

Procesos pedogenéticos en un modelo de sistema suelo, formado por nueve subsistemas

Pedogenetic processes in a soil system model, formed by nine subsystems

Clara Rondón de Rodríguez¹ y Graciano Elizalde Albes²

¹UNERG, San Juan de los Morros

²UCV, Agronomía, Maracay

RESUMEN

Se definen en forma precisa procesos pedogenéticos y factores de formación de suelos y se propone un modelo de estructuración del suelo como sistema, compuesto por los subsistemas plasma libre, esqueleto libre, premicroagregados, microagregados, macroagregados, terrones, concreciones, solución del suelo y subsistema biológico; delimitándose cada subsistema en base a sus propiedades físicas y/o químicas y tamaño de los elementos constituyentes. Se identifican cuatro procesos pedogenéticos; agregación, desagregación, síntesis y descomposición; y se agrupan las reacciones específicas más probables para cada proceso.

Palabras Clave: proceso pedogenético, agregación de suelos, sistema suelo, subsistema suelo.

ABSTRACT

It is defined in a precise form, pedogenetic processes and it is proposed a model for structuring a soil system made up by the subsystems: free plasma, free skeleton, pre-microaggregates, microaggregates, macroaggregates, clods, concretions and biological subsystem. All of them are delimited by their physical, chemical and biological properties and by the size of their elements. Four pedogenetic processes are identified: aggregation, disaggregation, synthesis and decomposition; grouping the most probable specific reactions for each process.

Index Words: pedogenetic processes, soil aggregation, soil system; soil subsystem

INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de identificar los procesos pedogenéticos que ocurren en el sistema suelo, se revisan los avances del conocimiento en dicha área, surgiendo la necesidad de definir en forma precisa, procesos pedogenéticos y factores de formación de suelos, ya que a pesar de ser términos manejados con mucha frecuencia en la literatura edafológica, no es fácil conseguir definiciones satisfactorias de los mismos. Los conocimientos que se manejan en la actualidad sobre la concepción del cuerpo suelo como sistema y las múltiples evidencias de la ocurrencia de los procesos de agregación y desagregación en la medida que los suelos evolucionan, conducen a proponer un modelo de estructuración del sistema suelo, compuesto por nueve subsistemas, siendo posible identificar la ocurrencia de cuatro procesos pedogenéticos, completamente diferentes a los que se han propuesto hasta ahora.

Procesos pedogenéticos

Rode (1961), en la revisión que hace desde 1882 hasta 1946 sobre procesos formadores y evolución del suelo, considera que éste es un sistema dinámico donde constantemente ocurren una serie de cambios en su composición, propiedades y condición energética, denomina a la combinación de estos cambios, procesos de formación de suelos. El autor llega a la conclusión de que los suelos evolucionan con el tiempo por acción de los procesos de formación, cuya tendencia y carácter están determinados por los factores de formación.

Numerosos autores y en diferentes épocas han realizado investigaciones para determinar o comprobar la ocurrencia de procesos pedogenéticos particulares (Muir, 1961; Yaalon, 1975; Anderson y otros, 1982; Muir y Logan, 1982; Ahmad 1983; Wilding y otros, 1983; Kemp, 1987; Bravard y Righi 1989; Jakobsen, 1989; Ranger y otros 1991; Wang y otros, 1991). Otros autores consideran al cuerpo suelo inmerso dentro del paisaje, coincidiendo en que ésta es la vía para entender la distribución, génesis y variabilidad espacial de los suelos (Ruge, 1960, citado por Hall, 1983; Elizalde, 1983; Hall, 1983; Jaimés, 1985; Walker, 1989).

En cuanto a la definición de procesos de formación de suelo, pareciera que la mayoría de los autores lo consideran evidentes. Otros intentan definirlo: Buol y otros (1981) indican que es un complejo o una secuencia de sucesos que incluye, tanto reacciones complicadas como redistribuciones relativamente simples de la materia, que afectan íntimamente al suelo en el que se producen. Malagon (1979) considera que los procesos de formación, son fenómenos dinámicos que se llevan a cabo en el medio y que determinan la morfología del perfil en un momento dado.

Concebido el suelo, como cuerpo natural, con estructura interna característica, cuyos límites laterales son otros cuerpos de suelos y límites superior e inferior, la atmósfera y el regolito, respectivamente y tomando en cuenta las ideas de Rode (1961), ya referidas. Considerando además que los procesos pueden provocar cambios de tipo estructural y que debería existir una manera de determinar la ocurrencia o no del proceso, sea éste observable o no, en la morfología; se propone entonces la siguiente definición de proceso pedogenético: es toda acción que se produce en el cuerpo natural suelo como un todo, o en alguno de sus componentes, por intercambios de materia y energía entre sus propios componentes y con su medio ambiente (determinado por sus límites) y que, con el tiempo, provoca cambios en la composición, en las propiedades físicas, químicas, biológicas, mineralógicas y/o estructurales, que pueden ser observados y/o medidos in situ o en muestras aisladas.

Factores de formación de suelos

Rode (1961) identifica al material parental, clima, agua, hombre, mundo animal y vegetal, como fuentes de materia y energía; la gravedad, como fuente de energía; la topografía que afecta la forma superficial y el tiempo, que según el autor referido, se explica por sí solo. Jenny (1941) postula que el suelo es una función de los factores de estado: clima, organismos, relieve, material parental y tiempo.

Autores de diferentes épocas han estudiado factores particulares, en perfiles aislados o en secuencias (Wang y Arnold, 1973; Volobuyev, 1984; Admundson y otros, 1989; Katyál y Sharma, 1991 etc). Buol y otros (1981) consideran que a los factores de formación de suelos, agentes, fuerzas, condiciones o combinaciones de éstos que influyen, han influido o pueden influir sobre el material parental, con la potencialidad

de determinar su cambio. La definición expuesta se refiere a ciertos agentes que influyen sobre el material parental, pero éste a su vez es un factor. Si se cambia en la definición, el término "material parental" por "suelo", parecería referirse más a proceso de formación de suelo que a factor. Como los investigadores coinciden en la identificación de los factores, y dado que la característica común entre ellos, es que modifican y/o aportan materia y/o energía en el sistema suelo, se propone la siguiente definición de factor de formación de suelo: todo agente que proporciona o modifica la cantidad de materia y/o energía necesaria para que ocurran los procesos pedogenéticos en el sistema suelo.

Clasificación de los procesos pedogenéticos

Varios investigadores, entre otros: Dijkeman (1974), Huggett (1975), Malagon (1979), Buol y otros (1981), Arnold (1983); señalan que Simonsen (1968) introdujo los conceptos de ganancias, pérdidas, translocaciones y transformaciones, como procesos pedogenéticos generales, a los cuales se asocian un conjunto de procesos específicos.

Para Pedro (1983) toda evolución pedológica consiste esencialmente de fenómenos que corresponden a la intemperización de minerales primarios, la liberación de varios elementos y sus posibles recombinaciones para formar nuevos constituyentes estables y minerales. También incluye fenómenos que se producen durante o después de la intemperización, relacionados con el arreglo de los constituyentes del suelo, su organización y redistribución en horizontes pedológicos (pedogénesis). El autor define plasma como la fracción de minerales y elementos lábiles que se recombinan en el suelo para dar origen a nuevos minerales (minerales secundarios). Define esqueleto como la fracción de minerales que en el proceso de intemperización pasa del material parental al suelo sin sufrir alteración.

Aceptando las concepciones anteriores y la definición de microagregados, macroagregados y terrones que manejan Rondón y Elizalde (1992), se entiende que las especies agregadas son producto de la pedogénesis que ha conducido a una reorganización de esqueleto y de plasma, donde ambos se han ido alterando por la acción de los factores de formación.

Por otra parte, Huggett (1975) concibe al suelo como un sistema formado por tres subsistemas: a) Subsistema esqueleto; partículas grandes, estables e inmóviles; básicamente, materiales geomórficos, b) Subsistema plasma; material formado por partículas muy pequeñas relativamente móviles y c) Subsistema solución del suelo, la cual es móvil e inestable. El autor explica que el flujo de sólidos, coloides y solutos en y a través del paisaje, ocurre de una manera organizada con procesos de entradas, salidas y almacenamientos, en un arreglo de los tres subsistemas.

En el establecimiento de los modelos considerados, ninguno de los autores anteriores se refiere específicamente al proceso de agregación; sin embargo el suelo mismo en su morfología evidencia la ocurrencia de este proceso y numerosos autores han postulado mecanismos para explicarlo (Edwards y Bremner, 1967a,b; Desphande y otros, 1968; Tabatabay y Hanway, 1968; Greenland, 1965a,b, 1971, 1979; Hamblin y Davies, 1977; Rotini, 1977; Hamblin y Greeland, 1977; Harter, 1977; Kemper, y otros 1987). De especial interés son las consideraciones de los autores en los cuales se basan Rondón y Elizalde (1992) para plantear la hipótesis de su proyecto sobre relaciones entre características de suelos y microagregados, en sábanas.

De lo expuesto por esos autores, se puede decir que se conoce que los materiales sólidos de los suelos siguen ciertos patrones de ordenamiento estructural, existiendo agregados de diferentes tamaños y diferentes grados de estabilidad; siendo posible distinguir; premicroagregados, microagregados, macroagregados, terrones y concreciones.

Organizando ideas fundamentadas en los autores citados se propone el siguiente modelo de estructuración del suelo como sistema: Sistema Suelo: Subsistema plasma libre (PL), Subsistema esqueleto libre (EL), Subsistema pre-microagregado (PMIC), Subsistema microagregado (MIC), Subsistema macroagregado (MAC), Subsistema terrones (TERR), Subsistema concreciones (CONC), subsistema solución del suelo (SOLN), y Subsistema biológico (BIOL). Cada subsistema, es delimitado o definido así: Subsistema plasma libre; todo material orgánico e inorgánico del suelo que es translocable, transformable y muy reactivo y cuyo tamaño es $\ll 2 \mu\text{m}$. Subsistema esqueleto libre: materiales que han pasado del materia parental al suelo y aún no han sufrido transformación y pueden existir en forma libre, ya que se caracterizan por su baja reactividad. Su tamaño es mayor que el coloidal. Subsistema premicroagregado: material que ya ha sufrido agregación, ha dejado de ser plasma libre o es material esqueleto en proceso de agregación. Su tamaño va de 2 a 50 μm . Subsistema microagregado: especies producto de la pedogénesis, cuyo rango de tamaño va de 50 a 250 μm . Pueden ser las unidades base para la formación de agregados de mayor tamaño y son las especies agregadas más estables del sistema. Subsistema macroagregados: elementos formados por unión de microagregados, por especies enlazantes. Son menos estables que los microagregados y su tamaño va de 250 a 2000 μm . Subsistema terrones: bloques formados por unión física de macroagregados. Sus tamaños son mayores a 2 mm. Son las especies agregadas de menor estabilidad. Subsistema concreciones: constituido por esqueleto libre y concreciones pedogenéticas mayores de 2 mm. Sistema muy estable, que se ha formado a través de reacciones básicamente irreversibles por lo que bajo condiciones pedogenéticas naturales no muy drásticas, su estructura no se modifica. Subsistema solución del suelo: formado por toda el agua que contiene el perfil, salvo la adsorbida y estructural. Subsistema biológico: todo material macro y micro biológico, incluyendo materia orgánica fresca y en proceso de descomposición.

Cualquier material componente del suelo formará parte de uno o de varios de esos subsistemas.

Establecido el modelo anterior, es posible determinar los procesos que participan en el sistema. Para ello se infieren las interacciones más razonables dentro y entre los subsistemas, los productos obtenidos y el o los procesos dominantes involucrados, lo cual se expone en el Cuadro 1, de donde se infiere que el proceso dominante es la agregación, luego desagregación y después síntesis y descomposición. Se observa además, que los subsistemas más activos son el plasma y la solución del suelo, por ser los de mayor interacción.

Actividad de los minerales en los procesos pedogenéticos

La literatura revela que las especies más activas de los suelos, se encuentran básicamente en el material coloidal, habiendo autores que destacan la participación de los oxihidróxidos metálicos en la agregación de los suelos (Alegría, 1981; Arduino y otros, 1989; Mc Kenzie, 1989; Pa Ho Hsu 1989). Otros investigadores consideran que los oxihidróxidos metálicos, conjuntamente con la materia orgánica, determinan la agregación de los suelos (Harris y otros, 1966; Edwards y Bremner, 1967a,b; Dellagnola y Ferrari, 1971; Hamblin y Greenland, 1977, Elliott, 1986; Bartoli y otros 1988a,b; Caillet y Visser, 1988, Oades, 1989; Schwertmann y Taylor, 1989). La mayoría de los investigadores coinciden en que las arcillas son las especies minerales más activas de los suelos (Rich y Thomas, 1961; Allen y Fanning, 1983; Allen y Hajek, 1989; Dixon, 1989; Wada 1989).

Se extrae de los autores referidos, que algunas características físicas y químicas de las especies minerales y amorfas más frecuentes en los suelos, determinan su mayor o menor actividad y participación en los procesos identificados anteriormente. Algunas características son: tamaño de partículas, carga de superficie, área superficial, posibilidad de expansibilidad, tipos de cationes estructurales (básicamente, carga y tamaño), cationes de las superficie externas e interlaminares (básicamente, carga y tamaño), tipo de mineral (primario-secundario), tipo de carga de la especie (variable-permanente), capacidad y fuerza de retención de agua: estructural, interlaminares, absorbida.

Las reacciones que faciliten la unión de especies, promoverán la agregación y las que facilitan la separación, contribuirán a la desagregación. La síntesis y la descomposición serán promovidas por las reacciones que impliquen destrucción y producción de nuevas especies; siendo así

Cuadro 1. Posibles interacciones dentro y entre subsistemas de sistema suelo

Interacciones	Producto	Proceso dominante
SOLN+PL+EL	MIC+PMIC	Agregación
TERR+SOLN	MIC+PMIC	Desagregación
TERR+PL	TERR	Agregación
MAC+SOLN	MIC	Desagregación
MAC+SOLN+EL+PL	MIC	Agregación y Desagregación
MAC+SOLN+EL+PL	TERR	Agregación
MIC+SOLN+PL	MAC	Agregación
MIC+SOLN+EL+PL	MAC	Agregación
MIC+PL	MAC	Agregación
MAC+SOLN+PL	TERR	Agregación
MAC+SOLN+EL	TERR	Agregación
MAC+MIC+SOLN	TERR	Agregación
BIOL+TERR	MAC+TERR	Desagregación
BIOL+PL	PL	Descomposición y Síntesis
MAC+MIC+PL	TERR	Agregación
MAC+MIC+PL+EL	TERR	Agregación
TERR+SOLN+PL	TERR	Agregación
TERR+SOLN	MAC	Desagregación
TERR+SOLN+EL+PL	TERR	Desagregación y Agregación
TERR+SOLN	PL	Desagregación
MAC+SOLN	PL	Desagregación
SOLN+PL+EL	PMIC	Agregación
EL+SOLN	PL	Descomposición y Síntesis
SOLN+PL	CONC	Agregación Y Síntesis
PL+EL	PMIC+MIC	Agregación
PL+PL	PMIC	Agregación
PMIC+PL+EL	MIC	Agregación
PMIC+PL	MIC	Agregación
SOLN+PL+EL	CONC	Agregación
SOLN+PL	PL	Descomposición y Síntesis
SOLN+PL	PMIC+MIC	Agregación
SOLN+EL	CONC	Síntesis
SOLN+MAC	PMIC	Desagregación
PL+BIOL	PMIC+MIC	Agregación
SOLN+PL+PMIC	MIC	Agregación
SOLN+PL+EL+BIOL	PMIC+MIC	Agregación
SOLN+PL+EL+BIOL+MIC	MAC+TERR	Agregación
SOLN+PL+CONC	CONC	Agregación y Síntesis
EL+BIOL	PL	Descomposición
EL+BIOL	PMIC	Agregación
MAC+BIOL	TERR	Agregación

Leyenda:

SOLN = Subsistema solución del suelo
 PL = Subsistema plasma libre
 EL = Subsistema esqueleto libre
 TERR = Subsistema terrones
 CONC = Subsistema concreciones
 BIOL = Subsistema biológico
 MAC = Subsistema macroagregado
 MIC = Subsistema microagregado
 PMIC = Subsistema premicroagregado

posible agrupar las reacciones que prevalecen en cada proceso, tal como se muestra en el Cuadro 2. Se puede observar que un mismo tipo de reacción puede conducir hacia el desarrollo de diferentes procesos, inclusive de efectos opuestos.

Cuadro 1. Posibles interacciones dentro y entre subsistemas de sistema suelo

Reacciones	Procesos		
	Agreg.	Desagres.	Sint. y Desc.
Adsorción de Cationes y aniones	X	X	X
Acido-base Lewis	X	X	X
Formación enlaces iónicos y covalentes	X	X	X
Atracciones electrostáticas	X	-	-
Hidrólisis	X	X	X
Precipitación	X	-	X
Protonación	X	X	X
Oxidación	X	-	-
Rearreglo estructural	-	X	X
Cristalización	X	X	X
Desprotonación	-	X	X
Deshidratación	-	X	X
Disolución	-	X	X
Reducción	-	X	X
Intercambio catiónico y aniónico	-	X	X

CONCLUSIONES

Análisis de la información y reflexión sobre el avance del conocimiento en cuanto a pedogénesis, conducen a sugerir definiciones de procesos pedogenéticos, factores de formación y proponer un modelo de estructuración del sistema suelo.

Los componentes del sistema suelo se agrupan en nueve subsistemas diferentes, cada uno de ellos caracterizado por un grado de agrupamiento, un tamaño definido y un grado de reactividad característico. Esos subsistemas son: plasma libre, esqueleto libre, premicroagregados, microagregados, macroagregados, terrones, concreciones, solución del suelo y subsistema biológico.

Los componentes pueden salir o entrar al sistema suelo o migrar de un subsistema a otro, a causa de la ocurrencia de cuatro tipos de procesos: agregación, desagregación, síntesis y descomposición. En forma genérica se entiende por proceso pedogenético, a toda acción que se produce en el cuerpo natural suelo como un todo, o en alguno de sus componentes, por intercambios de materia y energía entre sus propios componentes y con su ambiente (determinado por los límites del sistema suelo) y que con el tiempo provoca cambios en la composición, en las propiedades físicas, químicas, biológicas, mineralógicas y/o estructurales que pueden ser observadas y/o medidas in situ o en muestras aisladas.

Los procesos pedogenéticos ocurren en el sistema suelo, cuando cierto agentes, llamados factores de formación de suelo, proporcionan o modifican la cantidad de materia y/o energía necesaria para su desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y HEMEROGRAFICAS

- AHMAD N. (1983). Vertisols. En Wilding L.P, N.E Smeck, y G.F Hall (Eds.) Pedogenesis and soil taxonomy. Capítulo II: The soil orders, Chapter 3, Editorial Elsevier, New York, pp: 91-123.
- ALEGRIA, H.G. (1981). Comportamiento de agregados del suelo después de sometidos a la extracción de Fe y Al no cristalino. Trabajo MSc. en Ciencia del suelo. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. 57 p.
- ALLEN B.L y D.S. FANNING (1983). Composition and soil génesis. En Wilding L.P, N.E. Smeck y G. F. Hall (Eds.) Pedogenesis and soil taxonomy. Concepts and interactions, Chapter 6.1. Editorial Elsevier, New York, pp: 141-192.
- ALLEN B.L. y B.F. HAJEK (1989). Mineral occurrence in soil environments. En J.N. Dixon y S.B. Weed (Eds.) Cap. 5. Minerals in soil environments. Chapter 5. Soil Sci Soc. of Am. Madison, Wisconsin, USA. pp. 199-278.
- AMUNDSON R.G, O.A. CHADWINCKK, J. M. SOWERS y H.E. DONER (1989). Soil evolution along an altitudinal transect in the eastern Mojave Desert of Nevada, U.S.A. Geoderma, 4: 349-371.
- ANDERSON H.A, M.L BERROW, V.C FARMER, A. HEPBURN, J.D RUSSELL y A.D WALKER (1982). A reassessment of podzol formation processes. J. of Soil Sci. 33: 125-136.
- ARDUINO E., E. BARBERIS y V. BOERO (1989). Iron oxides and particle aggregation in B horizons of some Italian soils. Geoderma, 45: 319-329.
- ARNOLD R.W (1983). Concepts of soil and pedology. En L.P. Wilding, N.E Smeck y G.F Hall (Eds.) Pedogenesis and soil taxonomy. I: Concepts and interactions. Chapter 1. Editorial Elsevier, New York. pp 1-21.
- BARTOLI F., PHILIPPY y G. BURTIN (1988a). Aggregation in soils with small amounts of swelling clays. I. Aggregate Stability. J. Soil Sci. 39: 593-616.

- BARTOLI F., E. PATERSON, R. PHILIPPY, J.J. DEMAI y M. DOIRISSE (1988b). Aggregation in soils with small amounts of swelling clays. II. Chemistry and surface properties of Na resin stable soil aggregates. *J. Soil Sci.* 39: 617-628.
- BRAVARD S.W. y D. RIGHI (1989). Geochemical differences in an oxisol-spodosol toposequence of Amazonia, Brazil, *Geoderma* 44: 29-42.
- BUOL S.W., F.D. HOLE y R.J. MC CRACKEN (1981). Génesis y clasificación de suelos. Capítulo 6: Procesos edafológicos. Edit. Trillas. México. pp. 111-124.
- CAILLER M. y S.A. VISSER (1988). Observations on the dispersion and aggregation of clays by humic substances. II. Short-term effects of humus-rich peat water on clays aggregation. *Geoderma*, 43: 1-9.
- DELLAGNOLA G. y G. FERRARI (1971). Molecular sizes and functional groups of humic substances extracted by 0.1 M pyrophosphate from soil aggregates of different stability. *J. of soil Sci.*, 22, (3): 342-349.
- DESPHANDE T.L., D.J. GREENLAND y J.P. QUIRK (1968). Changes in soils properties associates with the removed of iron and aluminium oxides. *J. Soil Sci.* 29 (1): 108-122.
- DIJKERMAN J.C. (1974). Pedology as a science: The role of data, models and theories in the study of natural soil systems. *Geoderma*, 11, 7-93 p.
- DIXON J.B. (1989). Kaolin and serpentine group minerals. In J.M Dixon y J.B. Weed (Eds.). Capítulo 10. Minerals in soil environments. Chapter 10. *Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin, U.S.A.* pp. 467-526.
- EDWARDS A.P. y J.M. BREMNER (1964). Use of sonic vibration for separation of soil particles. *Can. J. Soil Sci.* 44: 66-371.
- EDWARDS A.P. y J.M. BREMNER (1967a). Dispersion of soil particles by sonic vibration for separation of soil particles. *J. Soil Sci.* 18: 46-63.
- EDWARDS A.P. y J.M. BREMNER (1967b). Microaggregates in soils. *J. Soil Sci.* 18: 64-73.
- ELIZALDE G. (1983). Ensayo de clasificación sistemática de categoría de paisajes. Primera aproximación. Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela, 46 p.
- ELIZALDE, G. y E. JAIMES (1985). Propuesta de un modelo pedogeomorfológico. Trabajo de investigación. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, 18 p.
- ELLIOT E.T. (1986). Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 50 (3): 627-633.
- GREENLAND, D.J. (1967a). Interaction between clays and organic compounds in soils. Part 1. *Soils and Fert.* 28: 412-425.
- GREENLAND, D.J. (1965b). Interaction between humic and organic compounds in soils. Part 2. *Soils and Fert.* 28: 521-532.
- GREENLAND, D.J. (1971). Interaction between humic and fulvic acids and clays. *Soils Sci.* 111 (1): 34-41.
- GREENLAND, D.J. (1979). Structural organization of soil and crop production. In D.J. Greenland and R. Lal. (Eds.) *Soil physical properties and crop production in the tropics.* England, pp. 47-57.
- HALL, G.F. (1983). Pedology and Geomorphology. In Wilding L.P, N.E Emerk and G.F Hall (Eds.). *Pedogenesis and soil taxonomy I: Concepts and interactions.* Chapter 5. Editorial Elsevier, New York, pp. 117-140.
- HAMBLIN, A.P. and D.B. DAVIES (1977). Influence of organic matter on the physical properties of some east anglian soils of high silt content. *J. of Soil Sci.* ce. 28: 11-22.
- HAMBLIN, A.P. and D.J. GREENLAND (1977). Effect of organic constituents and complexed metal ions on aggregate stability of some east anglian soils. *J. of Soil Sci.* 28: 410-416.
- HARRIS, R.F., G. CHESTER and O.N. ALLEN (1966). Dynamics of aggregation. *Advances in Agronomy.* 18. pp. 107-169.
- HARTER, R.D. (1977). Reactions of minerals with organic compounds in the soil. In Dixon J.B. y Weed S.B. (Eds.) *Minerals in soil environments,* Chapter 20. *Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin, U.S.A.* pp. 709-739.
- HAYES, M.H.B. and R.S. SWIFT (1981). Organic colloids and organo mineral associations. *Bulletin of the International Society of Soil Science,* N 60.
- HUGGETT, R.J. (1975). Soil landscape systems: a model of soil génesis. *Geoderma*, 13: 1-22.
- JAIMES, E. (1985). Análisis de las relaciones geomorfología-suelo en las cuencas altas de los ríos Aragua y Petaquire, Serranía del Litoral Central Cordillera de la Costa. Tesis MSc. en Ciencia del suelo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 167 p.
- JAKOBSEN B.H. (1989). Evidence for translocations into the B horizon of a subartic podzol in Greenland. *Geoderma*, 45: 3-17.
- JENNY H. (1941). Factors and soil formation. A system of quantitative pedology. McGraw-Hill. New York, 281 p.
- KATYAL J.C y B.D. SHARMA (1991). Dtpa-extractable and Zn, Cu, Mn y Fe in Indian soils and their association with some soil properties. *Geoderma*, 45: 3-17.
- KEMP R.A. (1987). Genesis and environmental significance of a buried middle pleistocene soil in eastern England. *Geoderma*, 49: 165-179.
- KEMPER W.D., R.C. ROSENAU y A.R. DEXTER (1987). Cohesion development in disrupted soils as affected by clay and organic matter content and temperature. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51 (4): 860-867.
- MALAGON D. (1979). Fundamentos de mineralogía de suelos. Mérida, Venezuela. Tomo II. Capítulo 5. pp. 597-747.
- Mc. KENZIE R.M (1989). Manganese oxides and hydroxydes. In J.B. Dixon and S.B. Weed. (Eds.) *Minerals in soil environments.* Chapter 9. *Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin, USA.* pp. 439-466.
- MUIR A. (1961). The podzol and podzolic soils. *Advances in Agronomy*, 13: 1-56.
- MUIR J.W and J. LOGAN (1982). Eluvial/illuvial coefficients of major elements and the corresponding losses and gains in three soil profiles. *Journal Soil Sci.* 33: 295-308.
- OADES J.M. (1984). Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and soil.* 76, 319-337 págs.
- OADES J.M. (1989). An introductions to organic matter in mineral soils. In J.B. Dixon y S.B. Weed. (Eds.) *Minerals in soil environments.* Chapter . *Soil Sci. soc. of Am. Madison, Wisconsin. U.S.A.* pp. 89-160.
- MUIR A. (1961). The podzol and podzolic soils. *Advances in Agronomy*, 13: 1-56.
- MUIR J.W and J. LOGAN (1982). Eluvial/illuvial coefficients of major elements and the corresponding losses and gains in three soil profiles. *Journal Soil Sci.* 33: 295-308.
- OADES J.M. (1984). Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and soil.* 76, 319-337 págs.
- OADES J.M. (1989). An introductions to organic matter in mineral soils. In J.B. Dixon y S.B. Weed. (Eds.) *Minerals in soil environments.* Chapter . *Soil Sci. soc. of Am. Madison, Wisconsin. U.S.A.* pp. 89-160.

- PA HO HSU (1989). Aluminum oxides and oxyhydroxides. En J.B. Dixon and S.B. Weed (Eds.) Minerals in soil environments. Chapter 7. Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin, USA. pp. 331-378.
- PEDRO G. (1983). Structuring of some basic pedological processes. *Geoderma*, 31: 289-299.
- RANGER J., E. DAMBRINE, M. ROBERT, D. RIGHI y C. FELIX (1991). Study of current soil-forming processes using bags of vermiculite and resins placed within soil horizons. *Geoderma*, 48: 335-350.
- RICH C.I y G.W. THOMAS (1960). The clay fraction of soils. *Adv. in Agronomy*, 12: 1-39.
- RODE A.A. (1961). The soil forming process and soil evolution. E. V.S Volyskoya. (Eds.). Israel program for scientific translations. Jerusalem, 100 p.
- RONDÓN DE R. C. y G. ELIZALDE (1992). Características de microagregados en dos paisajes de sábana del estado Guárico. Proyecto de tesis doctoral en Ciencia del Suelo. Mimeografiado. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 93 p.
- ROTINI O.T. (1977). The historial importance of organic matter for soil productivity in the Mediterranean area. *Soil and Fertilizers*, 4 (15): 409.
- SCHWERTMAN U. and R.M. TAYLOR (1989). Iron oxides. In J.M. Dixon and J.B. Weed (Eds.). Minerals in soil environments. Chapter 8. Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin, USA. pp. 379-438.
- SIMONSON R.W. (1968). Concept of soil. *Ad. in Agronomy*, 20. 2:1-47.
- TABATABAY M.A. and J.J. HANWAY (1968). Some chemical and physical properties of different sized natural aggregates from Iowa soils. *Sci. Soc. Am. Proc.* 32: 588-591.
- TISDALL J.M. y J.M. OADES (1982). Organic matter and water stables aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33: 141-163.
- VOLOBUYEV V.R. (1984). Two key solutions of the energetics of soil formation. *Soviet Soil Sci.* 16 (4): 1-8.
- WADA K. (1989). Allophane and Imogolite. In .M. Dixon and S.B. Weed (Eds.) (1989). Minerals in soil environments. Chapter 21. Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin, USA. pp. 1051-1087.
- WALKER P. H. (1989). Contributions to the understanding of soil and landscape relationships. *Aust. J. Soil Res.*, 27: 589-605.
- WANG CH., G. J. ROSS, J.K. TORRANCE y H. KODAMA (1991). The formation of podzolic B horizons and pedogenic imogolite as influenced by microrelief within a pedon. *Geoderma*, 48: 63-77.
- WANG CH. and R.W. ARNOLD (1973). Quantifyng pedogenesis for soils with discontinuities. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 37: 271-278.
- WILDING L.P., N.E. SMECK y G.F. HALL. (1983). Pedogenesis and soil taxonomy. Tomos I y II. Editorial Elsevier, New York. 310 and 410 p.
- YAALON D.H. (1975). Conceptual models in pedogenesis: Can soil-forming fuctions be solved?. *Geoderma* 14: 189-205.