

# CAMBIO EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO POR TRANSFORMACIÓN DE ÁREAS BOSCOSAS EN PASTIZALES EN ZAMORA-CHINCHIPE (ECUADOR)

Leticia S. Jiménez<sup>1</sup>, Eduardo T. Mezquida<sup>2</sup>, Marta Benito Capa<sup>3</sup> y Agustín Rubio Sanchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de investigación y Manejo Sustentable del Suelo. Universidad Técnica Particular de Loja. San Cayetano Alto. 1101608-LOJA (Ecuador)

<sup>2</sup> Dpto. Silvopascicultura. E.T.S.I. de Montes, Universidad Politécnica de Madrid. 28040-MADRID (España)

<sup>3</sup> Dpto. Edafología. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. 28040-MADRID (España)

## Resumen

Las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo pueden verse afectadas por el uso que se hace del mismo, siendo muy importante conocer como funciona un sistema tras haber sido alterado y, en este caso, después de llevar varios años como pastizal de uso ganadero. Para ello se ha efectuado un estudio en la provincia de Zamora-Chinchipe (Ecuador) con 28 muestras de los 20 primeros centímetros del suelo del bosque y otras 28 del de pasto (de más de 30 años) adyacentes, localizadas en siete fincas. Con ellas se determinó la textura, color, densidad aparente, pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio y magnesio disponible. Los suelos de los bosques mostraron menores valores de densidad aparente y pH significativamente más ácidos que los de pastizal. Los valores de materia orgánica fueron altos y los de nitrógeno total fueron medios, encontrándose diferencia estadística para la materia orgánica entre sitios pero no entre usos. De forma general se encontró que tanto los suelos de bosque como los de pastizales son pobres en nutrientes como fósforo, potasio, calcio y magnesio. El calcio y magnesio no presentaron diferencias entre los usos pero sí entre sitios. La diferencia del potasio entre usos (mayor en los suelos de pastizales) probablemente sea atribuible al uso del fuego empleado en la transformación del bosque a pasto y a las habituales tareas de uso de estos suelos como el pastoreo por parte del ganado con su aporte de excrementos.

Palabras clave: *Suelos tropicales, pH, Materia orgánica, Nitrógeno, Macronutrientes, Bosque, Pradera*

## INTRODUCCIÓN

La región amazónica posee una gran riqueza forestal (maderas finas de roble, guayacán, cedro, caoba, etc), florística y faunística que se relaciona con un gran número de diferentes nichos ecológicos en un área pequeña, debido a la alta variabilidad espacial de las condiciones de clima y suelo (ZECH et al., 1999). El incremento de la frontera agrícola, determinadas

prácticas agrícolas, o la extracción de madera, son algunas de las principales causas de la alteración que se está produciendo en estos sistemas naturales. Ello está situando a la región amazónica de Ecuador en una de las zonas de selva amazónica con la tasa de deforestación anual más alta de América del Sur.

En los bosques tropicales, la materia orgánica del suelo contiene la mayoría de los nutrientes esenciales para las plantas, estando muy vincula-

da la disponibilidad de N, P y S de la capa orgánica con la tasa de mineralización (WILCKE et al., 2002). En los bosques de estas regiones, la mayor parte de los nutrientes se encuentran en los árboles y sólo una pequeña parte en el suelo. Por consiguiente, la incorporación de estos nutrientes tras actuaciones de quema, tala o siembra de cultivos, no permite la regeneración del suelo, lo que acarrea un notable descenso de la fertilidad (ZECH et al., 1999). Mientras la conversión de montes en tierras agrícolas y ganaderas continúa amenazando a los bosques tropicales originales, importantes superficies de tierras agrícolas son abandonadas y están siendo colonizadas espontáneamente por bosques secundarios.

El objetivo de este estudio es identificar el cambio que experimentan las propiedades físicas y químicas del suelo al convertir los bosques en zonas de pastos, como consecuencia de las actividades ganaderas, a la vez que valorar la afección a la fertilidad del suelo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

En base a los mapas del ECORAE (Instituto para el desarrollo Regional Amazónico) basados en el IGM (Instituto Geográfico Militar) y con las fotos aéreas de 1976 obtenidas del IGM, se seleccionaron siete sitios experimentales localizados en el Sudeste de Ecuador (coordenadas UTM 17751998 E y 9584147 N). La morfología del entorno resulta irregular debido a la presencia de dos grandes cordilleras Ecuatorianas (la Cordillera Occidental y la Oriental). Las zonas pertenecen a la sección media de la Cuenca del río Zamora (subcuenca Drenajes al Río Zamora) (VALAREZO et al., 1998) con altitudes medias en torno a 924 m.s.n.m. El clima del área de estudio es cálido tropical húmedo, con una temperatura media anual 25°C, y una precipitación media anual de 2100 mm (ALMANAQUE ECUATORIANO, 2002). Los suelos se desarrollan sobre materiales de edad paleozoica, rocas ígneas jurásicas, sedimentarias cretácicas y una gama de depósitos superficiales del Cuaternario (INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA DGGM, 1986). En la región del estudio los suelos dominantes son Inceptisoles del suborden Aquepts, del gran

grupo Tropaquepts y del subgrupo Fluventic (INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA, 1986). En concreto, en la zona de estudio dominan los suelos de la serie Yantzatza, caracterizados por ser suelos moderadamente profundos, procedentes de terrazas aluviales antiguas, mal drenadas, con un horizonte Apg de 20 cm de espesor de textura franco arcilloso (VALAREZO et al., 1998). En este área se han localizado dos tipos de sistemas: uno antrópico (pastizales y cultivos) y otro el Bosque Siempreverde Piemontano de la Amazonía cuya diversidad vegetal pertenece fundamentalmente a las familias: *Annonaceae*, *Arecaceae*, *Lauraceae*, *Lecythidaceae*, *Myristicaceae*, *Meliaceae*, *Mimosaceae*, *Moraceae*, *Euphorbiaceae* y *Melastomataceae* y *Sapindaceae* (SIERRA, 1999).

### Muestreo

Para la selección de los lugares de estudio se tuvo en consideración el tipo de material geológico, la altitud, la pendiente (Tabla 1), la edad de los pastizales y la disponibilidad de los propietarios, disponiendo de información específica sobre las características de manejo. Se han elegido un total de siete sitios experimentales (fincas) donde ha sido posible ubicar un área de bosque secundario muy próxima a otra de área de pastizal, cuyas edades fueran aproximadamente entre 30 y 35 años de antigüedad. En cada una de las dos áreas de cada finca se tomaron 4 muestras del suelo, teniendo la precaución de que ninguno de ellos hubiera sido fertilizado con anterioridad, ni hubiera sido influenciado por quemadas recientes. Para la toma de muestras se utilizó un cilindro metálico ( $\varnothing$  10 cm) a una profundidad de 20 cm; estas muestras se llevaron al laboratorio donde fueron secadas al aire y cernidas en un tamiz de 2 mm para separar la tierra fina.

### Análisis Edáficos

Para determinar la densidad aparente ( $D_a$ ) se pesó la muestra del cilindro, se taró y se aplicó la fórmula:  $D_a = \text{Peso}/\text{Volumen}$ . El color se determinó en seco y húmedo utilizando la tabla de colores Munsell. La textura se determinó por el método de Bouyoucos. El pH con potenciómetro y agua desionizada (LUZURIAGA & MENDOZA, 1992). La materia orgánica (MO) con el método Walkley y Black (NELSON & SOMMERS, 1996). El nitrógeno total (Nt) por el método de digestión

FINCA	USO	Altitud (m)	Pendiente (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
María Sarmiento	bosque	937	37	36,95	24,15	38,90
	pasto	915	33	44,60	21,50	33,90
Matilde Sarmiento	bosque	884	34	44,64	22,25	33,11
	pasto	872	37	51,22	20,50	28,28
Ney Cruz	bosque	881	28	40,98	18,50	40,55
	pasto	909	28	34,08	25,85	40,07
Rafael Cruz	bosque	936	33	66,77	14,50	18,74
	pasto	864	30	63,14	13,25	23,62
María Zuñiga	bosque	906	30	49,89	17,75	32,36
	pasto	836	26	42,92	23,00	34,08
Leonardo Zuñiga	bosque	881	29	36,35	20,85	42,80
	pasto	872	28	38,30	18,30	43,41
Silvio Sarango	bosque	966	34	39,23	24,00	36,77
	pasto	956	32	41,87	23,65	34,48

**Tabla 1.** Altitud, pendiente y porcentajes texturales de las fincas en función del uso del suelo

Kjeldahl (BREMNER & MULVANEY, 1982). El fósforo asimilable (P) extraído por el método OLSEN & SOMMERS (1982) y determinado por colorimetría (MURPHY & RILEY, 1962). Los contenidos de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), mediante una solución Olsen con determinación final por absorción atómica.

### Análisis Estadístico

Para poner a prueba si hubo diferencias en los parámetros edáficos entre las zonas de bosque secundario y los pastizales adyacentes, se usaron modelos generales lineales mixtos (MGLM). Para cada parámetro edáfico se construyó un modelo, tomando el tipo de uso (bosque secundario o pastizal) como factor fijo anidado dentro del factor finca (cada uno de los siete sitios experimentales). El factor finca se definió como factor al azar. La mayoría de las variables fueron transformadas para incrementar la normalidad y homogeneizar las varianzas. Se utilizaron transformaciones logarítmicas, angulares y de Box-Cox, dependiendo del tipo de variable.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Propiedades físicas

Las texturas predominantes en los suelos del estudio realizado varían entre franco-arena-arcillosa y arcillosa (con valores superiores al 30 % de arcilla). La habitual textura arcillosa de los suelos

del área de estudio pertenecientes a los Inceptisoles (Aquepts), en espesores de por lo menos un metro, aparece muy vinculada a procesos de argilización *in situ* (VALAREZO, 2004). Por ello estos suelos son relativamente compactos y cuando son cultivados aparecen problemas por el lento drenaje. Los colores predominantes, según el código de la tabla Munsell, en húmedo se sitúan entre los 10YR (pardo amarillento) y 7,5 YR (pardo oscuro).

El promedio de la Da de los suelos estudiados fue de 0,80 g.cm<sup>-3</sup> (Figura 1). Según los datos del estudio de VALAREZO, (2004) en el horizonte Apg la Da es de 0,78 g.cm<sup>-3</sup>, valor en principio bajo para suelos de textura franco arcillosa y arcillosa. En nuestro estudio la Da de los pastizales fue significativamente mayor (p<0,05) que la de los suelos del bosque, probablemente debido a que el pisoteo del ganado podría favorecer una mayor compactación del suelo de estos pastizales, mientras que, la hojarasca del bosque podría contribuir en sentido contrario.

### Propiedades químicas

La gran mayoría de estos suelos tropicales presentan pH ácidos (Figura 1) determinados por fenómenos de lavado intenso como consecuencia de las altas precipitaciones (alrededor de 2.100 mm anuales), en sintonía con datos de otros trabajos (ALVES & PAZ, 2003; VALAREZO *et al.*, 1998). Nuestros datos señalan unos pH significativamente más altos (p<0,05) en los suelos de los pastizales que en los de bosque, coincidiendo

con otros trabajos (VELDKAMP, 1994) que también detectan pH más ácidos en suelos de bosque que en suelos de los pastizales en Costa Rica.

Los valores de MO en suelos de estos tipos oscilan entre 4,0 y 7,0% (Figura 1) es decir, entre medio y alto (IÑIGUEZ, 1996), siendo el contenido de MO muy alto en el primer horizonte (VALAREZO, 2004). En nuestro estudio los valores de la MO no han mostrado diferencias significativas entre usos ( $p < 0,05$ ), coincidiendo con otros trabajos de ZOTTL & TSCHINKEL (citados por ALVARADO, 2004) quienes descartan que en estos entornos el bosque mejore el contenido de la MO. del suelo, debido a la eficiencia del ciclo biogeoquímico, con rápido reciclado del material vegetal.

Los valores de Nt se han situado de forma general entre 0,1 y 0,4% (Figura 2). A este respecto FASSBENDER & BORNEMISZA (1987) mencionan que el contenido de Nt en los suelos tropicales presenta un amplio rango de variación, situándose los valores entre 0,02–0,4%. En nuestro estudio no se han encontrado diferencias significativas ni entre usos ni entre sitios. El no empobrecimiento en N de los suelos de pastizales puede estar en relación con el hecho de que entre el 60 y 90% del N es depositado de nuevo en el suelo a través de la orina o de los estiércoles (DI & CAMERON, 2002).

### Propiedades nutricionales: Macroelementos

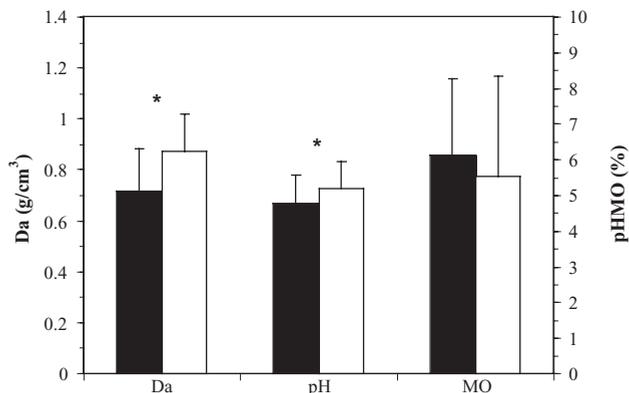
Las bajas cantidades observadas en los macronutrientes Nt, P, K, Ca y Mg (Figura 2) se pueden atribuir al hecho de que la mayor cantidad

de éstos se encuentra en la capa orgánica, que en los suelos de bosque montano bajo en Ecuador es muy delgada (WILCKE *et al.*, 2002). En concreto, en relación al P asimilable son suelos muy pobres, incluso en la totalidad del perfil (VALAREZO *et al.*, 1998). En nuestro estudio el horizonte superior del bosque ha presentado mayor cantidad de este elemento frente al pastizal (Figura 2), aunque sin llegar a ser significativa la diferencia. En una línea análoga a la comentada con el Nt distintos estudios han comprobado que del 60 al 99% del P ingerido por los animales procedente de los pastos es devuelto a los suelos a través de los excrementos (DI & CAMERON, 2002).

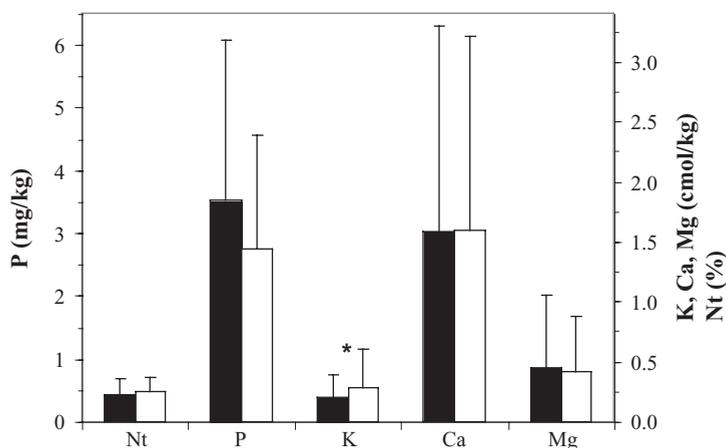
La significativamente mayor cantidad de K en suelos de pasto ( $p < 0,05$ ), en comparación con los de bosque, pudiera estar relacionada con posibles anteriores quemas de estas zonas para su transformación, si bien es verdad que la textura, la vegetación y el tipo de uso del suelo influyen considerablemente sobre este elemento (FASSBENDER & BORNEMISZA, 1987). Las correlaciones entre K, Ca y Mg y el pH han resultado siempre significativas ( $r = 0,44$ ,  $r = 0,73$  y  $r = 0,73$  respectivamente; con  $p < 0,001$  en todos los casos). Para Ca y Mg no se han detectado diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en cuanto al uso, pero sí entre sitios.

### Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Técnica Particular de Loja y a la Universidad Politécnica



**Figura 1.** Valores promedio (y desviación estándar) de Da, pH y MO en los suelos de bosque (barras negras) y de pastizales adyacentes (barras blancas) (\* diferencias significativas entre según los MGLM,  $p < 0,05$ )



**Figura 2.** Valores promedio (y desviación estándar) de macronutrientes en los suelos de bosque (barras negras) y de pastizales adyacentes (barras blancas). \* diferencias significativas según los MGLM,  $p < 0,05$

de Madrid el apoyo brindado. También agradeceremos a Diana Samaniego y Daniel Capa su colaboración en el campo y a Simone Radersma, Pablo Ramón, W. Wilcke y J. Gallardo sus valiosos comentarios.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO, A.; 2004. Producción de madera con bajos insumos, reciclaje de nutrientes en plantaciones y bosques tropicales. *En: IX Congreso Ecuatoriano y I Binacional de la Ciencia del Suelo*: 8-12. Centro de Investigaciones Agronómicas, Escuela de Agronomía Universidad de Costa Rica. Loja. Ecuador.
- ALVES, M. & PAZ, J.; 2003. Variabilidad en el pH de un suelo decapitado sometido a diferentes tratamientos de recuperación. *En: IX Conferencia Española de Biometría*: 3-4. La Coruña.
- ALMANAQUE ECUATORIANO.; 2002. *Almanaque ecuatoriano*. Edipcentro. Riobamba. Ecuador.
- BREMMER, J.M. & MULVANEY, C.S.; 1982. Nitrogen-total. *In: A.L. Page, R.H. Miller & D.R. Keeney (eds.), Methods of soil analysis, part 2. Chemical and microbiological properties*, 2nd edn.: 595-624. (Agronomy series n° 9) ASA. SSSA. Madison.
- DI, H. & CAMERON, K.; 2002. Effects of the nitrification inhibitor dicyandiamide on potassium, magnesium and calcium leaching in grazed grassland. *Soil Use Manage.*: 2-7.
- FASSBENDER, H. & BORNEMISZA, E.; 1987. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. IICA. San José. Costa Rica.
- FIGUEROA, M. 1996. *Fertilidad y fertilización del suelo*. Machala. Ecuador.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA.; 1986. *Compilado del IGM. Paquisha, escala 1:100000, hoja 76*. Zamora Chinchipe. Ecuador.
- INSTITUTO PARA EL ECODesarrollo REGIONAL AMAZÓNICO (ECORAE); 2001. *Mapa geológico, Mapa de Conflictos de Uso, Mapa de Cuencas Hidrográficas, Mapa de Zona Bioclimática. Escala: 1:250000*. Zamora Chinchipe. Ecuador.
- LUZURIAGA, C. & MENDOZA, E.; 1992. *Laboratorio de suelos, fertilizantes y plantas de Tumbaco*. ORSTOM. Tumbaco.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P.; 1962. A modified single solution method for determination of phosphorus in natural waters. *Analysis Chemical Acta* 27: 31-36.
- NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E.; 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. *In: J.M. Bartels & J.M. Bigham (eds.), Methods of soil analysis, part 3. Chemical Methods*, 3rd edn.: 961-1010 (Agronomy series n° 5). ASA. SSSA. Madison.

- OLSEN, S.R. & SOMMERS; 1982. Phosphorus. Methods of soil analysis. In: A.L. Page *et al.* (ed.), *Agronomy Monogr.* 9. Part. 2-2nd ed.: 403-430. ASA and SSSA. Madison.
- SIERRA, R.; 1999. *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental.* Proyecto INEFAN/GEF – BIRF Y ECOCIENCIA.
- VALAREZO, C, IÑIGUEZ, M., VALAREZO, L. & GUAYA, P.; 1998. *Condiciones físicas de los suelos de la región Sur del Ecuador.* Loja. Ecuador.
- VALAREZO, C.; 2004. *Problemas de fertilidad y manejo de los suelos en la región Sur del Ecuador.* 6-7: 1-3. Congreso Ecuatoriano y I Bina-cional de la Ciencia del Suelo. Loja. Ecuador.
- VELDKAMP, E.; 1994. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. *Soil Science. Soc. Am. J.* 58: 175 -180
- WILCKE, W., YASIN, S., ABRAMOWSKI, U., VALAREZO, C. & ZECH, W.; 2002. Nutrient storage and turnover in organic layers under tropical montane rain forest in Ecuador. Blackwell. *European J. Soil Sci.*: 16-26.
- ZECH, W., WILCKE, W. & VALAREZO, C.; 1999. *Influencia del uso del suelo en las propiedades del suelo y de elementos en los elementos en los bosques montañosos del Sur del Ecuador. Informe de los resultados del periodo 1997-1999.* Loja. Ecuador.