

RESERVAS ORGÁNICAS Y MINERALES DEL SUELO Y SU AFECTACIÓN POR LA DEFORESTACIÓN DE LA SELVA NUBLADA ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA.

RESERVES OF MINERAL AND ORGANIC SOIL AND THEIR EFFECTS ON DEFORESTATION OF THE CLOUDY FOREST IN MERIDA STATE. VENEZUELA.

García, María¹; Márquez, Omaira²; López, Roberto³ y Hernández, Rubén².
1) Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo, Estado Trujillo; 2) Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, omarquez@ula.ve; 3) CIDIAT, Universidad de Los Andes, Mérida.

Inicio de la investigación: octubre del 2006. final: marzo del 2007.

Recepción por el Comité Editorial: 13-10-09.

Aceptación para su publicación 30-10-09.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue el de evaluar el impacto de los tipos de uso de la tierra predominantes en el sector de la cuenca alta del río Capaz, a partir de la evaluación de variables químicas y determinar el nivel de degradación tomando como referencia un estudio previo realizado en el mismo sitio en 1981. Se seleccionaron 4 áreas con diferentes usos de la tierra (vegetación natural de selva nublada, selva deforestada en proceso de regeneración natural, cultivo de papa y pastizal). El efecto de los tipos de uso sobre la calidad del suelo se evaluó a través del contenido de materia orgánica, pH, macronutrientes y nitrógeno. Se realizaron 10 repeticiones por área al azar, en la que cada repetición correspondió a una parcela de 10 x 10 m. Las parcelas se dividieron en 25 subparcelas de 4 m². Aleatoriamente se tomaron muestras en 5 subparcelas, obteniéndose un total de 50 muestras para los análisis de suelos. En los resultados se observa que el pH de los suelos en todos los casos es muy ácido, variando entre 3,7 y 4,8. El contenido de materia orgánica de los suelos bajo selva nublada intervenida (163,8 Mg ha⁻¹), bajo cultivo (136,6 Mg ha⁻¹) y bajo selva nublada natural (179,5 Mg ha⁻¹) presentó valores menores que bajo pastizal (209,6 Mg ha⁻¹). Asimismo, se observó un incremento en la cantidad de nitrógeno y de bases cambiables en el área cultivada y bajo pastizal, posiblemente como resultado de la aplicación de fertilizantes químicos al suelo.

Palabras clave: Tipos de uso de la tierra, deforestación, degradación del suelo, selva nublada.

ABSTRACT

The main objective of this research was to study the organic and mineral reserves of the soil under cloudy forest located in the high basin of the Capaz River, Merida State, Venezuela and its affectation by deforestation and land use changes. A 24 year old study carried out in the location was taken as a reference. Four areas under different land use were selected (cloudy forest natural vegetation, deforested area in process of natural regeneration, potato cultivation and pasture). In each one of these areas 10 plots of 100 m² were established and in turn divided, resulting 25 subplots of 4 m². Five plots were sampled at random among these 25 subplots; resulting a total of 50 soil samples per land use type to perform the different laboratory analysis. Soil pH was very acid, with values between 3, 7 and 4, 8. The results showed a decrease in the amount of organic matter in the soil under intervened cloudy forest (163, 8 Mg ha⁻¹) and under potato cultivation (136, 6 Mg ha⁻¹), however its values increased under pasture (209, 6 Mg ha⁻¹) and natural cloudy forest (179, 5 Mg ha⁻¹). It was found an increment in the amount of nitrogen and exchangeable bases in the soil under potato cultivation and under pasture, attributable probably to the land use systems that incorporate chemical fertilizers to the soil.

Key words: Land use, deforestation, soil degradation, cloudy forest.

INTRODUCCIÓN

Los suelos como sistemas naturales se originan y evolucionan bajo la influencia de factores y procesos pedogenéticos que determinan sus propiedades morfológicas, físicas, químicas y biológicas. La alteración de las condiciones originales bajo las cuales se han formado, ya sea por causas naturales o antropogénicas, originan cambios o modificaciones en su balance energético e hídrico que puede afectar su dinámica interna y sus propiedades.

La degradación de las tierras es un proceso que conlleva a modificaciones significativas, primeramente, en las propiedades del horizonte superficial del suelo, afectando así su productividad y haciéndolo más sensible a la degradación. El cambio de uso no sólo afecta las propiedades físicas, químicas y biológicas de los horizontes superficiales, sino que sus efectos se dejan sentir hasta niveles más profundos, modificando de esta manera las características morfológicas y micromorfológicas del perfil (Vera, 1992; Vera y López, 1995). En consecuencia, se deben esperar cambios detectables en las propiedades del suelo cuando un ecosistema es reemplazado por otro (Milles, 1985; Singh *et al.*, 1985).

Algunas investigaciones reportan cambios profundos en los contenidos de materia orgánica, pH, saturación de bases, estructura, espesor de los horizontes y color, como una consecuencia de cambios de la vegetación (Lodhi, 1977). Las alteraciones más significativas que ocurren en el suelo se manifiestan cerca de la superficie y están relacionadas con el contenido de materia orgánica (Mergen y Malcom, 1995; Lundgren, 1978; Rab, 1994; Márquez *et al.*, 1993; Márquez *et al.*, 1999).

Las condiciones climáticas de la cuenca alta y media del río Capaz han propiciado el desarrollo creciente de actividades agropecuarias, mediante la sustitución de la vegetación natural por pastizales, pero también por otros rubros agrícolas, haciéndose necesario determinar las modificaciones que se producen en el suelo con el cambio de uso, a fin de prever el impacto de tales acciones y orientar las decisiones con relación a la aplicación de las medidas preventivas o establecer los correctivos correspondientes.

El objetivo de esta investigación fue el de evaluar el nivel de las alteraciones, por efecto del cambio de uso de la tierra, en algunas propiedades del suelo superficial, que afectan las reservas minerales y orgánicas del suelo. Para ello, se estudiaron cuatro unidades de tierra (selva nublada natural, selva nublada intervenida, cultivo de papa y pastizal); además, se tomó como referencia de comparación un estudio precedente (Grim y Fassbender, 1981) realizado en un sector de la cuenca del río Capaz en Los Andes de Venezuela, donde se llevó a cabo la investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El estudio fue llevado a cabo en la Estación Experimental San Eusebio (EUSE), perteneciente a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, sector de La Carbonera del municipio Andrés Bello del estado Mérida, ubicada entre 08° 37' 36" W y 08° 39' 39" N. La zona presenta una precipitación media anual de 1463 mm y temperatura media anual de 12,6 °C. La Estación Experimental San Eusebio ocupa una superficie de algo más de 368 ha, con cotas de terreno que oscilan entre los 2.200 y 2.600 m.s.n.m. Gran parte de la Estación se encuentra sobre materiales de la formación Colón (Cretáceo), donde la existencia de pizarras arcillosas de color negro, con un espesor que puede variar entre 500-600 m, origina, a través de su rápida meteorización al ser expuesto a la acción del clima, un material arcillo limoso, pardo amarillento. Esta formación aflora con frecuencia en toda la cuenca del Lago de Maracaibo, presentando un relieve típico de colinas redondeadas, característica que se observa en los terrenos de la Estación Experimental San Eusebio. Localmente se presentan pendientes variables, desde muy suaves (5%) hasta muy fuertes (>25%).

De la superficie total (368 ha) que constituye la EESE, ocho (8) corresponden a potreros o vegetación menor, las restantes 360 ha, están cubiertas por vegetación boscosa. Rodríguez (1981) citado por Varcарcel (1982), afirma que en la EESE existen dos tipos de bosques: el primario o climácico y el bosque secundario. La estructura del bosque presenta tres estratos. Es un bosque siempre verde, mixto irregular, densamente cerrado, muy rico en las especies de la familias *Laureaceae*, *Euphorbiaceae*, *Myrtaceae*, y endémicamente la *Podocarpaceae*. Generalmente casi todos los árboles están cargados de epifitas como Bromeliáceas, musgos, líquenes y Orquidáceas. Se ha determinado la edad de algunos árboles de *Decusocarpus rospigliosii* (Pilg.) de Laub. con más de 500 años. Es interesante resaltar que esta formación ecológica se encuentra en un estado de equilibrio, poco dinámico, en la que la producción de nueva fitomasa es equivalente al depósito y descomposición de restos vegetales.

Según Grimm y Fassbender (1981), los rodales de reserva forestal pueden considerarse de carácter natural primario, aunque algunas veces se ha observado la explotación selectiva de algunos árboles. El paisaje es bastante heterogéneo, encontrándose por un lado rodales altos, con un número pequeño de árboles gruesos en las laderas, y por otra parte, rodales de árboles de altura irregular y una composición mixta con un número mayor de árboles en las crestas y depresiones. Entre las especies forestales más importantes cabe mencionar al Pino Laso (*Decusocarpus rospigliosii* (Pilg.) de Laub.), Pino Aparrado (*Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb.), Mortiño Rosado (*Graffenrieda latifolia* (Naudin) Triana.), Saysay (*Myrcia acuminata* (Kunth)DC.), Tetajira (*Eschweilera monosperma* Pittier) y Laurel Curo (*Beilschmiedia sulcata* (Ruiz & Pav) Kosterm.).

Los suelos de la EESE se caracterizan por su alto contenido de arcilla (40-60 %) presentando como mineral arcilloso predominante caolinita; en consecuencia, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es relativamente baja, oscilando en el perfil entre 12 y 18 meq/100g de suelo (Grimm y Fassbender, 1981). Debido a las condiciones del material originario arcilloso pre-meteorizado, a las condiciones climáticas que propician altos grados de humedad del suelo (precipitación media, humedad relativa alta y baja evapotranspiración) y a la vegetación predominante, los suelos de la EESE son profundos, ácidos y de moderado a alto contenido de materia orgánica (Varcарcel, 1982). Grimm y Fassbender (1981), en sitios de pendiente media a pronunciada, clasificaron los suelos estudiados como: Oxic humitropepts (Oxic dystrodepts Soil Survey Staff, 2006), en los sitios de pendiente media: suelos Aquic humitropept (Aquic dystrodept Soil Survey Staff, 2006) y en superficies casi llanas: suelos con hidromorfismo marcado clasificándose como Typic trophaquept (Typic humaquept Soil Survey Staff, 2006).

En este estudio se seleccionaron cuatro áreas: la primera, formada por vegetación primaria a la cual denominamos selva nublada natural; la segunda, formada por vegetación secundaria, consecuencia de un estudio destructivo de inventario de las reservas orgánicas y minerales realizado por Grimm y Fassbender (1981) a la cual denominamos selva nublada intervenida; la tercera, un área de producción para el cultivo de papa a la cual denominamos cultivo, y por último, un área destinada a la siembra de pastos para el pastoreo extensivo denominada pastizal.

Diseño experimental y toma de muestras en el campo.

En las áreas seleccionadas o tratamientos se establecieron diez (10) replicas de forma aleatoria. Cada réplica consistió en una parcela de 10 x 10 m, dividida en veinticinco (25) subparcelas de 4 m² (2 x 2 m). De estas 25 subparcelas se seleccionaron al azar cinco (5) y en el centro de cada una de ellas se tomó una (1) muestra del horizonte superficial a una profundidad definida de 0 a 20 cm.

Las variables químicas evaluadas fueron el carbono orgánico, nitrógeno, calcio, magnesio, potasio y el pH. Los análisis se realizaron en las muestras de suelo secadas al aire libre y pasadas por tamiz de 2 mm, realizándoseles los análisis químicos según los procedimientos del FONAIAP (Gilbert et al., 1990): El pH por el método del electrodo de vidrio, en 0,01 M CaCl₂, el carbono orgánico (C), por el método de digestión húmeda; el nitrógeno (N) por el método de Kjeldahl. Los cationes intercambiables -K, Ca, y Mg- se extrajeron mediante desorción con NH₄Cl, luego se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica.

Para estimar las diferencias entre los diferentes usos de la tierra en cada una de las variables estudiadas, se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por el método de Tukey. Se usó el paquete estadístico Statistica versión 6.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos, al comparar el efecto de los tipos de uso de la tierra sobre algunos parámetros químicos, reflejan los cambios que se han evidenciado con las prácticas agrícolas.

En primer lugar se observó un descenso considerable en el contenido de materia orgánica en el sistema convencional con papa (136,64 Mg ha⁻¹) con respecto al sistema no intervenido de selva nublada (179,52 Mg ha⁻¹) (**Tabla 1**).

En el cultivo de papa se observa una disminución del 23,9% en relación con la selva nublada natural, lo que se podría deber a la menor incorporación de hojarascas, material de desecho del cultivo y lixiviado al suelo, como consecuencia de las labores de labranza. No obstante, se debe destacar que ocurrió una recuperación en el sistema de pastizal en el cual se alcanzaron niveles de hasta 209,60 Mg ha⁻¹ luego de más de 30 años bajo este régimen, lo que representa un incremento de 16,75%, y en valor absoluto de 30,08 Mg ha⁻¹. Los valores de materia orgánica en la selva nublada intervenida no mostraron diferencias significativas (163,84 Mg ha⁻¹) con respecto a la selva natural luego de 24 años de no intervención, esto sugiere la importancia que tiene la incorporación regular de residuos vegetales al suelo para mejorar la cantidad y calidad de humus, ya que al no existir prácticas como, por ejemplo, la labranza, que rompe los agregados y expone la materia orgánica que está físicamente protegida de la degradación y mineralización del carbono y los nutrientes asociados, lo que ocurre es un proceso en el cual la interacción entre la materia orgánica y las partículas minerales del suelo promueven la formación y estabilización de agregados con la consecuente estabilización y protección de la materia orgánica

Al comparar los valores obtenidos de contenido de materia orgánica de los suelos en estudio, con el valor (M.O = 182,1 Mg ha⁻¹) encontrado por Grimm y Fassbender en 1981, se observa que son similares a los suelos bajo selva nublada natural; sin embargo, existe una disminución en los suelos bajo selva nublada intervenida y cultivo con respecto al valor de referencia. Como mencionamos arriba, los suelos bajo pastizal muestran un incremento de 16,8% en relación a la selva nublada natural, que puede deberse a que las gramíneas aportan mucha materia orgánica de las raíces pequeñas, como resultado de un incremento de la biomasa subterránea por aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos.

En la Tabla 1 podemos observar que los suelos estudiados son muy ácidos con valores que oscilan entre 3,7 y 4,8. Se observan diferencias significativas a un nivel de significación del 5%, entre los suelos bajo selva nublada con respecto a los suelos bajo los otros tipos de cobertura, mientras que los suelos bajo selva nublada intervenida y cultivo no presentaron diferencias significativas. Estas variaciones o diferencias que se encuentran pueden estar asociadas al cambio de uso de la tierra. Los mayores valores de pH en pastizal podrían estar asociados a una mayor transferencia de nutrientes aportados por la mineralización más rápida de la materia orgánica, la incorporación de nutrientes a través de fertilizantes y encalado y por la descomposición de raíces, lo que estaría ocurriendo en una escala menor en el sistema natural de selva nublada.

Tabla 1: Contenido de materia orgánica y nutrientes en suelos sometidos a diferentes usos de la tierra.

Uso de la tierra	pH (Ca Cl ₂)	Materia Orgánica Mg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹			
			N	Ca	Mg	K
Selva nublada natural	3,7 a	179,5 a	6400 a	294 a	76,8 a	124,8 a
Selva nublada intervenida	4,1 b	163,8 a	5120 a	601,6 b	76,8 a	124,8 a
Cultivo papa	4,3 b	136,6 b	7680 b	1638,4 c	218,8 b	574,1 b
Pastizal	4,8 c	209,6 c	7360 b	1491,2 c	157,4	273,1 b
Selva nublada natural (referencia)	3,5-3,9	182,1	4603	372	86,0	211,0

Letras distintas indican diferencias significativas en una columna mediante test de Tukey. ($p < 0,05$).

Estadísticamente, el valor de la cantidad de nitrógeno en el suelo bajo selva nublada natural no presentó diferencias significativas con respecto al suelo bajo selva nublada intervenida. De igual manera, los suelos bajo cultivo y pastizal no presentaron diferencias significativas entre sí, pero sí presentaron diferencias significativas con respecto a los otros dos suelos. Cuando comparamos cultivo de papa y pastizal con selva nublada natural, observamos que se produce un incremento de 1,2 veces en el contenido de nitrógeno. El estudio de referencia muestra un valor de 4603 Kg ha⁻¹, que es 1,4 veces menor que el contenido de nitrógeno

en la selva nublada natural. Los mayores incrementos en el contenido de nitrógeno en los suelos bajo cultivo y pastizal están relacionados con el sistema de manejo de suelos, el cual incorpora fertilizantes nitrogenados y, en consecuencia, eleva la cantidad de nitrógeno contenido en el suelo.

En la Tabla 1, se puede apreciar que el contenido de calcio en los suelos bajo selva nublada natural fue de 294 Kg ha^{-1} y bajo selva nublada intervenida de $601,6 \text{ Kg ha}^{-1}$; mientras que en los suelos bajo pastizal ($1491,2 \text{ Kg ha}^{-1}$) y bajo cultivo ($1638,4 \text{ Kg ha}^{-1}$), observándose en promedio un incremento de 2,6 veces, en relación a la selva natural e intervenida. El valor del contenido de calcio cambiante en suelo bajo selva nublada natural presentó diferencias significativas con respecto a los otros valores de calcio cambiante de los suelos bajo selva nublada natural, cultivo y pastizal; mientras que los valores de calcio cambiante en suelos bajo cultivo y pastizal no presentaron diferencias significativas.

Cuando analizamos los resultados publicados por Grimm y Fassbender (1981), podemos notar una ligera disminución en los resultados obtenidos en este trabajo en los suelos de la selva nublada natural; sin embargo, hay un aumento notable de este elemento en los suelos bajo cultivo y pastizal. El incremento en el contenido de calcio bajo cultivo y pastizal puede estar asociado a las labores de fertilización con encalado. El incremento en los contenidos de calcio en la selva intervenida pudo estar asociado a una mayor transferencia de calcio aportados por la hojarasca y la descomposición de los materiales vegetales que fueron aportados producto de la intervención.

La cantidad de magnesio cambiante contenido en el suelo es considerado como bajo en suelos de selva nublada natural y selva nublada intervenida ($76,8 \text{ Kg ha}^{-1}$), media en los suelos bajo pastizal ($157,4 \text{ Kg ha}^{-1}$) y alta en los suelos bajo cultivo ($218,9 \text{ Kg ha}^{-1}$). El suelo bajo cultivo tiene 2,9 veces más magnesio que el suelo bajo selva nublada natural e intervenida, mientras que los suelos bajo pastizal tienen un contenido de magnesio solamente 2 veces mayor.

Estadísticamente, los suelos bajo selva nublada natural y selva intervenida no presentaron diferencias significativas entre sí; de igual manera, el suelo bajo cultivo no presenta diferencias significativas con respecto al suelo bajo pastizal; sin embargo, tiene $61,4 \text{ Kg ha}^{-1}$ más de magnesio. El aumento en el contenido de magnesio observado en los suelos bajo cultivo y pastizal, puede estar relacionado con la utilización de fertilizantes. El estudio de referencia muestra un contenido de magnesio de $86,0$, ligeramente menor que los valores obtenidos en selva nublada natural e intervenida.

La cantidad de potasio cambiable se comporta de manera similar a la cantidad de magnesio cambiable. El contenido de potasio en suelos bajo selva nublada natural y selva nublada intervenida se consideran bajos ($124,8 \text{ Kg ha}^{-1}$), mientras que en suelos bajo cultivo ($218,8 \text{ Kg ha}^{-1}$) y pastizal ($273,1 \text{ Kg ha}^{-1}$) son valorados altos.

Estadísticamente, el suelo bajo selva nublada natural y el suelo bajo selva intervenida no presentaron diferencias significativas entre sí. De igual manera, el suelo bajo cultivo no presenta diferencias significativas con respecto al suelo bajo pastizal (Tabla I). Se observa una disminución del potasio cambiable en los suelos bajo selva nublada natural y selva nublada intervenida con respecto a los valores de referencia y un aumento significativo del contenido de potasio cambiable en los suelos bajo cultivo y pastizal. Los valores de K son más bajos que los publicados por Fassbender (1981) para la selva nublada natural. El autor señala que las reservas de K en la vegetación alcanzan un valor más alto que en el suelo, resultando así el elemento limitante de la estabilidad del ecosistema y que la situación se agrava al encontrar que la relación entre la reserva (1469 Kg ha^{-1}) y el ingreso ($2,6 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ año}$) es muy elevada, necesitándose 565 años para su recuperación.

Según Grimm y Fassbender (1981), los bajos contenidos de bases cambiables que se presentan en los bosques del sector La Carbonera están relacionados a la localización de la zona y a las interacciones entre el suelo, el clima y la vegetación. Al aumentar la altura sobre el nivel del mar disminuye la temperatura, aumenta la formación de niebla, nubes, y la precipitación; disminuye la evapotranspiración y aumenta la infiltración en el suelo, lo que conlleva a un aumento notable del nivel freático, que causa la saturación de los suelos y por ende un aumento en la lixiviación y meteorización. Asimismo, las bajas temperaturas disminuyen la actividad de los organismos descomponedores de los residuos orgánicos, lo que incide también en los bajos contenidos de bases cambiables.

Los altos valores de bases cambiables en suelos bajo cultivo y pastizal pueden estar relacionados con los sistemas de manejo empleados que incorporan a los suelos fertilizantes químicos.

CONCLUSIONES.

1. En los sistemas naturales la producción de biomasa está en equilibrio con las reservas naturales del suelo y con la fijación biológica de nitrógeno, a diferencia de los sistemas agrícolas en los que ocurre una remoción neta de nutrientes del suelo por los cultivos. Aun cuando este estudio enfoca solamente al reservorio orgánico y mineral del suelo, debemos tener en cuenta que la capacidad de suministro dependerá de los flujos de nutrientes que continuamente atraviesan el sistema y pasan por la solución del suelo antes de alimentar las plantas.

2. Comparando los resultados del estudio del efecto de la deforestación de la selva nublada y su recuperación natural luego de un periodo de más de 24 años, tomando como referencia la información generada por las investigaciones de Grimm y Fassbender (1981), podemos destacar lo siguiente: el cambio en el tipo de uso de la tierra está directamente asociado a una disminución en los niveles de materia orgánica del suelo. Por su parte, la selva nublada intervenida presentó valores similares a los de la selva nublada natural después de 24 años de incorporación de material vegetal regular. Los contenidos de bases cambiables se consideraron bajos en los suelos de selva nublada e intervenida y altos en los suelos bajo cultivo y pastizal, lo que pudo deberse a la aplicación de enmiendas, abonos y fertilizantes a los suelos por el cambio de uso de la tierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- GILBERT, J., R. LÓPEZ R, y R. PEREZ. 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia. Análisis de suelos para el diagnóstico de fertilidad. Maracay, Ve FONAIAP CENIAP. Serie D. No 26. 164 p.
- GRIMM, U. y H. W. FASSBENDER. 1981. Ciclos bioquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. I. Inventario de las reservas orgánicas y minerales (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Na). Turrialba, 31(1): 27-37.
- LODHI, M. 1977. The influence and comparison of individual forest tree on soil properties and possible inhibition of nitrification due to impact vegetation. American Journal of Botany. 64:260-264.
- LUNDGREN, B. 1978. Soil conditions and nutrient cycling under natural y plantations in Tanzania highlands. Forest Ecology and Forest Soils. 31: 1-80.
- MÁRQUEZ, C.O., R. HERNÁNDEZ, A. TORRES, Y W. FRANCO. 1993. Cambios de las propiedades físico-químicas de los suelos en una cronosecuencia de *Tectona grandis*. Turrialba, 43: 37-41.

- MÁRQUEZ, C.O., C. A. CAMBARDELLA, R. C. SCHULTZ, Y T. M. ISENHART. 1999. Assessing soil quality in a riparian buffer by testing organic matter fractions in Central Iowa, USA. *Agroforestry System* 44: 133-140.
- MERGEN, F. Y R. MALCOM. 1995. Effects of hemlock and red pille on physical and chemical properties of succession. *Journal of Soil Science*. 36:571-584.
- MILLES, J. 1985. The pedogenic effects of different species and vegetation types and the implications of succession. *Journal of Soil Science* 36:571-584.
- RAB, M. 1994. Changes in physical properties of a soil associated with logging of Eucalyptus regnas forest in southeastern Australia. *Forest Ecology and Management*. 70:215- 229.
- SINGH, S., S. NATH, D. PAUL, Y S. BENERJEE. 1985. Changes in soil properties under different plantations of the Datjeeling forest divison. *Indian Forest* 3:90-97.
- STEINHARDT, U. Y H.W. FASSBENDER. 1979. Características y composición química de las lluvias de los Andes Occidentales de Venezuela. *Turrialba*, 29:175-182.
- Soil Survey Staff. 2006. *Keys to Soil Taxonomy*. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Tenth Edition. 341 pp.
- VARCARCEL, R. 1982. Clasificación y mapeo de sitios en la Estación Experimental San Eusebio basada en criterios físicos hidrológicos del suelo. Tesis de maestría, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Mérida, Venezuela.
- VERA, M. 1992. Incidencias del manejo tradicional sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de un Vertic Tropohumult en ambiente bioclimático de selvas nubladas. *Agronomía Tropical*, 42: 5-26.
- VERA, M. y R. López. 1995. Estabilidad estructural de suelos en zona de selvas nubladas de los Andes de Mérida, Venezuela. *Venezuelos*, 3(1): 37-45.
- WILLIAMS, R. y G. Cooke. 1961. Some effects of farmyard manure and grass residues on soil structure. *Soil Science*, 92:30-39.