

INCIDENCIA DEL INCREMENTO DE TEMPERATURA DEL SUELO DURANTE LA QUEMA DEL MATORRAL SOBRE LA TEXTURA DE LA CAPA MÁS SUPERFICIAL DEL SUELO EN LAS “MACHAMBAS” DE CABO DELGADO (MOZAMBIQUE)

R. ESPEJO¹, V. GOMEZ¹, T. TEREFE¹, F. PEREGRINA, C. PÉREZ².

¹ Dept. Edafología. ETSI Agrónomos. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid
Email: respejo-@eda.etsia.upm.es

² GETINSA, Raimundo Fernández Villaverde, Madrid

Abstract. The influence of the temperature reached by the soil surface during burning of bushes in “*machambas*” of the province of Cabo Delgado (NE Mozambique) on the texture, and release of sand from the topmost surface was studied. Such a temperature, which never exceeded 275 °C, was found to be too low to affect the proportion of sand, which confirms the importance of the pH rise during the process.

Key words: Sand, soil temperature, “*machamba*”, haplic Ferralsol

Resumen. Se estudia la incidencia de la temperatura alcanzada en la superficie del suelo durante la quema del matorral en las “*machambas*” de la provincia de Cabo Delgado (NE de Mozambique) sobre la textura y la liberación de arena de la capa más superficial del mismo. Se encuentra que dicha temperatura, inferior a 275°C, no es suficiente como para afectar al porcentaje de arena, corroborándose la importancia de la subida del pH y la dispersión de los agregados en dicho proceso.

Palabras clave: Arena, temperatura suelo, “*machamba*”, Ferralsol háplico

INTRODUCCION

Cabo Delgado es la más septentrional de las provincias de Mozambique. Se sitúa entre los ríos Rowuma, que hace de frontera con Tanzania, y Lurio, que la separa de la provincia de Nampula, estando constituida por dos regiones litológicas, una plutónico-metamórfica, interior, y otra sedimentaria, entre la anterior y el canal de Mozambique; en esta última, los sedimentos proceden de la erosión de los materiales plutónicos y metamórficos de la primera (Fig. 1). Tanto en una como en

otra región litológica son muy frecuentes varios niveles de amplias plataformas de muy poca pendiente, separadas por valles que conforman el sistema de drenaje cuyos principales emisarios son los ríos Rowuma y Lurio. Con frecuencia en las plataformas de mayor extensión, principalmente en el dominio plutónico metamórfico, existen depresiones alargadas de carácter endorreico, más o menos dendriformes denominadas “*dambos*”, que por lo general se sitúan aguas arriba del inicio de un valle (Espejo *et al*, 2000).

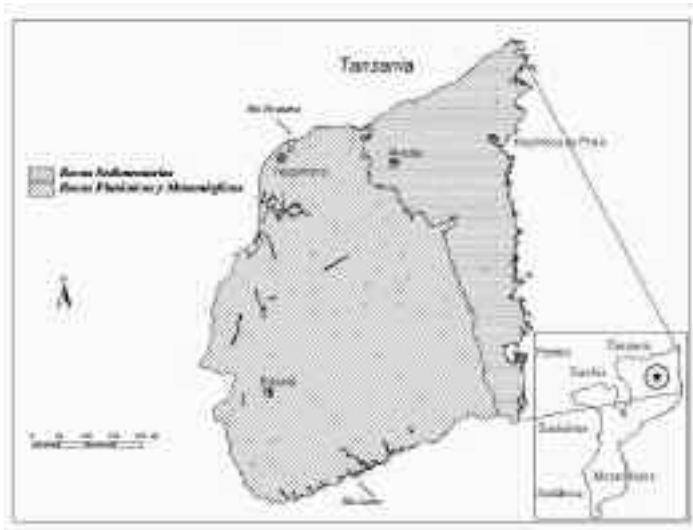


FIGURA 1. Esquema de la litología de la provincia de Cabo Delgado (Mozambique), según Espejo *et al.* (2000).

En gran parte de la superficie de las plataformas se practica una modalidad de agricultura itinerante en la que se quema el matorral, respetándose los árboles de mayor porte para otros usos, como combustible doméstico ó construcción. En la mayoría de los casos, previamente al inicio de estas labores, las empresas madereras han actuado deforestando el bosque preexistente; en cualquier caso, la biomasa afectada por la quema suele estar en forma de matorral. Estas superficies quemadas ó “*machambas*” se cultivan hasta que las extracciones de los cultivos y las pérdidas por lavado agotan los nutrientes liberados en la quema de la biomasa natural.

Este estudio surge de la necesidad de buscar una explicación a la presencia de una delgada capa superficial de arena suelta que se genera en los suelos de las plataformas y que arrastrada por las aguas de escorrentía se desplaza por las vertientes hacia el fondo de los valles y “*dambos*”. Estas arenas sueltas se generan en las plataformas con independencia del material litológico, siendo por lo

general claras en las zonas de rocas sedimentarias y plutónico metamórficas ácidas, en las que son frecuentes los suelos amarillentos y pardo-rojizos, y oscuras en las plataformas desarrolladas sobre rocas plutónico- metamórficas básicas y ultrabásicas, sobre las que se desarrollan suelos rojos (Fotografías 1 y 2). Lo anterior invalida en cierto modo un origen eólico de las arenas, improbable por otro lado por la lejanía de estas plataformas de las zonas arenosas próximas a la costa del canal de Mozambique.

Como explicación para la generación de estas arenas sueltas existe dos posibilidades. Una primera, contrastada con anterioridad (Espejo *et al*, 2001) está en el efecto provocado por la subida del pH en la capa más superficial del suelo como consecuencia del aporte de las bases contenidas en las cenizas de la biomasa. En la mayoría de los suelos ácidos de Cabo Delgado, se han generado unos microagregados estables en cuya génesis interviene el diferente carácter de la carga neta que presentan los minerales de la arcilla,



FOTOGRAFÍA 1: En las cunetas de los caminos se acumula la arena procedente de las plataformas. La fotografía está tomada en una plataforma de la zona de Balama desarrollada sobre rocas ígneas ácidas.



FOTOGRAFÍA 2: Arena negra constituida básicamente por minerales ferromagnesianos en zona de plataformas con suelos rojos desarrollados sobre rocas plutónico-metamórficas predominantemente básicas, también en el sector de Balama.

negativa, y de los oxihidróxidos de Fe, positiva (Espejo *et al.* 2000). La subida del pH cambia la carga de los oxihidróxidos a negativa e incrementa la carga neta negativa de las arcillas, principalmente caolinita, lo que favorece la desagregación que libera las partículas previamente agregadas. Otra explicación, que es la que se intenta validar en este trabajo, podía estar en el efecto que sobre la textura puede ejercer el incremento de la temperatura de la capa superficial debido a la acción del fuego. A este respecto, Sertsu y Sánchez (1978) y Ulery y Graham (1993) entre otros encuentran que los incendios forestales pueden afectar a la textura de la capa más superficial del suelo incrementando en la misma el contenido de arena en detrimento del de arcilla.

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se ha realizado sobre un suelo procedente de la amplia plataforma de Mueda (NE de la zona sedimentaria) a 980 m de altitud y desarrollado sobre sedimentos arenosos de edad pliocena, bajo un matorral lauroideo degradado en una superficie previamente desforestada. La temperatura media anual en Mueda es de 21.4 °C; la precipitación media anual es de 1098 mm; ésta es marcadamente estacional y se produce principalmente entre enero y mayo. La evapotranspiración potencial (Penman) es de 1341 mm. El régimen de temperaturas del suelo es isohipertérmico y el de humedad ústico, (Espejo *et al.* 2000). La vegetación natural de la plataforma de Mueda, muy alterada por la deforestación y el uso agrícola, es un bosque perennifolio con un estrato arbóreo dominado en la actualidad por *Parinari curatellifolia* y otro arbustivo constituido básicamente por especies lauroideas. Predominan en ella los Oxisoles (typic Haplustox y typic Kandlustox) y Ultisoles (typic Kandistults), de color predominantemente amarillento, a

veces en el límite del carácter xántico (Soil Survey Staff, 1999)

Como información adicional, tomada *in situ* y referida al suelo de las “machambas”, en el caso de los oxisoles y ultisoles amarillentos, inmediatamente después de la quema, debajo de las cenizas no se observa enrojecimiento en la superficie del suelo, excepto alrededor del tronco de algunos arbustos más desarrollados en los que el matiz pasa de 7.5YR a 2.5YR, evolución acompañada de un considerable incremento en el valor del chroma (Espejo *et al.* 2000). El porcentaje de superficie afectada por este cambio de color es muy pequeño, posiblemente inferior al 5%.

MATERIAL Y METODOS

Para estimar el efecto de la quema del matorral sobre la temperatura y textura de la capa más superficial del suelo, se seleccionó el horizonte A de un typic Haplustox/Ferralsol haplico (Soil Survey Staff, 1999/FAO 1998) de color amarillo, por ser más fácil apreciar en él la temperatura a la que comienza el enrojecimiento que en los ya inicialmente rojos, situado en el planalto de Mueda. La tabla 1 recoge algunos datos analíticos del mismo. Porciones de 100 g de tierra fina de la parte central del horizonte Ap de este suelo fueron sometidas a temperaturas de 100, 150, 200, 250, 275, 300, 350, 450, y 550 °C durante una hora, las dos primeras en una estufa de desecación, y el resto en un horno mufla. Las muestras se dejaron enfriar a la temperatura ambiente determinándose a continuación el color de cada una mediante una tabla Munsell y un colorímetro Minolta CR-200. Con posterioridad se determinó la textura dispersando previamente la muestra con hexametáfosfato sódico según Kilmer y Alexander (1949).

TABLA 1. Datos analíticos seleccionados del perfil. Según Espejo *et al.* 2000

Perfil	Horizonte	Profundidad /cm	Color (humedo) ^a	Textura ISSS				Limo/Arc	Principales minerales en la fracción Arcilla + Limo		
				Arena g.	Arena f.	Limo	Arcilla		Kaolinita	Hematite	Goetita
A-17	A1p*	0 - 2	7.5YR4.5/2	897	55	5	43	0.11	n.d.	n.d.	n.d.
	A1p	0 - 22	7.5YR2.5/1.5	825	55	5	115	0.04	xxx	--	x
	A2	22 - 47	7.5YR3/2	765	85	5	145	0.03	xxxx	--	xx
	AB	47 - 85	7.5YR3.5/3.5	640	105	5	250	0.02	xxxx	--	xx
	B1	85 - 130	5YR4/6	635	120	10	235	0.04	xxxx	--	xx
	B2	130 - 170	5YR4.5/7	615	110	15	260	0.05	xxxx	--	xx
	B3	170- 210	5YR4.5/7	640	105	15	240	0.06	xxxx	--	xxx
	B4	>210	5YR4.5/7	630	120	15	235	0.09	xxxx	--	xxx

* Capa superficial más arenosa ^a Medido en campo con tablas Munsell

RESULTADOS Y DISCUSION

La tabla 2 muestra los colores de las muestras medidos con tablas Munsell y con el Colorímetro, así como los datos medios de dos determinaciones de las texturas, después de haber sido sometidas al proceso de calentamiento.

Como puede observarse, tanto con las tablas Munsell como con el colorímetro sólo se aprecia enrojecimiento en las muestras que fueron calentadas a partir de los 275°C; quiere esto decir que la temperatura alcanzada durante el incendio del matorral en más del

95% de la superficie del suelo de la "machambas" es inferior a dicha temperatura, y que sólo en la superficie del suelo situado alrededor de los troncos de los arbustos de mayor porte se sobrepasa la misma. Estos datos confirman las observaciones de Zinke *et al.* (1978) y Kettering (2000) sobre la temperatura alcanzada por la superficie del suelo durante el incendio de diferentes tipos de vegetación. Es de destacar la bajada del brillo y del chroma en las muestras calentadas entre 150 y 250° C lo que achacamos al efecto de la carbonización de los restos orgánicos (Ulery y Graham, 1993). A partir de los 275°C se

TABLA 2. Color en seco y textura de muestras de la parte central del horizonte Ap después de ser calentadas a diferentes temperaturas.

Muestra (°C)	Color en seco		Textura (ISSS)		
	Munsell	Colorímetro	arena	limo	arcilla
Ap(25°C)	7.5YR2.5/1.5	7.8YR2.3/1.5	88	0.5	11.5
Ap (100°C)	7.5YR2.5/1.5	7.7YR2.1/1.5	nd	nd	nd
Ap (150°C)	7.5YR2.5/1.5	7.7YR1.9/1.4	89	0.5	10.5
Ap (200°C)	7.5YR2.0/1.5	7.5YR1.4/1.3	90	0.5	9.5
Ap (250°C)	7.5YR2.0/1.5	7.3YR1.3/1.5	nd	nd	nd
Ap (275°C)	5YR2.0/3.0	6.2YR1.5/2.6	95	1.0	4.0
Ap (300°C)	5YR2.5/4.5	5.1YR1.7/3.7	99	1.0	0.0
Ap(350°C)	5YR2.5/5.0	4.8YR1.9/4.2	nd	nd	nd
Ap (450°C)	5YR2.5/5.5	4.6YR3.0/4.6	100	0.0	0.0
Ap(550°C)	5YR3.0/6.0	4.3YR3.6/5.0	100	0.0	0.0

observa un progresivo enrojecimiento así como un incremento en el valor del chroma, lo que de acuerdo con el índice de enrojecimiento de Torrent *et al.* (1983) se traduce en un incremento en el contenido de hematite de la muestra, efecto observado por Ketterings *et al.* (2000).

En lo que a textura se refiere, no sólo en el horizonte A sino en todo el perfil las fracciones dominantes son la arena y arcilla; el contenido en limo es muy bajo siendo esta una de las características del horizonte Oxico/Ferrálico.

Respecto de la textura, los valores medios de las dos repeticiones son muy próximos a los del testigo (25°C) para temperaturas inferiores a 275°C. A partir de esta temperatura decrece progresivamente el contenido en arcilla a la par que aumenta el de arena, lo que viene a coincidir a grandes rasgos con lo observado por Sertsu y Sanchez trabajando con suelos parecidos en Etiopía. Ulery y Graham (1993), y Ketterings *et al.* (2000), también encuentran que temperaturas por encima de 300°C afectan a la textura del suelo al hacer decrecer gradualmente el contenido en arcilla, de modo que esta desaparece a temperaturas superiores a los 500°C.

CONCLUSIONES

En la génesis de la delgada capa superficial de arena suelta que cubre gran parte de los suelos de las plataformas en las que se cultivan las “*machambas*” en la provincia de Cabo Delgado (NE de Mozambique), el incremento de temperatura alcanzado en la superficie del suelo durante la quema del matorral, no tiene un papel destacado, interviniendo prioritariamente la desagregación de los agregados de la parte más superficial del suelo como consecuencia de la subida del pH provocado por el aporte de bases contenidas en las cenizas, como ya fue puesto de manifiesto (Espejo *et al.* 2001).

REFERENCIAS

- Espejo, R., Gómez, V. y Pérez, C. (2000). Caracterización edafo-climática de la provincia de Cabo Delgado (Mozambique). En: El libro blanco de los recursos naturales de la provincia de Cabo Delgado (Mozambique), (GETINSA y AECI eds), pp 1-190. Madrid.
- Espejo Serrano, R., Gomez Miguel, V. y Perez Ybarra, C. (2001). The impact of shifting agriculture on soil erodibility in toposequences of Northeastern Mozambique. En: Conservation Agriculture, A World Challenge, I. García Torres, J. Benites and A. Martínez Vilela (eds). I World Congress on Conservation Agriculture. Vol II 261-265.
- FAO (1998). World reference base for soil resources. *World Soil resources Reports* 84. FAO, ISRIC y ISSS, Roma.
- Ketterings, Q.M. (2000). Slash-and-burn emission and soil temperature model. International Center for Research in Agroforestry. J1. CIFOR, Situgede, Sindangbarang, Indonesia. Working document, June 2000.
- Ketterings, Q.M., Bigham, J.M., and Laperche V. (2000). Changes in soil mineralogy and texture caused by slash-and burn fires in Sumatra, Indonesia. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1108-1117.
- Kilmer, V.J. y Alexander, L.T. (1949). Methods of making mechanical analysis of soils. *Soil Sci.* 68:15-24.
- Sertsu, S.M., and Sánchez, P.A., (1978). Effects of heating on some changes in soil properties in relation to an Ethiopian land management practice. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:940-944.
- Soil Survey Staff (1999). Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture Handbook 436, Washington

- Torrent, J., Schwertmann, U., Fetcher, H., and Alferez, F. (1983). Quantitative relationships between soil color and hematite content. *Soil Sci.* 136:354-358
- Ulery, A.L. y Graham, R.C. (1993). Forest fire effects on soil color and texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:135-140
- Zinke, P.J., Sabhasri, S. y Kunstader, P. (1978). Soil fertility aspects of the Lua forest fallow system of shifting cultivation. In: *Farmers in the forest. Economic development and marginal agriculture in Northern Thailand.* (eds. Kunstader *et al.*), pp 134-159. East-West Center, University Press of Hawaii, Honolulu.