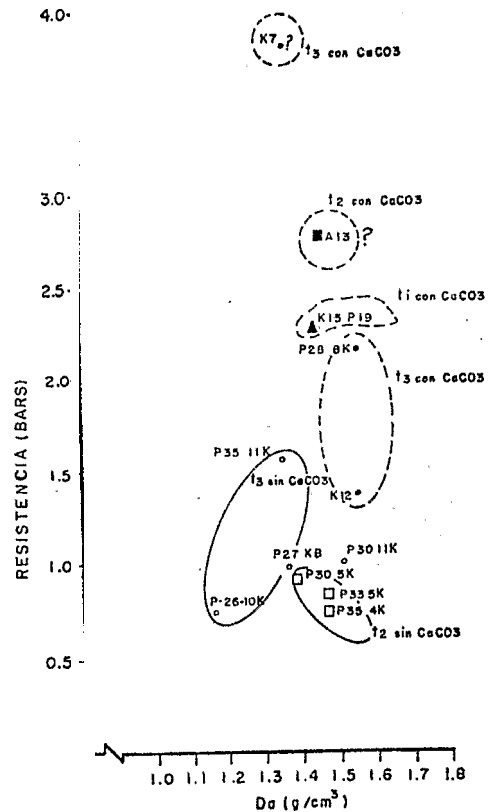


Figura 4. Resistencia versus densidad aparente de tepetates en la vertiente occidental de la Sierra Nevada.

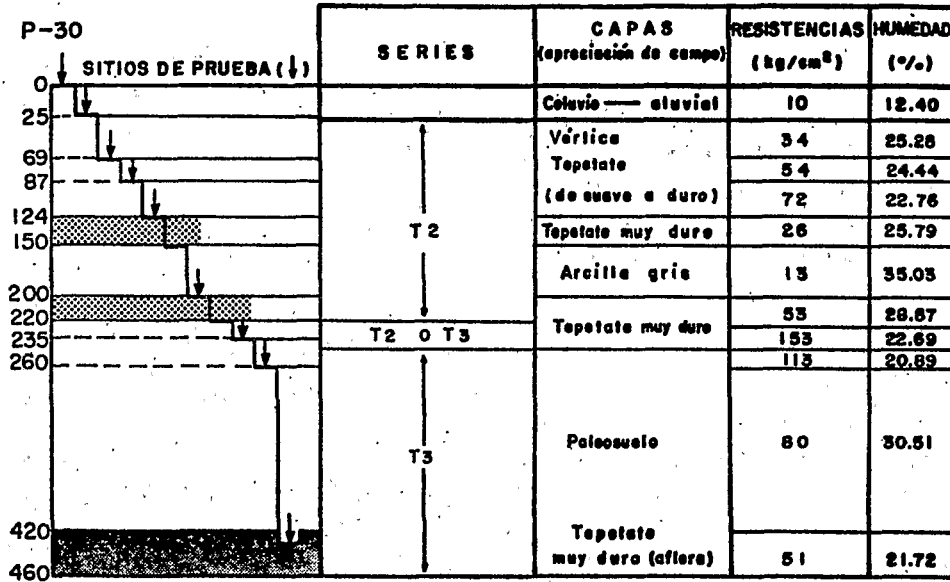


Figura 5. Resistencias estimadas con un penetrómetro de cono, en las capas de un perfil típico en San Miguel Tlaixpan.

Identificación de Cementantes

Agua destilada

Los tepetates sin carbonato se disgregaron en agua y en general presentaron más del 90% (en peso) de partículas menores de 3 mm de diámetro. Esto confirma las observaciones de campo, de tal forma que la ausencia aparente de cementantes permite clasificar a estos tepetates como fragipanes. Por otra parte, los tepetates con moderada cantidad de carbonato se disgregaron entre el 19 y 67 %, mientras que los tepetates con mucho carbonato presentaron sólo del 2-6% de partículas menores de 3 mm de diámetro (Fig. 6). Al respecto, los bajos porcentajes de disgregación sugieren la presencia de posibles cementantes y consecuentemente la necesidad de utilizar reactivos que permitan la identificación de los mismos.

Acido clorhídrico 1N

En la Figura 5 se observa que, en general, todos los tepetates con carbonato aumentaron su porcentaje de disgregación en HCl (respecto al disgregado en agua). Los rangos alcanzados fueron de 40-74% y de 13-15%, para los tepetates con moderado y elevado contenido de

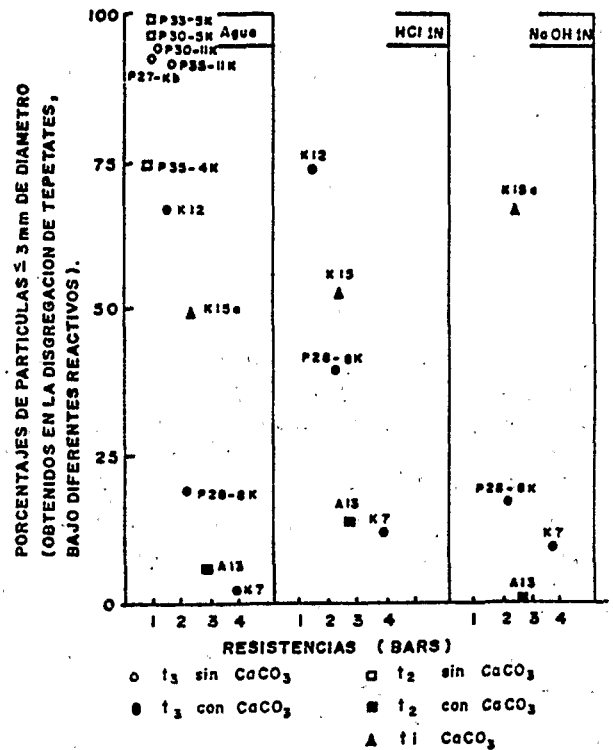


Figura 6. Relación entre porcentajes de disgregación y resistencias de tepetates del área de estudio.

carbonatos, respectivamente. Según Nimlos (1987) esto indica la presencia de carbonatos como cementantes, sin embargo, los porcentajes de disgregación son relativamente bajos, lo que sugiere que probablemente se requiere de mayor tiempo de agitación, o de una mayor concentración del reactivo y/o el uso de otro que permita la identificación de otros cementantes.

Hidróxido de sodio 1N

Los bloques ensayados en este reactivo presentaron porcentajes de disgregación heterogéneos, de tal forma que no fue posible sacar conclusión alguna. Al respecto, se están realizando otros ensayos para definir si los tepetates con carbonatos corresponden o no a duripanes (Fig. 5).

CONCLUSIONES

Los tepetates presentan el mismo orden jerárquico de resistencia bajo los tres métodos de evaluación utilizados.

La relación a mayor humedad menor resistencia se confirma en tepetates sin carbonato, pero en tepetates con carbonato esta relación no está bien definida.

Los tepetates de la serie T3 tienden a ser más duros que los de la serie T2, sin carbonato.

Se deben realizar más estudios antes de adoptar el método del penetrómetro para evaluar la resistencia de tepetates no aflorantes.

Los tepetates sin carbonato de calcio deben considerarse como fragipanes, pero se requiere de estudios más precisos para definir si los tepetates con carbonato corresponden o no a duripanes.

Los resultados obtenidos muestran que los criterios utilizados para clasificar a los tepetates del área de estudio son adecuados; sin embargo, el reconocimiento preciso de los mismos requiere de la integración del mayor número de propiedades posibles. Por tal motivo y con la finalidad de facilitar la identificación de los tepetates caracterizados se expone el Cuadro 1.

LITERATURA CITADA

DELGADILLO, P., M. E. MIRANDA M. y B. 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 profesional. Depto. de Suelos, UACH, Chapingo, México.

NIMLOS, T. J. 1987. Nomenclatura de horizontes endurecidos en suelos de cenizas volcánicas. In: Ruiz Figueroa J.F. (ed.) "Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural". UACH, Chapingo, México.

PEÑA, H. D. y C. ZEBROWSKI. 1991. Caracterización física y mineralógica de los tepetates de la vertiente occidental de la Sierra Nevada. Primer Simp. Internacional sobre suelos volcánicos endurecidos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

RICHARDS, L. A. 1953. Modulus of rupture as an index of crusting of soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 17: 321-323.

ZEBROWSKI, C., J. D. ETCHEVERS B. y H. M. ARIAS R. 1989. Reincorporación de los tepetates a la producción agrícola. III. Avances en los trabajos de Caracterización. Memoria del XXII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Montecillo, México.