



Foresta Veracruzana

ISSN: 1405-7247

lmendizabal@uv.mx

Recursos Genéticos Forestales

México

Meza Pérez, Enrique; Geissert Kientz, Daniel  
Estructura, agregación y porosidad en suelos forestales y cultivados de origen volcánico del Cofre De  
Perote, Veracruz, México  
Foresta Veracruzana, vol. 5, núm. 2, 2003, p. 0  
Recursos Genéticos Forestales  
Xalapa, México

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49750209>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's homepage in redalyc.org

redalyc.org

Scientific Information System  
Network of Scientific Journals from Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal  
Non-profit academic project, developed under the open access initiative

## ESTRUCTURA, AGREGACIÓN Y POROSIDAD EN SUELOS FORESTALES Y CULTIVADOS DE ORIGEN VOLCÁNICO DEL COFRE DE PEROTE, VERACRUZ, MÉXICO

Enrique Meza Pérez y Daniel Geissert Kientz\*

### Resumen

La forma y la estabilidad de la estructura del suelo juegan un papel importante en la aereación, el almacenamiento y el flujo de agua y nutrientes, en la penetración y el desarrollo de las raíces. La agregación y los cambios de estructura por efecto del cultivo, no son bien conocidos en suelos de origen volcánico. El objetivo de este estudio consistió en describir la estabilidad y la distribución de los agregados y la porosidad, examinar su relación con otras propiedades edáficas y sus cambios inducidos por el cultivo. Los suelos (Humic Udivitrland, USDA Soil Taxonomy) fueron muestreados en tres sitios de bosque de pino y tres sitios cultivados. La estabilidad de los agregados es moderadamente elevada (44-80%) y el diámetro medio ponderado (DMP) indica que la estructura del suelo es moderadamente estable a estable. Sin embargo, todos los suelos muestran cierta disminución a largo plazo de la estabilidad de los agregados (50 años de cultivo de papa), debido a la destrucción parcial de los macroagregados, mientras que la proporción importante de microagregados se conserva. La porosidad total del suelo es variable (44-91%), pero es generalmente más elevada en los horizontes superficiales (65%) que en los subsuperficiales (56%). Bajo cultivo, esta porosidad disminuye como consecuencia de la reducción de los macroporos ( $> 10 \mu\text{m}$ ), producida por la desintegración de la macroestructura. Las variaciones en la agregación y la porosidad del suelo se correlacionan sobre todo con los contenidos de carbono orgánico total y de arena fina, pero no son siempre significativos entre bosque y cultivo, debido a la complejación del carbono orgánico por los minerales amorfos de Al y de Fe, y a la fuerte microestructura, que protegen el suelo de la degradación, aún después de ser cultivados por mucho tiempo.

### Abstract

The form and stability of soil structure are important for soil aeration, storage and transmission of water and nutrients, as well as root penetration and development. Soil aggregation and tillage-induced changes to soil structure are not well understood in volcanic ash soils. The objective of this study was to describe aggregate stability, aggregate size distribution, and porosity, and to examine their relationships with some soil properties, and their changes induced by arable cropping. Soil samples (Humic Udivitrland, USDA Soil Taxonomy) were collected from three sites under Pine forest, and three sites on arable land. Aggregate stability is moderately high (44-80%) and MWD indicates that soil aggregation is moderately stable to stable. All soils show a relative decline in aggregate stability under long-term (50 years of potato) cropping, because of macroaggregates breakdown, while microaggregates remain constant. Soil porosity is variable (44-91%) but generally higher in topsoil (65%) than in subsurface horizons (56%). Porosity decreases under cropping as a consequence of macropores ( $> 10 \mu\text{m}$ ) reduction produced by macrostructure disintegration. Soil aggregation and porosity changes are mostly correlated to total OC and fine sand contents, but are not always appreciable because of the complexation of organic carbon with amorphous forms of Al and Fe and a strong microstructure, which protect these soils from degradation, even after long-term cropping.

**Palabras clave:** Andisol, estabilidad de agregados, suelo forestal.

### Introducción

Las partículas elementales del suelo (arcilla, limo y arena) están unidas principalmente por la materia orgánica para formar agregados. La materia orgánica y otros agentes de unión estabilizan el arreglo que existe entre los espacios porosos y las partículas sólidas (Tisdal y Oades,

1982). Los suelos con buena estructura favorecen el flujo de aire, de agua y de nutrientes a través de los espacios porosos, y ofrecen una resistencia natural a los embates del uso agrícola intensivo y del impacto de la lluvia y del viento. Por lo tanto, se puede considerar que el tamaño, la forma y la

\* Instituto de Ecología, A.C. Apartado Postal 63, C.P. 91000. Xalapa, Veracruz, México. Correo electrónico: geissert@ecologia.edu.mx

organización del conjunto de poros y agregados son factores clave de la calidad del suelo.

Los suelos con agregados de poca cohesión e inestables son los más susceptibles a sufrir daños estructurales. Un suelo inestable puede tener una buena estructura, pero sus agregados se desintegran fácilmente bajo el efecto de la lluvia o de la labranza. Cuando esto sucede, se forma a menudo un encostramiento superficial, verdadero sello que obstaculiza la germinación de las plantas, reduce la porosidad e incrementa la erosión.

La degradación de la estructura del suelo a causa del uso agrícola ha sido documentada en numerosos estudios (Low, 1972; Elliot, 1986). Generalmente, se traduce en una disminución de la estabilidad estructural y un aumento de los microagregados estables al agua a expensas de los macroagregados (Vidal *et al.*, 1981). Así mismo, resulta del efecto combinado de la pérdida de la materia orgánica, de la disminución de la porosidad y del aumento de la densidad aparente del suelo.

Los suelos de origen volcánico o Andisoles, presentan características físicas que favorecen una buena estabilidad estructural y una apreciable resistencia a la desagregación. Las principales de estas características son: densidad aparente baja, porosidad elevada con importante microporosidad, cantidad importante de microagregados estables en agua y formación de complejos con la materia orgánica y los minerales amorfos de Fe y Al, muy estables (Shoji *et al.*, 1993). Sin embargo, en México, los efectos de la transformación de los Andisoles forestales a cultivados no han sido muy estudiados. Las primeras evaluaciones realizadas en la región del Cofre de Perote indicaron que la conversión de bosque a cultivo causó un incremento de la densidad aparente y del contenido de arena, una disminución de la porosidad y la desecación del suelo, además de la pérdida parcial de la materia orgánica y de los nutrientes (Geissert y Ramírez, 2000). Al desecarse el suelo, la retención de agua a capacidad de campo y al punto de marchitez permanente disminuye en forma irreversible hasta un 50% (Meza, 1996). En dichos estudios, no se ha propuesto ningún análisis susceptible de explicar la razón y la magnitud de estos cambios. Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue analizar la estabilidad de los agregados, la distribución de los agregados por tamaño, la porosidad y la retención de agua en Andisoles forestales y cultivados del Cofre de Perote, e identificar su relación con otras propiedades del suelo.

## Material y métodos

El área de estudio se localiza en la ladera noroccidental del macizo montañosos del Cofre de Perote, entre 3000 y 3600 m de altitud. El clima es templado semifrío y subhúmedo, con lluvias de verano (Medina y Angulo, 1990). El material parental de los suelos es de cenizas de andesitadacita de espesor variable del Pleistoceno superior, cubriendo una lava andesítica. El muestreo se realizó en los ejidos de El Conejo y Los Pescados, del municipio de Perote, en tres sitios con uso forestal y tres sitios cultivados. Los sitios de bosque corresponden a comunidades de pino-encino y pino-abeto, con estrato herbáceo natural de gramíneas y en ocasiones, con sotobosque de escobillo (*Baccharis conferta*). En los sitios cultivados, se realiza el monocultivo de papa, o cultivos de papa con trigo o con haba, durante un período continuo de unos 50 años. Los suelos estudiados se clasificaron como Typic Udivitrand (Pece 1 y Pece 2) y Humic Udivitrand (Pece 5 y Pece 6; Cone 13 y Cone 14). Se muestrearon los horizontes superficiales A1 forestales y Ap cultivados, con una profundidad promedio de 20 cm.

La estabilidad estructural y la distribución por tamaño de los agregados estables al agua, se determinaron por duplicado en muestras conservadas en húmedo, con el método de Yoder (1936). Las mallas de los tamices usados fueron: 4.76 mm, 2.0 mm, 1.0 mm, 0.5 mm, 0.25 mm y 0.149 mm. La estabilidad estructural se calculó con la fórmula:

$$\% EE = \frac{\text{Peso (agregado + arena)} \times 100}{\text{Peso inicial} - \text{Peso arena}}$$

Los tipos de agregados considerados fueron: microagregados (< 0.25 mm), mesoagregados (0.25-2.0 mm) y macroagregados (> 2.0 mm). El diámetro medio ponderado (DMP) se usó como índice de comparación de la distribución de los agregados:

$$DMP \text{ (mm)} = \sum \left( \frac{\text{diám. medio de clase de tamaño}}{\% \text{ agregados por clase}} \right)$$

La retención de agua se determinó por duplicado sobre muestras secadas al aire con uso de la olla y membranas de presión, aplicando presiones entre 10 y 2000 kPa; se determinó la capacidad de campo (CC) a 30 kPa y el punto de marchitez permanente (PMP) a 1500 kPa.

La porosidad total se calculó a partir de la diferencia entre la densidad real y la densidad

aparente. La macroporosidad ( $> 0.01$  mm), la mesoporosidad ( $0.01-0.001$  mm) y la microporosidad ( $< 0.001$  mm) se determinaron a partir del cálculo del diámetro de poro equivalente a una tensión de retención de agua con la relación:  $d = 0.3/h$ , con  $d$  (cm) = diámetro equivalente de poro y  $h$  (cm) = altura de la columna de agua. El volumen de porosidad correspondiente se obtuvo a partir de la curva de retención de agua.

Además, se determinaron por duplicado la densidad real (con picnómetro), la densidad aparente (con el método del cilindro), la granulometría (método de la pipeta, con destrucción de la materia orgánica y dispersión con hexametáfosfato de sodio) y el contenido de carbono orgánico (CO) (método de Walkley-Black).

### Resultados y discusión

La estabilidad estructural (EE) es de 80% en los horizontes forestales y 62% en los horizontes cultivados (diferencia significativa con  $p = 0.08$ )

(tabla 1). Esta diferencia indica una pérdida de la estabilidad estructural, la cual se manifiesta también en la distribución de los agregados por tamaño. En los horizontes cultivados, la proporción de macroagregados ( $> 2$  mm) y de mesoagregados ( $0.25 - 2$  mm) disminuye, mientras que la cantidad de microagregados ( $< 0.25$  mm) aumenta (de 47 a 56%;  $p = 0.07$ ). El valor de DMP, igual a 1.2 mm en bosque y 0.9 mm en cultivo ( $p = 0.08$ ) confirma que al cultivarse el suelo ocurre una disminución de la estabilidad estructural. Sin embargo, esta disminución es moderada y, de acuerdo a la clasificación de estabilidad propuesta por Le Bissonnais y Le Souder (1995), la estructura es moderadamente estable en todos los horizontes. La estabilidad estructural se correlaciona fuertemente con el contenido de CO ( $r = 0.88$ ;  $p = 0.002$ ) y con la microporosidad ( $r = 0.97$ ;  $p = 0.001$ ). Asimismo, el DMP se correlaciona con la retención de agua al PMP ( $r = 0.83$ ;  $p = 0.04$ ). Dichas relaciones indican que la disminución de la estabilidad estructural es causada por la pérdida del carbono orgánico del suelo, lo que provoca una reducción de la microporosidad y del contenido de agua al PMP.

**Tabla 1.** Valor de los parámetros de estructura en los horizontes superficiales de los suelos de bosque y de cultivo del Cofre de Perote (Anova,  $n = 6$ ; N.S. = no significativo).

Variable	Bosque	Cultivo	Valor de p
EE (%)	80	62	0.08
DMP (mm)	1.2	0.9	0.1
Microagregados (%)	47	56	0.07
Mesoagregados (%)	34	29	N.S.
Macroagregados (%)	22	13	0.1
Porosidad total (%)	65	67	N.S.
Macroporosidad (%)	21	30	N.S.
Mesoporosidad (%)	16	20	0.1
Microporosidad (%)	28	20	0.06
CC (%)	43	34	0.1
PMP (%)	21	13	0.03
Agua aprovechable (%)	22	20	N.S.
Arcilla (%)	12	9	0.08
Limo fino (%)	23	19	N.S.
Limo grueso (%)	46	45	N.S.
Arena fina (%)	13	17	N.S.
Arena gruesa (%)	6	11	0.1
CO (%)	6.7	3.4	0.06
da ( $\text{Mg m}^{-3}$ )	0.5	0.7	N.S.

La densidad aparente (da) de los horizontes varía entre  $0.1$  y  $1.2 \text{ Mg m}^{-3}$ . Sin embargo, los valores promedio para los horizontes cultivados ( $0.7 \text{ Mg m}^{-3}$ ) son sólo levemente superiores a los de bosque ( $0.5 \text{ Mg m}^{-3}$ ), siendo la diferencia no significativa. Los valores bajos de la densidad aparente se deben al desarrollo de una estructura porosa. La porosidad total del suelo es relativamente elevada y todavía más alta en los horizontes cultivados que en los forestales, sin que haya una diferencia significativa.

En los horizontes forestales, la microporosidad representa la mayor proporción de la porosidad total (28%), mientras que en los cultivados, es la macroporosidad (30%). Al cultivar el suelo se produce una reducción de la microporosidad, un aumento relativo de la mesoporosidad y un aumento más fuerte de la macroporosidad. La macroporosidad se relaciona con la porosidad total ( $r = 0.87$ ;  $p = 0.02$ ) y ésta con la densidad aparente ( $r = -0.82$ ;  $p = 0.04$ ), lo cual significa que la baja

densidad aparente del suelo se debe sobre todo a la macroporosidad. El valor de la porosidad total no siempre refleja todos los cambios de porosidad que pueden ocurrir en un suelo cultivado, especialmente cuando éstos se manifiestan en la distribución del tamaño de los poros.

Los valores de la retención de agua a la capacidad de campo y al punto de marchitez permanente son representativos para Andosoles vítricos. En los horizontes cultivados, tanto los valores de CC como los de PMP disminuyen; sólo la disminución de PMP es significativa. Al contrario, el contenido de agua aprovechable para las plantas no muestra cambios significativos entre ambos tipos de horizontes. Todos los horizontes se caracterizan por una cantidad relativamente importante de agua aprovechable, pero la cantidad de agua higroscópica es baja. La retención de agua a PMP se correlaciona fuertemente con la microporosidad ( $r = 0.97$ ;  $p = 0.001$ ) y con el contenido de CO ( $r = 0.83$ ;  $p = 0.04$ ), lo cual indica que la retención de agua se realiza sobre todo en la microporosidad y es favorecida por el contenido de materia orgánica.

De acuerdo con las conclusiones de Shepherd *et al.* (2001) sobre los cambios estructurales en suelos sometidos a uso agrícola de corto, mediano y largo plazo, la pérdida de C orgánico puede atribuirse a la exposición repetida y la consecuente aereación y oxidación de distintas fracciones orgánicas relacionadas con los macroagregados y la macroporosidad. Pero también puede atribuirse a la mineralización, por parte de los microorganismos descomponedores del suelo, del CO antes ocluido en la microporosidad y ahora expuesto, debido al deterioro de la estabilidad estructural y de la desintegración de los agregados.

### Conclusión

A pesar de un uso agrícola continuo de más de 50 años, los suelos Udivitrands del Cofre de Perote no sólo conservan una microestructura bien desarrollada, sino también una estabilidad estructural relativamente elevada, a pesar de la pérdida de casi la mitad del contenido original de carbono orgánico. Esto confirma por un lado, que los Andisoles son suelos resistentes a la degradación y por otro, que factores tales como la mineralogía y la cantidad, tipo y ubicación del carbono orgánico dentro de los agregados, contribuyen también a la estabilización de la estructura.

### Literatura citada

- ELLIOT, E.T. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Am. J.* 50:627-633.
- GEISSERT D. y RAMÍREZ, M.S. 2000. Propiedades físicas y químicas de un suelo volcánico bajo bosque y cultivo en Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 2(1):31-34.
- LE BISSONNAIS, Y. & LE SOUDER, C. 1995. Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion. *Etudes et Gestion des Sols* 2(1):43-56.
- LOW, A.J. 1972. The effect of cultivation on the structure and other physical properties of grassland and arable soils (1945-1970). *Journal of Soil Science* 23:363-380.
- MEDINA, M.E. y ANGULO, M.J. 1990. Atlas climático del municipio de Perote. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Ver. 48 p.
- MEZA, P.E. 1996. Estudio comparativo de las propiedades físicas e hídricas entre los Andosoles de cultivo y bosque del Cofre de Perote, estado de Veracruz, México. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 191 p.
- SHEPHERD, T.G.; SAGGAR, S.; NEWMAN, R.H.; ROSS, C.W. and DANDO, J.L. 2001. Tillage-induced changes to soil structure and organic carbon fractions in New Zealand soils. *Aust. J. Soil Res.* 39-3:465-490.
- SHOJI, S.; NANZYU, M. and DAHLGREN, R. 1993. Volcanic ash soils: Genesis, properties and utilization. *Developments in Soil Science* 21. Elsevier. 288 p.
- TISDAL, J.M. and OADES, J.M. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 33: 141-163.
- VIDAL, I.; FERNÁNDEZ, B. y DUARTE, N. 1981. Influencia de cuatro métodos de labranza sobre la velocidad de infiltración y estabilidad de los agregados del suelo. *Agricultura Técnica* 41(2):83-88.
- YODER, R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *J. Am. Soc. Agron.* 28:337-351.

**Aceptado en marzo de 2003**