

HISTORIA Y DESARROLLO DE LA CLASIFICACIÓN DE VERTISOLES EN EL SISTEMA FAO Y LA TAXONOMÍA

History and Development of the Classification of Vertisols in the FAO System and Taxonomy

E. Sotelo R.^{1‡}, M. del C. Gutiérrez C.¹, G. Cruz B.², C. A. Ortiz S.¹ y M. A. Segura C.³

RESUMEN

Los Vertisoles son uno de los suelos más productivos en México y el mundo, por su alta fertilidad natural, la cual se debe a la capacidad de intercambio catiónico y alta retención de humedad. Éstos son excelentes en la producción de hortalizas, como cebolla, sandía, jitomate y melón. Además, producen los mejores rendimientos de maíz, trigo y sorgo. Sin embargo, se carecen de estudios que integren el conocimiento sobre estos suelos; por lo tanto, esta investigación tiene como objetivos: 1) conocer los diferentes nombres que se le dieron a los Vertisoles en la evolución de la clasificación de suelos; 2) describir sus propiedades y características para su identificación y clasificación; y 3) conocer los cambios recientes en la clasificación de Vertisoles. Esta investigación consistió en realizar una revisión de la historia de la clasificación de los Vertisoles en el sistema de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) o la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) y la Taxonomía de suelos, dos de los principales sistemas utilizados en el mundo. Los suelos conocidos actualmente como Vertisoles fueron llamados Pedocals, Rendzinas y Grumosoles, los cuales se definieron con base en propiedades, como contenido de arcilla (> 30%) y grietas; posteriormente, a mediados del siglo XX en el marco del 6° Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo, se propuso el nombre de Vertisoles, el cual se aceptó y se ha desarrollado en los principales sistemas de clasificación. Como Orden de suelos, los Vertisoles en la Taxonomía de 1960 tenían dos Subórdenes, la de 1975 cuatro y la de 2006 tiene seis Subórdenes. Con

respecto al sistema FAO de 1970, la unidad de Vertisol tenía dos Subunidades y la WRB 2006 está compuesta de 15 Subunidades.

Palabras clave: *Ciencia del Suelo, orden de suelo, suborden de suelo, unidad y subunidad.*

SUMMARY

Vertisols are the most productive soils in Mexico and the world, because of their high natural fertility, which is the product of cation exchange capacity and high moisture retention. These soils are excellent for vegetable crops, such as onion, watermelon, tomato, and melon. Moreover, they produce the best yields of corn, wheat, and sorghum. However, there are no studies that integrate the existing knowledge of these soils. This study was conducted to 1) identify the different names that were given to the Vertisols during the evolution of soil classification; 2) describe their properties and characteristics for their identification and classification; and 3) determine the recent changes in the classification of Vertisols. The history of Vertisol classification in the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) system or World Reference Base for Soil Resources (WRB) and Soil Taxonomy, two of the principal systems used in the world was reviewed. These soils currently known as Vertisols were called Pedocals, Rendzinas, and Grumosols, which were defined based on properties such as clay content (> 30%) and cracks; later on, in mid-twentieth century during the 6th International Congress of Soil Science, the name Vertisols was proposed and accepted, and it has been developed in the main classification systems. As a soil order, in the taxonomy of 1960 the Vertisols had two suborders, the 1975 four, and the 2006 six. With regard to the 1970 FAO system, the Vertisol unit had two Subunits and the WRB 2006 comprises 15 subunits.

Index words: *Soil Science, soil order, soil suborder, unit and subunit.*

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, Estado de México.

[‡] Autor responsable (sotelo@colpos.mx)

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D. F.

³ Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10. Torreón, Coahuila, México.

INTRODUCCIÓN

La clasificación de los suelos surge con el propósito de organizar el conocimiento de éstos para que sus propiedades puedan ser recordadas y sus relaciones puedan ser entendidas. Dar un nombre a un suelo va unido al propósito de ubicar su localización y la superficie que ocupa; esto es plasmar la información en un mapa para que sea posible utilizarla, de una manera más fácil a través de un sistema de información geográfica (Porta *et al.*, 2003).

El nombre Vertisol deriva del latín *vertex* que significa mezclado. Son suelos que presentan 30% o más de arcilla en todos los horizontes hasta una profundidad de 50 cm, caras de deslizamiento, agregados en forma de cuña y grietas que se abren y se cierran periódicamente. El contenido de arcilla puede ser hasta del 90%, en particular para Vertisoles que se originan de depósitos piroclásticos. Además, éstos tienen cambios pronunciados en el volumen con la variación del contenido de humedad y evidencias de movimiento del suelo en las caras de deslizamiento (Soil Survey Staff, 2003; IUSS Working Group WRB, 2006).

En general, los Vertisoles tienen un color oscuro y carecen de horizontes distintivos; las arcillas que dominan son las esmectitas, las cuales tienen una alta capacidad de intercambio catiónico, lo que hace que estos suelos tengan una alta fertilidad natural (Coulombe *et al.*, 1996; Soil Survey Staff, 1999).

Por lo tanto, este estudio tiene como objetivos: 1) conocer los diferentes nombres que se le dieron a los Vertisoles en la evolución de la clasificación de suelos; 2) describir sus propiedades y características para su identificación y clasificación; y 3) conocer los cambios recientes en la clasificación de Vertisoles.

RESULTADOS

Historia de los Vertisoles

En los días iniciales de la clasificación de suelos, los Vertisoles se agruparon dentro del Orden "Pedocals", los cuales cubrían el continuo de tierras negras, suelos castaños, grises y desérticos pardos. Esta secuencia de tierras negras representan suelos desarrollados en ambientes subhúmedos secos a áridos bajo vegetación de estepa. Los suelos son normalmente profundos, con alto contenido de bases y con horizontes superficiales de color oscuro. Sin embargo, algunos muestran

acumulación de cal libre, a una profundidad la cual varía de acuerdo con la lluvia (ISSS-ISRIC-FAO, 1994).

Desde principios de 1898, los suelos negros cubren una parte sustancial de la India Peninsular atrayendo la atención de científicos, debido a sus características únicas e importancia para el uso agrícola. Más tarde, los suelos negros también se estudiaron en otras partes del mundo, como Sudán y Estados Unidos, específicamente en Texas (ISSS-ISRIC-FAO, 1994).

La variedad de nombres demuestra la amplia ocurrencia de estos suelos en el mundo y sus propiedades peculiares comunes que los hacen únicos. Previo a la adopción formal del término Vertisol, diferentes nombres se utilizaron alrededor del mundo para designar estos suelos de expansión-contracción, los cuales son importantes para la agricultura por su fertilidad natural alta y porque soportan una gran diversidad de cultivos, incluyendo hortalizas, granos y pastizales. Por consiguiente, los Vertisoles se llamaron de diferente forma según: color, uso, manejo y tipo de arcilla (Boul *et al.*, 1973; ISSS-ISRIC-FAO, 1994). Los primeros nombres que se le dan a estos suelos se mencionan a continuación. **Tschernosems.** Glinka (1914) menciona que en los primeros tiempos estos suelos se clasificaron como Tschernosems por los edafólogos rusos quienes reportaron que su formación tenía lugar donde había gran humedad y temperatura óptima para provocar el intemperismo mineral y la formación de humus. Éstos se forman en climas semiáridos asociados a veranos calientes e inviernos fríos; se encuentran en forma frecuente en terrenos ligeramente ondulados o llanuras. La vegetación nativa era pastos de las estepas rusas (Glinka, 1914; De Sigmond, 1935).

Pedocals. Los Vertisoles se llamaron así en el primer sistema de clasificación de suelos de los Estados Unidos, el cual fue propuesto por Marbut en 1928 (De Sigmond, 1935). Este sistema tuvo gran influencia del trabajo ruso traducido por Glinka en 1914, el cual enfatiza el concepto de tipo de suelo. Presumiblemente, los Vertisoles estuvieron clasificados como Pedocals de zonas tropicales, en las categorías altas, y como suelos con perfiles de poco desarrollo, en categorías bajas, en el sistema de clasificación propuesto por Marbut. En este tiempo, la pedología era una ciencia joven y poco fue conocido acerca del fenómeno de expansión-contracción de estos suelos (Coulombe *et al.*, 1996; 2000).

Rendzinas. El sistema de clasificación de suelos de los Estados Unidos fue propuesto por Baldwin *et al.* (1938) quienes enfatizan el concepto de zonalidad; ejemplo:

zonal, intrazonal y azonales. Los Vertisoles estuvieron clasificados en el Orden de Intrazonales, Suborden de Calcimórficos y en el gran grupo de Rendzinas. Las Rendzinas se definieron como suelos oscuros derivados de materiales parentales de basaltos, calizas que presentan perfiles de 38 a 150 cm de profundidad (Oakes y Thorp, 1950; Coulombe *et al.*, 1996).

Los principales cambios para estos suelos fueron propuestos por Oakes y Thorp en 1950, concerniente a un nombre y una definición tentativa de estos suelos arcillosos de expansión-contracción. El término Rendzina se aplicó después a los suelos arcillosos profundos, como las tierras negras de Texas en Estados Unidos y Tamaulipas en México. Son arcillas oscuras profundas con temperaturas calientes (Oakes y Thorp, 1950).

Terrasols. Fue propuesto por Tavernier en 1954 de raíz griega, cuyo significado es “batir o revolver”; sin embargo, tuvo poca aceptación entre los científicos de la ciencia del suelo de la época (Oakes y Thorp, 1950; Boul *et al.*, 1973).

Grumosoles. Nombre más completo para clasificar a los suelos arcillosos, el cual fue propuesto por Oakes y Thorp en 1950. El término Grumosol se utiliza para suelos arcillosos negros u oscuros, los cuales se desarrollan bajo una gran variedad de condiciones climáticas, pero usualmente con alternativa de estaciones húmedas y secas. Su característica principal proviene de que se desarrollan de material parental que produce un alto contenido de arcillas 2:1 (montmorillonita) en un área climática definida. En la estación seca, los suelos se contraen y aparecen grietas profundas, los cuales son arcillosos y tienen la estructura migajosa de la capa superficial. Este grupo es tipificado por arcillas negras y tienen todo o más de las siguientes características en combinación: 1) textura arcillosa; 2) no tienen horizonte eluvial e iluvial; 3) estructura granular moderada en la superficie de 15 a 50 cm, masiva en las capas inferiores del perfil; 4) reacción alcalina, con integrados neutros de otros grupos; 5) alto coeficiente de expansión en húmedo y contracción en seco; 6) microrrelieve gilgai; 7) consistencia extremadamente plástica; 8) complejo de intercambio saturado con calcio o calcio y magnesio; 9) minerales de arcilla en forma dominante del grupo de la montmorillonita; 10) materiales parentales principalmente calcáreos, altos en arcilla; 11) profundidad > 25, típicamente más de 76 cm; 12) color oscuro de croma bajo; 13) contenido de materia orgánica de medio a bajo, usualmente de 1 a 3% en la superficie del suelo, decrece en forma gradual con la profundidad;

14) el intemperismo no existe o es relativamente nulo; y 15) vegetación de arbustos y sabana. Esta caracterización fue tentativa, a la cual, posteriormente, se le hicieron modificaciones; además, se adicionó información detallada de los procesos pedogenéticos y la mineralogía de estos suelos (Oakes y Thorp, 1950; Buol *et al.*, 1973; Coulombe *et al.*, 1996).

Vertisoles. En 1956, Lehman de la Universidad de Gante, Bélgica, de la Sección de Idiomas Clásicos, propuso el nombre “Vertisol”. Este nombre se propuso a la comunidad científica durante el 6° Congreso de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo, celebrado en Estados Unidos, donde se aceptó el término “Vertisol”; éste se propuso para calificar a estos suelos que tienen características de expansión-contracción. El término proviene del latín *vertex*, el cual significa auto mezclarse y *sol* suelo. Finalmente, éste se aceptó después de una amplia discusión para nombrar a los suelos arcillosos, los cuales ocupan una gran superficie sobre los continentes, porque tienen una alta fertilidad natural y porque son excelentes para la producción de granos, fibras y hortalizas. El nombre Vertisol fue seleccionado por el grupo de trabajo de Científicos de la Ciencia del Suelo reunidos en el 6° Congreso Internacional, sobre el nombre de “Terrasol” que también se propuso (Dudal y Eswaran, 1988).

El término Vertisol se adoptó después en la Séptima aproximación de la Taxonomía de suelos de 1960 como un Orden, para organizar los suelos arcillosos de expansión-contracción. Esta clasificación fue la primera que organiza a los Vertisoles como un Orden de suelos con propiedades únicas (Soil Survey Staff, 1960; Coulombe *et al.*, 1996).

Sistemas de Clasificación de los Vertisoles

Posteriormente, los Vertisoles aparecieron en la Taxonomía de suelos de 1960 y 1975, los cuales eran clasificados como un Orden (Soil Survey Staff, 1960; 1975). Los principales sistemas de clasificación de suelos que se utilizan en el mundo son la Taxonomía de suelos (Soil Survey Staff, 2006) y el Sistema de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) o la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) (IUSS Working Group WRB, 2006).

Taxonomía de Suelos. La Taxonomía se considera un sistema de clasificación morfogenético que consiste en claves para clasificar a los suelos del mundo, la cual es

publicada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y comienza en 1960. Ésta consta de seis categorías de mayor a menor que son: Orden, Suborden, Gran grupo, Subgrupo, Familia y Serie (Soil Survey Staff, 1999; 2006).

Taxonomía de Suelos de 1960 o Séptima aproximación.

Los Vertisoles de este sistema sólo tenían dos Subórdenes que eran: Aquerts y Usters (Soil Survey Staff, 1960). La Séptima aproximación se publicó en 1960, en la cual la clasificación de los Vertisoles se basó en los conceptos de gilgai (cuando no estaba laborado), slickensides (superficies de deslizamiento) y grietas durante la estación seca. El concepto de gilgai es un término de los aborígenes australianos que expresaba el microrrelieve de los suelos, como micro-lomas y micro-depresiones.

Taxonomía de Suelos de 1975. Ésta realizó más cambios a la Séptima aproximación de 1960 y presentó los siguientes criterios para la definición de los Vertisoles:

1) no tienen contacto lítico o paralítico, horizonte petrocálcico o un duripán dentro de los 50 cm de profundidad; 2) tienen 30% o más de arcilla en todos los horizontes hasta los 50 cm de profundidad o más después de haber mezclado el suelo hasta 18 cm; 3) tienen en algún momento en la mayoría de los años grietas abiertas de 1 cm de ancho y se extienden desde la superficie hasta la matriz del suelo; y 4) tienen una o más de las siguientes propiedades: gilgai, caras de fricción entre 25 a 100 cm y agregados en forma de cuña entre los 25 cm y 100 cm con sus ejes longitudinales inclinados entre 10 y 60° de la horizontal. Los Subórdenes se basaban en los períodos en que las grietas estaban abiertas; aparecieron tres más y desapareció uno de la versión anterior: Xererts, Torrerts, Uderts y Usters (Soil Survey Staff, 1975).

Taxonomía de Suelos de 1983. Con el propósito de mejorar la Taxonomía de suelos en 1981, por iniciativa del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos se creó el Comité Internacional de Clasificación de Vertisoles (ICOMERT), bajo la dirección de Juan Comerma, de la Universidad del Centro de Venezuela (Comerma, 1985), para el desarrollo de la clasificación de los Vertisoles, con los siguientes objetivos: 1) identificar los criterios ambiguos que ocasionaban definiciones imprecisas, agrupaciones equivocadas o identificación incompleta de suelos; 2) incorporar cambios en los Vertisoles, para su adecuación a zonas diferentes de las tropicales y subtropicales; 3) introducir criterios genéticos y prácticas para mejorar la clasificación; y 4) obtener las recomendaciones y los alcances de las mejoras, para

obtener una mejor clasificación de los Vertisoles. Los Subórdenes eran: Xererts, Torrerts, Uderts y Usters (Soil Survey Staff, 1983).

Taxonomía de Suelos de 1985. De 1983 a 1985 se estudiaron Vertisoles de zonas áridas y semiáridas, donde los principales problemas identificados fueron: i) la pobre relación que existe entre el drenaje y la Taxonomía; ii) la necesidad de incluir familias de acidez y de reacción calcárea; iii) definir de forma diferente el régimen ácuico para estos suelos, con base en anegamiento, y, posteriormente, de un Suborden Aquert; y iv) conveniencia de considerar altos niveles de sodio, diferentes tipos de estructura y consistencia de los horizontes superficiales, de separar Vertisoles con y sin gilgai, con y sin horizontes argílicos y los delgados de los profundos (Comerma, 1985; Soil Survey Staff, 1985). Los principales argumentos y conclusiones en la búsqueda de una nueva definición y claves para los Vertisoles, por el grupo del ICOMER, fueron:

1. *Orden.* Se determinó eliminar la opción del gilgai en cuanto a ocurrencia de caras de fricción, dejar el mismo requerimiento de profundidad, así como el espesor mínimo de 50 cm; y, por último, agregar una clasificación sobre la abundancia e inclinación de caras de fricción y/o paralelepípedos;

2. *Suborden.* Se introdujo el nuevo Suborden Aquert, considerando una modificación en la definición del régimen ácuico. En cuanto a la sección control, se sugirió saturación en la mayor parte de los primeros 50 cm por períodos de alrededor de 2-3 meses continuos o más. Se presentó la propuesta de un Suborden para climas monzónicos, los Monerts, basado en apertura y cierre de grietas una vez al año. Aunque abierto a discusión, hubo varias objeciones en cuanto a la exclusividad de la definición para climas con lluvias monzónicas;

3. *Grandes Grupos,* el principal cambio adoptado, aunque aún con cuestionamientos, fue el de la separación entre Vertisoles ácidos y no ácidos (Dístrico y Eútrico) en Aquerts, Usters y Uderts. El uso de pH en vez de saturación con Al o de bases no está sustentado con suficientes datos, así como tampoco la exclusión de pH < 5 en Vertisoles ácidos cuando las sales son superiores a 4 dS m⁻¹. Los cambios en los Grandes Grupos fueron los siguientes: a) el Gran Grupo Planaquert se suplantó, por objeciones en el nombre, por Epiaquert, pero este último requeriría modificaciones en la definición del régimen ácuico y en el uso de Epiaquic a nivel de Subgrupo; b) el Gran Grupo Orthustert se desechó al acordar no considerar el microrrelieve gilgai como

requisito de muchos Vertisoles; c) el Gran Grupo de los Torrerts, luego de amplias discusiones sobre la conveniencia o no de incluir los niveles de Na (Soditorrerts) en esta categoría y después de estudiar varios casos en campo, se decidió dejar sólo los Salitorrerts, con un horizonte sálico y saturación temporal de agua en la parte superior del suelo, y los Haplo; los sódicos pasarían a Subgrupo por no existir evidencias claras sobre sus efectos en estos suelos; y d) los Aquerts como los Xererts se incluyó un Grupo con duripán que fueron: Duriaquerts y Durixererts;

4. *Subgrupos*, se decidió incluir en la propuesta varios nuevos nombres y/o cambios en la definición de otros. Entre los nuevos nombres están: Cromic, para separar los de colores claros, dejando los oscuros dentro del Typic; Leptic, para incluir aquéllos con marcas de Vertisoles dentro de 50 cm, pero no a 1 m o más; Sodic, con 15 de porcentaje de sodio intercambiable (PSI) ó 13 de relación de absorción de sodio (RAS) dentro de 1 m; los Mazic y Grumic aún están en discusión. Los nombres usados con redefinición son: Aridic, Ustic, Udic y Xeric, definidos con base en el tiempo que las grietas permanecen abiertas y cuya longitud se estableció en función de variadas interpretaciones agronómicas; y

5. *Familias*, la división ya establecida entre las texturas fina y muy fina según clases mineralógicas, se decidió separar la calcárea y la no calcárea, la cual indudablemente no se aplicaría a los Grandes Grupos Dísticos.

Estas propuestas y claves se sometieron a discusión de todos los miembros de ICOMERT y de otras personas que desearan opinar con datos al respecto. Los Subórdenes eran: Xererts, Torrerts, Uderts y Usterts (Comerma, 1985; Soil Survey Staff, 1985).

Taxonomía de Suelos de 1992. Las versiones de 1987 y 1990 no presentaron ningún cambio con respecto a los criterios de identificación de Vertisoles. La versión de 1992 sufrió cambios importantes en cuanto a los criterios, los cuales fueron propuestos por el ICOMERT, el cual seguía trabajando con la finalidad de proponer adecuaciones y hacer más precisos los criterios de definición de los Vertisoles que se presentan en todo el mundo. Es aquí donde los criterios de clasificación de estos suelos se hacen más precisos. Los Subórdenes eran: Xererts, Torrerts, Uderts y Usterts (Soil Survey Staff, 1992; Ortiz y Gutiérrez, 1995).

Taxonomía de Suelos de 1994 y 1996. Las versiones del Soil Survey Staff (1994; 1996) reflejan un conocimiento mayor de los Vertisoles. En éstas, se le

dio mucha importancia a su formación. Se confirmó que las superficies de deslizamiento son la mayor expresión del desarrollo de la estructura pedal vértica. Se comprendió el mecanismo que desarrolla progresivamente esta estructura.

Los nuevos criterios introducidos fueron: 1) otros horizontes de diagnóstico podrían estar debajo de la zona de slickensides que fueron: cálcico, gypsico y sálico; 2) si se acidifican ligeramente los horizontes de la superficie, se comienza a mover la arcilla y puede formarse un horizonte argílico delgado; y 3) estos horizontes fueron designados por los científicos de la Ciencia del suelo como: A1, Bw1, Bw2, Bss1, Bss2 y C1k; donde, se reconoce el hecho que los slickensides y los paralelepípedos son rasgos pedales. Esta versión tiene los Subórdenes: Xererts, Torrerts, Uderts y Usterts (Soil Survey Staff, 1994; 1996).

Taxonomía de Suelos de 1999. La versión de 1998 no presenta cambios, y reconoce que el fenómeno de expansión-contracción del suelo es el responsable de la génesis y comportamiento de los Vertisoles; sin embargo, éste es tan complejo y dinámico, que no ha sido completamente entendido. La presencia de slickensides es la que diferencia a los Vertisoles de otros suelos. Su alto contenido de arcilla, las grietas que se abren y cierran, los agregados en forma de cuña y la formación de slickensides, son los marcadores morfogénicos que, cuando están juntos, indican las propiedades de diagnóstico. Además, la extensibilidad lineal (LE) es otro parámetro que se toma en cuenta; el suelo probablemente corresponde a un integrado vértico de otros Órdenes (Soil Survey Staff, 1999).

A partir de esta versión se incrementan dos Subórdenes Aquerts y Cryerts; los que tenían eran: 1) Aquerts, ocurren en las llanuras costeras en asociación con Inceptisoles e Histosoles, los cuales se presentan en áreas donde el manto freático es bajo durante prolongados períodos durante el año y el suelo no estaría lo bastante seco para formar grietas. Sin embargo, se reconocen remanentes de grietas rellenas en el perfil; 2) Cryerts, ocurren en las latitudes del norte. Algunos de estos Vertisoles fríos se clasificaron previamente como Usterts, ligándolos a familias cryicas. Algunas de estos suelos muestran también los rasgos de los procesos de cryoturbación en la superficie del suelo; 3) Xererts son Vertisoles con un régimen de la humedad del suelo Xérico. Se extienden en California y en Turquía. Típicamente, las grietas están abiertas en meses del verano y cerradas durante los meses del invierno lluviosos. Estos suelos

exhiben algunas de las grietas más anchas y más profundas, y slickensides pronunciados debido al amplio contraste en las condiciones de humedad del suelo entre las estaciones. Muchos de los suelos tienen horizontes gypicos y cálcicos, y, en California, muchos suelos presentan un duripán; 4) Torrerts, generalmente ocurren en las franjas de los desiertos. El régimen de humedad en tales áreas es predominantemente árido. Los horizontes cálcico, sálico y gypico son comunes en tales suelos. Las grietas que se abren después de un temporal, se rellenan en general con arena arrastrada por el viento; 5) Usterts, ocupan el área más grande. Estos se extienden en los trópicos y regiones semi-áridas y se hallan en áreas de la India, Sudán y Etiopía. Su contraparte moderada corresponde a otras zonas templadas de Estados Unidos, México, Australia, Uruguay y Argentina. Muchos de estos suelos tienen un horizonte cálcico y algunos tienen un horizonte gypico; y 6) Uderts, están principalmente en los trópicos, donde en general se usan para el cultivo de arroz. Tales suelos se presentan en las Llanuras de Bangkok, región del Mudo del Oeste de Malasia, en las llanuras costeras de Sumatra Oriental y, en Argentina, están presentes en la Provincia de Río (Soil Survey Staff, 1999; Coulombe *et al.*, 2000).

Taxonomía de Suelos de 2003. Esta publicación del Soil Survey Staff (2003) se adhirió al Suborden de los Aquerts, el Gran Grupo de los Sulfaquerts (antes Salaquerts), y sus respectivos Subgrupos Salic, Sulfic y Typic. Los Subórdenes que se tenían en esta versión fueron: Aquerts, Cryerts, Xererts, Torrerts, Usterts y Uderts.

Taxonomía de Suelos de 2006. Es la publicación más actualizada del Soil Survey Staff (2006) y, por lo tanto, la más completa; en esta última versión no se realizaron cambios a nivel de Gran Grupo y Subgrupo. Los Subórdenes que se tienen en ésta son: Aquerts, Cryerts, Xererts, Torrerts, Usterts y Uderts.

Sistema FAO

El sistema de clasificación de los Suelos de la FAO o WRB consta de dos categorías que son la Unidad y Subunidad. Este sistema de clasificación se inicia en 1970 con la publicación de la Leyenda del Mapa de suelos del Mundo (FAO-UNESCO, 1974). La WRB tiene los objetivos siguientes: 1) desarrollar un sistema internacional aceptable para delinear el recurso suelo, el cual pueda vincularse y relacionarse con las clasificaciones nacionales, usando la Leyenda

Revisada de FAO como estructura básica; 2) proporcionar una base científica sólida a esta estructura para que también pueda servir en diferentes aplicaciones, en áreas con agricultura, geología, hidrología y ecología; 3) reconocer dentro de la estructura, importantes relaciones espaciales de suelos y horizontes del suelo como se caracterizan por topo y cronosecuencia; y 4) enfatizar la caracterización morfológica de suelos más que seguir una aproximación analítica, basada puramente en el laboratorio (ISSS-ISRIC-FAO, 1994; FAO-ISRIC y SICS, 1999; IUSS Working Group WRB, 2006).

La WRB está diseñada como un medio de comunicación sencillo entre científicos para identificar, caracterizar y nombrar tipos principales de suelos; además, sirve como un campo común entre personas con un interés en los recursos naturales y de la tierra; finalmente, es una herramienta para identificar estructuras pedológicas y su significado (FAO-ISRIC y SICS, 1999; IUSS Working Group WRB, 2006).

Leyenda FAO-UNESCO de 1974 clasificó los Vertisoles como suelos que después de haber mezclado los 20 cm superiores tienen 30% o más de arcilla en todos los horizontes hasta una profundidad no menor de 50 cm; desarrollan grietas de la superficie hacia abajo, las cuales, en algún período, tienen cuando menos 1 cm de ancho y una profundidad de 50 cm; presenta una o más de las siguientes características: microrrelieve, caras de fricción y agregados en forma de cuña (FAO-UNESCO, 1974). Los Vertisoles del Sistema FAO/UNESCO, el cual fue la primera aproximación, contaban solamente con dos Subunidades que eran: 1) Pélicos, con una intensidad de color en húmedo menor de 1.5 dominante en la matriz del suelo en los primeros 30 cm; y 2) Crómicos, otros tipos de Vertisoles (FAO-UNESCO, 1974).

Leyenda Revisada de la FAO de 1988. Los Vertisoles de esta versión tienen las siguientes subunidades: Eútrico, Dístrico, Cálcico y Gypico (FAO-UNESCO-ISRIC, 1988).

La WRB de 1994. Los Vertisoles tienen un horizonte vértico que empieza entre 25 y 75 cm de la superficie. Las Subunidades que se tienen son: Tiónico, Sálico, Sódico, Gypico, Cálcico, Dístrico, Crómico y Háptico (ISSS-ISRIC-FAO, 1994).

La WRB de 1999. Los Vertisoles presentan las siguientes características: 1) tienen un horizonte vértico dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo; 2) luego que los 20 cm superiores han sido mezclados, 30% o más de arcilla en todos los horizontes hasta una profundidad de

100 cm o más o hasta una capa contrastante (contacto lítico o paralítico, horizonte petrocálcico, petrodúrico o petrogypico, discontinuidad litológica, etc.) entre 50 y 100 cm; y 3) grietas que se abren y se cierran periódicamente (FAO-ISRIC y SICS, 1999).

Los Vertisoles en esta versión presentaban las siguientes Subunidades: Tiónico, Sáfico, Nítrico, Gypico, Dúrico, Cálcico, Álico Gypsírico, Pélico, Grúmico, Máxico, Crómico, Mezotrófico, Hiposódico, Eútrico y Háplico (FAO-ISRIC y SICS, 1999).

La IUSS Working Group WRB de 2006 tiene los mismos tres parámetros para la definición de los Vertisoles que la versión de 1999. Las Subunidades que presenta esta versión son: Grúmico, Máxico, Hipocálcico, Eútrico, Tiónico, Sáfico, Gléico, Sódico, Estángico, Mólico, Gypico, Dúrico, Cálcico y Háplico (IUSS Working Group WRB, 2006).

CONCLUSIONES

- La clasificación de Vertisoles ha tenido grandes cambios, debido a que estos suelos en un principio fueron clasificados por Marbut como Pedocals de zonas tropicales. En la clasificación de Baldwin de 1938, los Vertisoles estuvieron clasificados en el Orden de suelos Intrazonales, Suborden Calcimórficos y en el Gran grupo de Rendzinas. Posteriormente, surge una infinidad de nombres regionales, hasta que Oakes y Thorp en 1950 proponen el nombre de Grumosol. Finalmente, la Séptima Aproximación utiliza el término Vertisol, el cual se dio a estos suelos en el 6º Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo, el cual se ha conservado hasta nuestros días.

- Los Vertisoles se caracterizan porque presentan: un horizonte vértico dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo, luego que los 20 cm superiores han sido mezclados, 30% o más de arcilla en todos los horizontes hasta una profundidad de 100 cm o más o hasta una capa contrastante y grietas que se abren y se cierran periódicamente.

- Con respecto, a la Taxonomía, los Subórdenes de Vertisoles han aumentado; la versión de 1960 tenía dos Subórdenes que eran los Aquerts y Usterts; la versión de 1975 tenía cuatro Subórdenes que eran: Xererts, Torrerts, Uderts y Usterts; la versión de 1999 hasta la última de 2006 se tienen seis Subórdenes que son: Aquerts, Cryerts, Xererts, Torrerts, Usterts y Uderts.

- La clasificación de Vertisoles en el Sistema FAO de 1974 ha cambiado con respecto a las Subunidades,

las cuales en la primera versión los criterios de identificación eran más generales y solamente se tenían dos que eran: Pélicos y Crómicos.

- La clasificación de Vertisoles en la IUSS Working Group WRB 2006 ha cambiado con respecto a las Subunidades; en esta versión los criterios para identificar a los Vertisoles son más exactos y precisos; presenta las Subunidades siguientes: Tiónico, Sáfico, Gypico, Dúrico, Cálcico, Sódico, Grúmico, Máxico, Hipocálcico, Eútrico, Háplico, Mólico, Estángico, Endoléptico y Gléico.

LITERATURA CITADA

- Baldwin, M., C. E. Kellogg, and J. Thorp. 1938. Soil classification. pp. 979-1001. *In*: Soil and man. Yearbook of Agriculture. US Department of Agriculture. Washington, DC, USA.
- Boul, S. W., F. D. Hole, and R. J. McCracken. 1973. Soil genesis and classification. The Iowa State University Press. Ames, IA, USA.
- Comerma, J. A. 1985. Propuestas para la Taxonomía de Vertisoles. *Agronomía Tropical* 34: 205-212.
- Coulombe, C. E., L. P. Wilding, and J. B. Dixon. 1996. Overview of Vertisols: characteristics and impacts on society. *Adv. Agron.* 57: 289-375.
- Coulombe, C. E., L. P. Wilding, and J. B. Dixon. 2000. Vertisols. pp. E269-E286. *In*: M. E. Sumner (ed.). *Handbook of Soil Science*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- De Sigmond, A. A. J. 1935. Los principios de la ciencia del suelo. Tomo II. Sistemática y cartografía. Trad. del inglés por D. Ojeda Ortega. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Dudal, R. and H. Eswaran. 1988. Distribution, properties and classification of Vertisols. pp. 1-22. *In*: L. Wilding and R. Puentes (eds.). *Vertisols: their distribution, properties, classification and management*. Technical monograph 18. Texas A&M Printing Center. College Station, TX, USA.
- FAO-ISRIC y SICS (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-Referencia Internacional de Suelos y Centro de Información y Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo). 1999. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. FAO. Roma, Italia.
- FAO-UNESCO (Food and Agriculture Organization-United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). 1974. Soil Map of the World 1:1 000 000. Vol. I. Legend. UNESCO. Paris, France.
- FAO-UNESCO-ISRIC (Food and Agriculture Organization-United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization-International Soil Reference and Information Centre). 1988. Soil Map of the World. Revised Legend. World Soil Resources Report 60. FAO. Rome, Italy.
- Glinka, K. D. 1914. Los Grandes Grupos de suelos del mundo y su desarrollo. Trad. del alemán al inglés por C. F. Marbut. Trad. del inglés al español por D. Ojeda Ortega. Chapingo, Estado de México.

- ISSS-ISRIC-FAO (International Society of Soil Science-Information Soil Reference and Information Centre-Food and Agriculture Organization). 1994. World Reference Base for Soil Resources. FAO. Rome, Italy.
- IUSS Working Group WRB. IUSS-ISRIC and FAO (International Union of Soil Sciences-Information Soil Reference and Information Centre and Food and Agriculture Organization). 2006. World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. 2nd ed. World Soil Resources Report 103. FAO. Rome, Italy.
- Oakes, H. and J. Thorp. 1950. Dark-clay soils of warm regions variously called Rendzina, black cotton soils, Regur, and Tirs. pp. 136-149. *In*: J. V. Drew, R. B. Grossman, and H. W. Smith (eds.). Selected papers in soil formation and classification. SSSA Special Publication Series 1. Soil Science Society of America. Madison, WI, USA.
- Ortiz S., C. A. y M. C. Gutiérrez C. 1995. Clasificación de Vertisoles en la Taxonomía de Suelos Versión 1992. pp. 231-236. *In*: J. F. Ruiz Figueroa (ed.). Manejo de suelos arcillosos para una agricultura sustentable. 2a Reunión Nacional sobre Suelos Arcillosos del 10 al 14 de Noviembre de 1994. Mérida, Yucatán, México.
- Porta Casanellas, J., M. López-Acevedo Reguerín y C. Roquero de Laburu. 2003. Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente. 3a ed. Mundi-Prensa. México, D. F.
- Soil Survey Staff. 1960. Soil classification. A comprehensive system. 7th Approximation. US Department of Agriculture. Washington, DC, USA.
- Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture Handbook 436. Soil Conservation Service-US Department of Agriculture. Washington, DC, USA.
- Soil Survey Staff. 1983. Keys to Soil Taxonomy. Cornell University. Ithaca, NY, USA.
- Soil Survey Staff. 1985. Keys to Soil Taxonomy. 2nd ed. Cornell University. Ithaca, NY, USA.
- Soil Survey Staff. 1992. Keys to Soil Taxonomy. SMSS Technical Monograph 19. 5th ed. Pocahontas Press. Blacksburg, VI, USA.
- Soil Survey Staff. 1994. Keys to Soil Taxonomy. 6th ed. US Department of Agriculture-Soil Conservation Service. Washington, DC, USA.
- Soil Survey Staff. 1996. Keys to Soil Taxonomy. 7th ed. US Department of Agriculture-Soil Conservation Service. Washington, DC, USA.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd ed. US Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service. Washington, DC, USA.
- Soil Survey Staff. 2003. Keys to Soil Taxonomy. 9th ed. US Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service. Washington, DC, USA.
- Soil Survey Staff, 2006. Keys to Soil Taxonomy. 10th ed. US Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service. Washington, DC, USA.