

EFECTOS DEL USO DEL SUELO SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS, CONSIDERANDO SUELOS BAJO COBERTURA DE BOSQUE Y SUELOS BAJO USO AGRÍCOLA¹

Arnulfo Encina Rojas²
José E. Ibarra A.³

ABSTRACT

To know how is soil behaviour in some physical and chemical properties, considering different covering and time of use, was the main objective of this study. The study area was watershed named Arroyo Alegre, District of Ytakry, Department of Alto Parana, Republic of Paraguay in a soil classified as Typic Rhodudalf. The chemical soil properties analyzed were pH, organic matter (O.M) content, phosphorus (P), calcium (Ca⁺⁺), magnesium (Mg⁺⁺), sodium (Na⁺), potassium (K⁺) and aluminum (Al⁺⁺⁺). The physical properties considered were texture and bulk density. According to the results there is a clear differences, specially in O.M, P, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, and K⁺ content among the compared soils, but there are very simmilar behaviour in pH, Al⁺⁺⁺ and Na⁺ content. Soil with fine texture like loamy clay and clay showed higher organic mater content than coarser texture soil like sandy loam. Soils under different covering showed very clear differences. Soils under wood covering and fine texture presented higher content of O.M, Ca⁺⁺ and Mg⁺⁺, comparing to soil under crops covering and fine texture and for soils under wood covering but coarser textures. P and K⁺ content was higher under crops use than soils under wood covering. For soils with more than five years of use the level of O.M, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ and Na⁺ was lower that the soil with less than five years of use. The bulk density was higher for the soils under crops covering than soils under wood covering. Also the bulk density was higher for those soil with fine texture than for those with coarse texture. In conclusion the soil fertility and bulk density showed important differences in soils with different covering and time of use.

Key words: Soil, covering, wood, crops, fertility, physical properties, chemical properties

RESUMEN

Conocer el comportamiento de los suelos bajo diferentes coberturas y el efecto del tiempo de uso en algunas de sus propiedades físicas y químicas fueron los objetivos principales del presente estudio. Fue realizado en la microcuenca del Arroyo Alegre, que forma parte de la Cuenca del Río Acaray, en el Distrito de Ytakry, Departamento Alto Paraná, Republica del Paraguay. Fueron utilizadas muestras de suelos clasificados taxonómicamente, según el sistema Soil Taxonomy, USDA, como Typic Rhodudalf. Las propiedades químicas analizadas fueron pH, contenido de materia orgánica (M.O), fósforo (P), calcio (Ca⁺⁺), magnesio (Mg⁺⁺), sodio (Na⁺), potasio (K⁺) y aluminio (Al⁺⁺⁺). Las propiedades físicas estudiadas fueron textura y densidad aparente. Se da una clara diferencia, principalmente en el contenido de M.O, P, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ y K⁺, así como en la densidad aparente entre los suelos comparados. En cuanto al pH, Al⁺⁺⁺ y contenido de Na⁺, todos los suelos presentaron comportamientos muy similares. Se observó que suelos con textura fina, como ser franco-arcillosa y arcillosa, presentaron mayor contenido de materia orgánica que suelos con textura gruesa, areno-franca. Comparando suelos bajo diferentes coberturas, la variación también fue clara. Suelos bajo cobertura de bosque, con textura fina, franco-arcillosa, poseen mayor cantidad de materia orgánica, calcio y magnesio que suelos utilizados en actividades agrícolas que también presentaron textura fina franco-arcillosa y arcillosa y/o suelos bajo cobertura de bosque pero con textura gruesa, areno franca. El contenido de P y K⁺ fue mayor en suelos con uso agrícola. Suelos con un tiempo de uso mayor a cinco años comparados con los de menor a 5 años de uso presentaron niveles más bajos de M.O, (Ca⁺⁺), (Mg⁺⁺), (K⁺) y (Na⁺), aunque se observó una leve diferencia del elemento fósforo, el cual fue mayor en los suelos con uso mayor a cinco años. La densidad aparente fue mayor en suelos con textura arcillosa, así como la densidad fue mayor en suelos bajo uso agrícola. Las conclusiones finales indican que la fertilidad natural y la densidad aparente de los suelos sufren modificaciones importantes en los terrenos con diferentes coberturas y tiempo de uso.

Palabras clave: Suelo, cobertura, bosque, cultivo, fertilidad, propiedades físicas, propiedades químicas.

1 Trabajo de investigación del Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial y Producción y Tecnología de la FCA - UNA.
2 Ingeniero Agrónomo, MSc, Docente Investigador de la FCA-UNA, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial.
3 Ingeniero Agrónomo, MSc, Docente Investigador de la FCA-UNA, Departamento de Producción y Tecnología, CIEH.

INTRODUCCIÓN

Modificaciones en la cobertura y en el uso del suelo ocasionan no sólo alteraciones de las propiedades químicas, físicas y biológicas del mismo, sino también otros importantes impactos ambientales. La erosión acelerada, uno de los principales resultados de esta alteración, es un proceso donde se produce el arrastre de los componentes orgánicos y minerales de la superficie del suelo por efecto del agua y el viento. En un suelo descubierta, el contenido de materia orgánica, principal fuente de nutrientes para las plantas, disminuye gradual y continuamente. Otro efecto de estas modificaciones es la acidificación del suelo, que se debe principalmente a la pérdida de elementos básicos como el calcio, magnesio, sodio y potasio, por un lado, mientras que por otro aumenta la presencia de aluminio, elemento tóxico para la mayoría de las especies agrícolas (Encina, 1998). Cambios ocasionados por el hombre, en la cobertura del suelo manifiestan también su influencia en los aspectos físicos del mismo como ser, alteración de la estructura, densidad, porcentaje de espacio poroso, entre otros (Encina, et al, 1999).

En los neotrópicos algunas áreas deforestadas están regenerando bosques secundarios sucesionales, otras se utilizan para cultivos agrícolas, pero muchas están siendo convertidas en pasturas para establecimiento ganadero (Fearnside, 1989; Buschbacher *et al.* 1984). Según Keller *et al.* (1993) este cambio en el uso de la tierra puede ser significativo a escala local y global en términos de: 1) interacciones tierra-clima atmosférico; 2) hidrología y transporte de sedimentos; 3) balance global de carbono; 4) química atmosférica; 5) propiedades del suelo; 6) productividad sustentable y 7) biodiversidad. Basu & Behera (1993) en una investigación realizada en la India concluyen que la conversión del bosque a pastura y tierra agrícola resultó en una reducción significativa en el carbono orgánico del suelo, en el nitrógeno total y en el carbono microbiano. Ghuman, *et al.* (1991) investigaron los efectos de la deforestación y el uso posterior de la tierra en Nigeria y encontraron que las propiedades físicas que son afectadas durante el desmonte del bosque son la densidad aparente, la porosidad total, la distribución del tamaño de las partículas, las tasas de infiltración, la conductividad hidráulica saturada y la capacidad de disponibilidad del agua.

En el aspecto ambiental, los cambios en la cobertura del suelo, a más de los procesos erosivos, favorecen la destrucción de acuíferos, facilitan la elevación de la capa freática, causan desertificación y salinización, incrementan en la atmósfera el contenido de dióxido de carbono, ocasionando, entre otros, el conocido efecto invernadero, etc. Según Alexandratos, (1995), la degradación de los suelos afecta cerca de 1.200 millones de ha en todo el mundo, siendo las principales causas la deforestación y el pastoreo excesivo, contribuyendo

cada uno de ellos en 1/3, mientras el resto de la degradación es debido a la mala gestión aplicada a las tierras de cultivos. La erosión de los suelos causada por el agua y el viento, es responsable de la degradación de más de 1.000 millones de ha en el mundo. La degradación debida a la salinización de los suelos es, sobre todo, un problema de las áreas de regadío, estimándose que el 10 – 15% del total de las tierras de regadío sufren cierta degradación debido a la salinización y el anegamiento. Una consecuencia extrema de la degradación de los suelos es la desertificación, que según la FAO, afecta a un 30% de la superficie mundial.

De esta forma, conocer los diferentes efectos resultantes de la alteración de las condiciones naturales del suelo permitirán comprender mejor los cambios y facilitará tomar las mejores decisiones en pro de su cuidado y sustentabilidad (Encina & Ibarra, 2000). Por lo tanto, el objetivo principal del presente estudio se centra en conocer el comportamiento de los suelos bajo cobertura de bosque y suelos bajo cobertura agrícola en algunas de sus propiedades físicas y químicas, así como el efecto del tiempo de uso sobre dichas propiedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en los meses de Mayo a Septiembre del año 2002 en la microcuenca del Arroyo Alegre, ubicado en la localidad de Santa María, Distrito de Ytakyry, Departamento Alto Paraná, aproximadamente 100 Km. al Norte de Ciudad del Este y 415 Km, Noreste, de la ciudad de Asunción. La microcuenca se caracteriza por la presencia de remanentes boscosos subtropicales húmedos (25,46 % del área) y campos agropecuarios (70,03% del área) con el desarrollo preferentemente de cultivos de soja, maíz, algodón, mandioca y trigo, y pasturas como *Brachiaria sp.*, *Panicum maximum var.* Siempre Verde y *Cynodon plectostachyus*. Se puede caracterizar a la microcuenca como suavemente ondulada, con el predominio de las lomadas medias en el 67,84 % del área y las lomadas bajas en el 15,30 %.

En un área clasificada como de lomadas medias y suelo Typic Rhodudalf (Alter Vida, 2000) se seleccionaron dos parcelas de bosque nativo, atendiendo los remanentes existentes, la accesibilidad, la textura del suelo y la presencia cercana de cultivos agrícolas. Se seleccionaron además dos parcelas de agricultura mecanizada, una de ellas con un tiempo de uso menor a 5 años posterior a la deforestación y la otra con un tiempo de uso mayor a 5 años pero menor a 10. El georreferenciamiento de las parcelas fue realizado utilizando instrumento de posicionamiento global o GPS cuyo resultado se presenta en Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las parcelas de estudio.

Parcelas	Coordenadas en UTM	
Bosque Nativo 1 (Sin alteración)	690 958	m Oeste
	7 261 630	m Norte
Bosque Nativo 2 (Sin alteración)	692 509	m Oeste
	7 261 431	m Norte
Agricultura menor a 5 años de uso	692 562	m Oeste
	7 261 587	m Norte
Agricultura mayor a 5 años de uso	693 872	m Oeste
	7 262 597	m Norte

Once muestras de suelo fueron tomadas a una profundidad de 0 – 15 cm, de las cuales cinco correspondieron a los bosques y seis a los cultivos agrícolas. De las muestras de suelo con cobertura de bosque, tres presentaron textura areno franco y dos textura franco arcillosa. De las seis muestras de suelos con cobertura de cultivos agrícolas, tres correspondieron a textura arcillosa y tres al grado textural franco arcillosa.

Para la determinación de la acidez activa o pH, se utilizó el método del pHmetro con suspensión de suelo en agua destilada, el contenido de materia orgánica se determinó mediante el método de oxidación utilizando solución de dicromato de potasio y ácido sulfúrico. El contenido de calcio, magnesio, sodio y potasio mediante el método de Acetato de Amonio 1M y lectura por medio de Espectrofotómetro de absorción atómica y la presencia de acidez intercambiable (Al+H) se determinó mediante el método de Cloruro de Potasio 1M y titulación con hidróxido de sodio 0,05 M. El contenido de fósforo extractable se determinó mediante el método de Mehlich-1, es decir utilizando solución de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico. En cuanto a las propiedades físicas estudiadas del suelo está la textura, la cual se determinó mediante el método de Bouyoucus. Para determinar y comparar grados de compactación se estudió la densidad aparente del suelo mediante el método del cilindro, utilizándose cilindros de acero inoxidable con 100 cm³ de capacidad.

Las muestras de suelo fueron analizadas en el Laboratorio de suelos del Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Asunción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Suelos Bajo Cobertura de Bosque

Los suelos bajo cobertura de bosque y con textura areno franca presentaron pH ligeramente ácido a neutro, el contenido de materia orgánica fue medio, el de fósforo presentó un nivel bajo, el calcio fue también medio, mientras que magnesio y potasio presentaron nivel alto. Con relación al contenido de sodio y aluminio estos suelos presentaron niveles muy bajos, mientras que para la densidad aparente, los niveles estuvieron entre 1,05 y 1,19 g/cm³ (Tabla 2).

Los suelos bajo cobertura de bosque y con textura franco arcillosa presentaron pH ácido a neutro, el contenido de materia orgánica fue alto, el contenido de fósforo presentó un nivel bajo, sin embargo el contenido de calcio, magnesio y potasio fue de nivel alto. Con relación al contenido del sodio y el aluminio en todos los casos de este suelo se presentaron niveles muy bajos. En cuanto a la densidad aparente, las muestras presentaron niveles de 1,13 y 1,22 g/cm³ (Tabla 2).

Suelos Bajo Cobertura de Cultivo Agrícola

Para los suelos bajo cobertura de cultivo agrícola, con un tiempo de uso menor a cinco años y con textura arcillosa, el pH fue ligeramente ácido, el contenido de materia orgánica fue alto, fósforo presentó un nivel bajo, el contenido de calcio, magnesio y potasio fue alto. Con relación al contenido del sodio y el aluminio en todos estos suelos se presentaron en niveles muy bajos. En cuanto a la densidad aparente presentaron niveles entre 1,48 y 1,59 g/cm³ (Tabla 2).

Para los suelos bajo cobertura de cultivo agrícola, con un tiempo de uso mayor a cinco años pero menor a diez años y con textura franco arcillosa, el pH fue ligeramente ácido, el contenido de materia orgánica fue medio, el de fósforo presentó un nivel bajo, el de calcio fue medio, mientras que el magnesio y potasio presentaron un nivel alto. Con relación al comportamiento del sodio y el aluminio en todos estos suelos se presentaron niveles muy bajos. En cuanto a la densidad aparente presentaron nivel entre 1,45 y 1,53 g/cm³ (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de las propiedades físicas y químicas de los suelos según tipos de Cobertura, tiempo de alteración y textura.

Los resultados obtenidos al comparar los bosques con

Tipo de Cobertura y Textura del suelo	pH	M.O %	P ppm	Ca Cmol/ Kg	Mg Cmol/ Kg	K Cmol/ Kg	Na Cmol/ Kg	Al Cmol/ Kg	Densidad g/cm ³
Bosque Nativo 1 Areno Franca	6,8	1,5	2,9	3,1	0,8	0,27	0,02	0,0	1,05
	6,9	1,9	2,9	4,2	0,9	0,34	0,13	0,0	1,13
	7,1	2,7	2,9	5,3	0,9	0,40	0,06	0,0	1,19
Bosque Nativo 2 Franco Arcillosa	5,7	3,8	1,4	7,0	1,5	0,45	0,02	0,0	1,13
	5,6	3,9	4,3	14,6	2,3	0,60	0,06	0,0	1,22
Agricultura Menor a 5 años de uso Arcilla	6,2	2,5	1,4	7,0	0,9	0,80	0,04	0,0	1,48
	6,2	3,2	2,9	11,5	1,8	0,89	0,06	0,0	1,52
	6,3	3,5	7,2	13,3	2,2	0,94	0,06	0,0	1,59
Agricultura Mayor a 5 años de uso Franco Arcillosa	5,8	2,0	1,4	5,3	0,9	0,60	0,0	0,0	1,53
	5,9	2,1	2,9	4,0	1,2	0,60	0,0	0,0	1,45
	6,2	2,5	14,4	3,9	1,5	0,70	0,6	0,0	1,52

las parcelas agrícolas, indican que la densidad aparente es mayor en los suelos con cultivos agrícolas que en los bosques originales, si bien sólo en uno de los casos se presenta coincidencia entre la textura del bosque original con la del cultivo agrícola. El aumento de la densidad en los cultivos pudo deberse al manejo agrícola implementado en las parcelas, ya que se trata de cultivos mecanizados (Tabla 3).

Los resultados coinciden con estudios realizados en Venezuela por (Ibarra, 1995) y en Costa Rica por (Daubenmire, 1972), quienes mencionan el aumento de la densidad aparente de los suelos, por usos agrícolas y ganaderos en el primer caso y por uso ganadero en el segundo, con relación a los bosques originales.

Otro aspecto importante, consiste en la disminución del contenido de la materia orgánica del bosque original de textura franco arcillosa con relación al suelo con cultivo y con un tiempo de uso mayor a 5 años. Esto, se cree, ocurre debido al arrastre que sufre las capas superficiales del suelo desnudo dedicado a actividades agrícolas.

Tabla 3. Resultados promedios de las propiedades físicas y químicas de los suelos según tipos de cobertura, tiempo de uso y textura.

Cobertura Tiempo de uso Textura	pH	M.O %	P ppm	Ca Cmol/ Kg	Mg Cmol/ Kg	K Cmol/ Kg	Na Cmol/ Kg	Densidad g/cm ³
Bosque Nativo 1 Areno Franca	6,93	2,00	2,90	4,20	0,87	0,34	0,07	1,18
Bosque Nativo 2 Franco Arcillosa	5,65	3,85	2,85	10,80	1,90	0,53	0,04	1,18
Agricultura, <5años de uso Arcilla	6,23	3,07	3,83	10,60	1,63	0,88	0,05	1,53
Agricultura, >5años de uso Franco arcillosa	5,97	2,23	6,23	4,40	1,20	0,63	0,02	1,50

Aunque el presente trabajo es un inicio, los resultados obtenidos indican importantes modificaciones en algunas propiedades de los suelos.

Se recomienda que para otros trabajos similares de investigación se de énfasis en resaltar la variabilidad de los suelos de los bosques originales, al menos en su capa superior, en pequeñas áreas de superficie.

Esto significaría proponer métodos de muestreo de suelos mas intensivos, con mayores repeticiones, de modo que se puedan realizar análisis y conclusiones mas consistentes.

Analizar las consecuencias de las modificaciones de los bosques originales del país para su utilización en actividades agropecuarias es una necesidad que debe seguir investigándose, atendiendo la acelerada deforestación registrada en la zona de estudio y los muy escasos bosques remanentes, de modo tal que se obtengan bases científicas claras que orienten y contribuyan con la implementación de modelos.

CONCLUSIONES

- El contenido de materia orgánica, fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio varían de acuerdo a la textura, cobertura y tiempo de uso del suelo.
- En suelos de textura fina es mayor el contenido de materia orgánica en comparación con suelos de textura gruesa.
- Los elementos fósforo, calcio, magnesio y potasio se encuentran en mayor concentración en suelos de textura fina en comparación con suelos de textura gruesa.
- Suelos bajo cobertura de bosque y textura fina presentan mayor contenido de materia orgánica, calcio, magnesio y potasio en comparación a suelos con cobertura de cultivos agrícolas de la misma textura.
- Suelos con menos de cinco años de uso en actividad agrícola presentan mayor contenido de materia orgánica y elementos como el calcio, magnesio, potasio y sodio en comparación a suelos con mas de cinco años de uso.
- Suelos con menos de cinco años de uso en actividades agrícolas presentan menor densidad aparente en comparación a suelos con mayor a cinco años de uso.
- Suelos bajo cobertura de bosque presentan menor densidad aparente que suelos bajo uso agrícola.

LITERATURA CITADA

- ALEXANDRATOS, N. 1995. World Agriculture: Towards 2010. AFAOS Study. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. John Sons. Roma.
- ALTER VIDA. 2000. Proyecto Administración de Recursos Naturales. Plan de manejo de la microcuenca Alegre. Proyecto PAR/94/001-PNUD.
- BASU, S; BECHERA, N. 1993. The effects of tropical forest conversion on soil microbial biomass. Biology and fertility of soils. 16(4):302 – 304.
- BUSCHBACHER, A. 1984. Large scale development in eastern Amazonia pasture management effects near Paraganinas, Perú. In mazonian rain forest ecosystem disturbance and recovery: case study of dynamics under a spectrum of land-use intensities. Springer – Verlag. New York.
- DAUBENMIRE, R. 1972. Some ecologic consequences of converting forest to savanna in northwestern Costa Rica. Tropical Ecology 13: 31-51.
- ENCINA ROJAS, A; IBARRA, J. 2000. Modificaciones del Medio Ambiente y su Impacto en la Población. Revista Población y Desarrollo de la Facultad de Ciencias Económicas (FCE) y el Fondo de Población de las Naciones Unidas (FNUAP). Edición N° 19. Diciembre 2000.

- ENCINA ROJAS, A. 1998. Manual Básico Para la Descripción de Perfiles de Suelos. Asunción, Paraguay, 68 p.
- ENCINA ROJAS, A; MORENO, G; PAREDES, M G. 1999. Influencia de la Pendiente sobre el contenido de Materia orgánica. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Agrarias. Volumen 2. N° 1. Diciembre 1999.
- FEARNSIDE, PM. 1989. Deforestation and agricultural development in Brazilian Amazonia. *Interciencia* 14 (6): 291-297.
- GHUMAN, B.S; LAL, S; SHEARE, B. 1991. Land clearing and use in the in the humid Nigeriam tropics: I. Soil Physical properties. *Soiol Science Society of American Journal*. 55: 178 – 183.
- IBARRA, J. 1995. Sustentabilidad del uso ganadero en zonas de bosque húmedo tropical: parámetros físico-químicos y microbiológicos de los suelos. Facultad de Ciencias. Postgrado en Ecología Tropical. Universidad de Los Andes, Venezuela.
- KELLER, M. 1993. Nitrate limitation of N_2O production and desnitrification from Tropical pasture and rain forest soils. *Biogeochemistry* 22:179-193.