

LOS SUELOS Y TEPETATES DE LA VERTIENTE OCCIDENTAL DE LA SIERRA NEVADA

Soils and Tepetates of the Western Slopes of the Sierra Nevada

David Peña H.¹ y Claude Zebrowski ².

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

² ORSTOM D.F., México.

Palabras clave: Tepetate, México, Sierra Nevada, Morfoedafología, Suelos volcánicos endurecidos, Clasificación.

Index words: Tepetate, Mexico, Sierra Nevada, Morphoedaphology, Hardened volcanic soils, Classification.

en criterios estratigráficos y climáticos permitió definir los siguientes seis tipos: tepetates desarrollados a partir de brechas volcano-sedimentarias, sin CaCO₃; tepetates t3 sin CaCO₃, y t3 con CaCO₃; tepetates t2 sin CaCO₃ y t2 con CaCO₃ y los tepetates ti con CaCO₃.

RESUMEN

El presente trabajo se refiere al inventario y a la caracterización de los suelos y tepetates de la vertiente occidental de la Sierra Nevada, entre Chalco y Teotihuacán. Diferentes unidades morfoedafológicas han sido definidas (sierra, volcanes aislados, piedemontes, zonas aluviales). Los tepetates están localizados en los piedemontes. Estos últimos constituidos por una sucesión de depósitos piroclásticos agrupados en series (T3, T2 y Ti). Las series T2 y T3, anteriormente descritas en Tlaxcala, se identifican fácilmente en la parte baja del piedemonte de la Sierra Nevada, pero con más dificultad en la parte alta del mismo. La serie Ti se encuentra en los piedemontes del norte del área de estudio, en los cuales no ha sido posible identificar las series T2 y T3. El clima juega un papel importante tanto en la existencia como en las características de los tepetates. La clasificación de los tepetates, basada

SUMMARY

This work concerns the inventory and the characterization of soils and tepetate on the western slopes of the Sierra Nevada, from Chalco to Teotihuacán. Different morphopedological units were defined (sierra, isolated volcanoes, piedmonts, and alluvial areas). Tepetates are located on the piedmonts, and they are formed from successive pyroclastic deposits grouped in series (T3, T2 and Ti). The series T2 and T3, previously described in Tlaxcala, are easily identifiable in the piedmonts of the Sierra Nevada, but hardly on the upper parts. Ti series is found in the piedmonts of the northern part of the study area, where it was not possible to identify the series T2 y T3. Climate plays an important role in the presence of tepetates as well as in their characteristics. A classification of tepetates was made on the base of stratigraphic and climatic criteria: 1) tepetates developed from volcano-

sedimentary breccias without CaCO₃, 2) T3 serie's tepetates (t3) without CaCO₃, 3) t3 with CaCO₃, 4) T2 serie's tepetates (t2) without CaCO₃, 5) t2 with CaCO₃, and 6) tepetates ti with CaCO₃.

INTRODUCCION

En el marco del contrato CEE (CP-ORSTOM-Univ. de Giessen) se contempló realizar el inventario y la caracterización de los tepetates de la Cuenca de México, que incluyen una cartografía de dichas formaciones. La cartografía del Estado de Tlaxcala ha sido realizada por Werner *et al.* (1978). En esta región se identificaron las dos formaciones (T2 y T3) en las que aparecen diferentes tipos de tepetate (D1, D2, D3, D4). A partir de 1989 y con el propósito de abarcar un rango mayor de tipos de tepetates, se estudió la zona occidental de la Sierra Nevada que incluye áreas más secas que las de Tlaxcala. En este trabajo se exponen los primeros resultados referentes al contexto morfoedafológico de la zona estudiada y una primera clasificación de los tepetates. En los trabajos siguientes (Peña y Zebrowski, 1991; Peña *et al.*, 1991) se exponen las características analíticas de los tepetates.

En estos textos se emplea la letra "T" para nombrar la serie y "t" para el tepetate.

Localización y clima

La zona de estudio está ubicada en la región occidental de la Sierra Nevada, entre Chalco (lat.19°17') y las pirámides de Teotihuacán (lat.19°43'). Se ubica entre los 2,250 y 4,120 msnm y cubre una superficie aproximada de 1,250 km² (Fig. 1).

El clima de esta región varía de templado semi-húmedo en el sur y centro, a templado seco en el norte, con una estación seca y fría de noviembre a abril y una estación húmeda y caliente de mayo a octubre (Fig. 2).

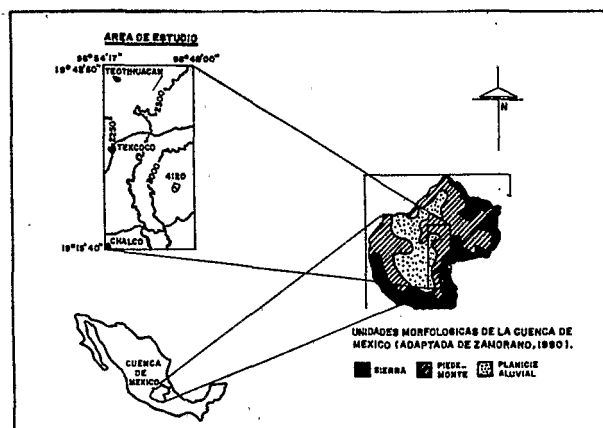


Fig. 1. Localización del área de estudio.

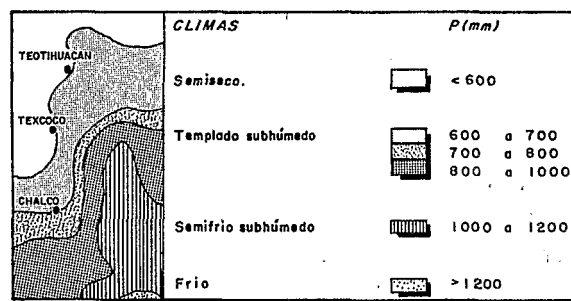


Fig. 2. Los diferentes climas.

Cuadro 1. Precipitaciones medias anuales (PMA) y temperaturas, en la vertiente occidental de la Sierra Nevada.

Sitio	Altitud msnm	PMA mm	Temp. medias de meses		
			fríos ---- °C ----	caliente	invernal %
Cima de Sierra	4120	1150	4	6	-
Río Frío	3000	1075	9.5	11.5	3.6
Texcoco	2250	625	14.6	17.4	4.6
Chalco	2240	657	13.4	16.9	4.8
Teotihuacán	2294	563	13.6	16.2	4.9

Dos secuencias climáticas explican las variaciones del clima. La primera, al nivel del lago, es latitudinal: las precipitaciones más elevadas en la región sur (657 mm anuales en Chalco), disminuyen progresivamente hacia el norte (563 mm en las pirámides). La segunda es altitudinal: las precipitaciones aumentan regularmente con la altitud mientras que las temperaturas bajan. (ver en el Cuadro 1 los cambios climáticos entre Chalco y Río Frío, así como entre Texcoco y la cima de la Sierra).

Unidades morfoedafológicas y materiales originales

Las unidades morfoedafológicas mayores son de arriba hacia abajo: la Sierra volcánica, los volcanes aislados, el piedemonte y la planicie aluvial.

La Sierra volcánica

A una altitud mayor a 2,800 msnm, la Sierra con substrato de andesita y dacitas, es un macizo con pendientes relativamente suaves (15 a 30%), pero disectado por barrancas profundas. Está cubierta por cenizas volcánicas andesíticas recientes menores de 10,000 años (Miehlich, 1991), a partir de las cuales se han desarrollado Andisoles. Frecuentemente, estas formaciones se encuentran también en las partes altas del pie de monte, constituyendo capas delgadas que tienden a desaparecer rápidamente por erosión.

Los volcanes aislados

Los volcanes aislados se encuentran sobre los piedemontes y la planicie aluvial, ubicados principalmente en la parte septentrional de la zona de estudio. Están repartidos según dos líneas de fracturas. Una orientada de suroeste a noreste (desde Ayotla hasta Ciudad Sahagún) y la otra, de este a oeste al nivel de Xometla. Estos volcanes se encuentran formando pequeñas cadenas o en forma de conos aislados, algunos bien definidos y otros afectados en diferentes

grados por la erosión. Los suelos son de escaso espesor y poco desarrollados (Entisoles).

Los Piedemontes

El piedemonte occidental de la Sierra Nevada, entre 2,800 y 2,250 msnm, tiene una pendiente suave (7 a 10%) longitudinal, pero está disectado por numerosas barrancas, de tal forma, que parece estar constituido por lenguas aplanadas en su parte cimera. En la parte baja del piedemonte, extensas superficies, poco disectadas, tienen una pendiente todavía más débil (3 a 4%) y regular en forma de "glacis".

Los materiales originales descritos a través de una secuencia cronológica se presentan a continuación:

- La parte basal de los depósitos está constituida por materiales dacíticos de gran espesor (nubes ardientes de cenizas, lapilli y bloques) poco alterados. Localmente algunas brechas o coladas de lava cubren estas formaciones.

- Una segunda serie de depósitos, ya alterados, de color pardo rojizo vivo, cubre este conjunto. Por su similitud con la reportada en el Estado de Tlaxcala se consideró como la formación T3, cuya edad es mayor de 20,000 años. Dicha serie consiste de flujos piroclásticos intercalados con depósitos de cenizas y lapilli, que frecuentemente han sido retransportados por la acción del agua. Se presenta en una sucesión de capas en las cuales las más duras y macizas (tepetates t3) subyacen a otras menos macizas, bien estructuradas, aunque coherentes, con abundantes cutanes. Estas últimas corresponden a paleosuelos. Los minerales pesados ricos en hornblenda permiten, además del color, identificar a esta serie. En las partes altas (húmedas) del piedemonte las arcillas que se encuentran en estos depósitos son haloisitas 10 Å, mientras que en las partes bajas (más secas), las arcillas son haloisitas 7 Å. En las partes bajas presentan, además, algunas capas delgadas sub-horizontales y concreciones más o menos verticales de carbonato de calcio.

- Una tercera serie de depósitos corresponde, sin duda, a la formación T2 (13,500 años) descrita en Tlaxcala. En efecto en la parte baja del piedemonte, esta serie que no sobrepasa los dos metros de espesor, está constituida por un suelo gris oscuro, vértico, más amarillo en profundidad, bajo el cual se encuentra una capa masiva y dura (t2) que aflora a la superficie por erosión del suelo superior. En la base de esta serie, es posible definir hasta dos niveles de tepetate, los cuales están separados por una capa contrastantemente friable de arcilla gris. Hidalgo *et al.* (1991) utilizan t2a y t2b para designar el nivel superior e inferior de tepetates, respectivamente. La presencia de hiperstenas en gran cantidad caracteriza la fracción pesada de las arenas. Las arcillas están constituidas por una mezcla de esmectitas y haloisitas. La presencia de carbonatos de calcio en forma de micelios es casi general. En la parte alta del piedemonte los suelos desarrollados a partir de esta serie T2 presentan características morfológicas y mineralógicas diferentes: a) tienen un color más pardo y a menudo presentan manchas negras de óxidos de manganeso, b) las propiedades vérticas disminuyen, c) la haloisita de 10 Å reemplaza a la esmectita y d) los carbonatos de calcio desaparecen.

- Finalmente, esta serie está cubierta por una capa delgada (10 a 40 cm) coluvio-aluvial que puede estar mezclada con aportes recientes de cenizas volcánicas.

En este piedemonte fue posible identificar tanto a los tepetates de la serie T3 como a los de la serie T2, en sus formas sin y con carbonatos.

En el norte, especialmente en la zona de Otumba, los piedemontes tienen una pendiente suave (2 a 5%). La identificación de las series T3 y T2 no ha sido posible. Los materiales originales en unos casos son, sin duda, flujos piroclásticos de color amarillo a pardo rojizo, comúnmente cubiertos por la capa coluvio-aluvial, cuando ésta no ha sido erosionada; además la presencia de carbonatos de calcio es general. En otros casos, bajo la capa coluvio-aluvial se encuentra un suelo arcilloso masivo y duro, cuya parte superior presenta abundantes

capas sub-horizontales de carbonatos de calcio de 0.5 a 2 cm de espesor. Estos materiales fueron considerados como tepetates por su dureza y han sido llamados "indefinidos", *ti*, por analogía con t2 y t3. Además de esas formaciones, en algunos piedemontes orientados hacia el este o al norte se encuentra un depósito amarillo, suelto, típicamente eólico. Es equivalente a la formación T1 que se encuentra en la vertiente oriental de la Sierra Nevada (Werner *et al.* 1978; Werner, 1988). No presenta tepetate.

Los suelos característicos de los piedemontes consisten de Inceptisoles, Mollisoles y Alfisoles.

La zona aluvial

- Excepto unos valles incluidos en el piedemonte, la mayoría del sistema aluvial está representado por una planicie que corresponde al antiguo lago de la Cuenca de México. Los suelos, de textura variable según los aportes, son profundos y sin tepetate. Dominan los Mollisoles.

DISCUSION Y CONCLUSION

Las formaciones duras y macizas (tepetates) se ubican en los piedemontes, tanto aflorando en la superficie como cubiertos por otros depósitos a diferentes profundidades. Estas formaciones consisten, en general, en una sucesión de depósitos de tipo flujos piroclásticos *in situ* y a veces retransportados. La sobreposición de depósitos parece ser necesaria para la existencia de los tepetates.

La identificación de estos depósitos no presenta dificultad en el caso de T2 y T3 en las partes bajas del piedemonte occidental de la Sierra Nevada, pero es difícil en la partes altas debido a las condiciones climáticas más húmedas, las cuales han originado suelos con propiedades diferentes. En el segundo caso, además de los criterios de campo como la estratigrafía (seguimiento de la serie T2 a través de secuencias altitudinales) y el color, la composición de los minerales pesados, fue indispensable para la identificación de las citadas series.

En el caso de las formaciones Ti no ha sido posible correlacionarlas con ningunas otras formaciones. La ausencia de secuencias cronológicas, debido al troncamiento de los depósitos, no permitieron identificar las series T2 y T3. Aunque, también, es posible que estas últimas series no hayan llegado a la zona norte y las formaciones encontradas se originaron de volcanes diversos. La diferencia entre la composición mineralógica de las arcillas de los depósitos de la serie T3 (haloisita) y las de los depósitos de la serie T2 (esmeclitas) permiten afirmar que los primeros han sido meteorizados en un clima más húmedo. Una fase de erosión intensa ocurrida entre estas dos fases de pedogénesis, se manifiesta tanto por los rasgos de erosión evidentes en la formación T3, como por la presencia de cantos rodados entre estas dos series.

Finalmente es obvio, como lo subraya Dubroeuq *et al.* (1989), que el clima juega un papel importante tanto en la existencia de los tepetates como en sus características. Los tepetates más duros y los más ricos en carbonatos de calcio aparecen en zonas más secas.

La clasificación de los tepetates de esta zona toma en cuenta criterios estratigráficos (cronológicos) y climáticos (la presencia o no de carbonatos de calcio), los cuales permitieron identificar a seis tipos diferentes:

- tepetates desarrollados a partir de brechas sedimentarias volcánicas (sin CaCO_3),
- tepetates t3 sin CaCO_3 ,
- tepetates t3 con CaCO_3 ,
- tepetates t2 sin CaCO_3 ,
- tepetates t2 con CaCO_3 ,
- tepetates ti con CaCO_3 .

LITERATURA CITADA

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

HIDALGO, C., P. QUANTIN y C. ZEBROWSKI. 1991. La cimentation des tepetates t2 et t3 de San Miguel Tlaixpan (P. 30-Texcoco, México); étude de la silicification. Memoria del primer simposio internacional sobre los suelos volcánicos endurecidos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

MIHLICH, G. 1991. Chronosequences of volcanic ash soils. *Hamburger Bodenkundliche Arbeiten*. Band 15. Hamburgo, Alemania.

PEÑA, H., D. y C. ZEBROWSKI. 1991. Caracterización física y mineralógica de los tepetates de la vertiente occidental de la Sierra Nevada. Mem. Ier Simp. Int. Suelos Volc. Endurecidos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

PEÑA, H., D., M. E. MIRANDA M., C. ZEBROWSKI y H. M. ARIAS, R. 1991. Resistencias de tepetates en la vertiente occidental de la Sierra Nevada. Mem. Ier Simp. Int. Suelos Volc. Endurecidos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

WERNER, G., H. AEPPLI, G. MIEHLICH y E. SCHÖNHALS. 1978. Los suelos de la Cuenca Alta de Puebla-Tlaxcala y sus alrededores. Fundación alemana para la investigación científica. Proyecto Puebla Tlaxcala. VI.

WERNER, G. 1988. Los suelos en el Estado de Tlaxcala. El proyecto México de la fundación alemana para la investigación científica.