



STOCK DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS DE DIFERENTE TEXTURA Y USO EN EL SUDESTE DE ENTRE RÍOS

Steinbach^{1*}, H.S., A.M. Lupi², H. Rimski-Korsakov¹, C. Álvarez¹, E. Ciarlo¹, R.V. Cosentino², R. Romaniuk²

¹Facultad de Agronomía, UBA, ²Instituto de Suelos INTA Castelar.
E-Mail:steinbac@agro.uba.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto las propiedades edáficas y el uso del suelo sobre el stock de carbono orgánico del suelo (SCO 0-100 cm) en el sudeste de Entre Ríos. El estudio se realizó en la estancia El Potrero, Gualeguaychú, Entre Ríos en suelos con un amplio rango textural, con plantaciones de *Eucalyptus grandis* de 2-4 años y de 8-10 años. A su vez, se seleccionaron sitios de textura fina con uso agrícola y con monte nativo. El SCO fue mayor en suelos de textura fina con excepción de la situación de monte donde se registraron valores de pH superiores a 8, que deprimieron el SCO. El contenido de arcilla del estrato superficial explicó el 73% de la variabilidad del SCO, incrementándose el ajuste a $R^2 = 85\%$ al incluir el pH. Para los rangos de edades estudiadas no se hallaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la cantidad de SCO almacenado en las forestaciones de *E. grandis*, con similar textura. En suelos de textura fina, con uso forestal el SCO fue similar al de aquellos con uso agrícola. Bajo las condiciones de estudio el uso del suelo no sería un factor que afecte el SCO.

PALABRAS CLAVES: stock de carbono, uso del suelo, textura.

INTRODUCCION

El suelo es fuente y sumidero de CO₂ atmosférico, los aumentos en la concentración atmosférica se deben principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y en una parte menor pero apreciable, a los cambios de uso de la tierra. El Informe del IPCC sobre escenarios de emisiones (IPCC, 2000) proyecta un aumento de las emisiones mundiales de gases efecto invernadero (GEI) de entre 25% y 90% de CO₂ entre 2000 y 2030 generando un impacto importante en el balance global (Ordóñez, et al., 2001) Es conocido que el contenido de carbono orgánico del suelo depende de diversos factores, climáticos, edáficos, de manejo y de su interacción (Burke et al., 1989; Saiz et al., 2012; Cai et al., 2018). Entre los factores edáficos la textura tiene un rol preponderante, asociado al rol protector de las arcillas (Oades, 1988) y capacidad de retención hídrica. El cambio de uso del suelo y el manejo de los bosques cultivados contribuyen en forma muy significativa a la absorción del dióxido de carbono. Actualmente son varios los estudios destinados a determinar la capacidad de secuestro de carbono en los ecosistemas forestales, tanto en plantaciones con especies exóticas como en bosques nativos (Berthrong et al., 2012; Boulmane et al., 2017). Los bosques implantados tienen un gran potencial como sumideros de CO₂ por su absorción y transformación en biomasa aérea y subterránea, a la vez que liberan oxígeno a la atmósfera. Se ha demostrado que estos ecosistemas con un manejo adecuado pueden secuestrar más C que otros ecosistemas terrestres (Dixon et al., 1994), contribuyendo notablemente a la mitigación del cambio climático producido por el constante incremento del CO₂ atmosférico. Esta propiedad de fijar C de los ecosistemas forestales ha despertado gran interés en los últimos años, a partir del compromiso por parte de países desarrollados, de otorgar "Créditos de Carbono" o "Bonos Verdes" como una manera de compensar sus emisiones de CO₂ de acuerdo con las bases del Protocolo de Kyoto de 1997. El objetivo de este trabajo fue evaluar el stock de

Organizado por:



1352

carbono orgánico del suelo (SCO) bajo diferentes usos y texturas en suelos del sudeste de Entre Ríos.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en La Estancia el Potrero de San Lorenzo, Gualeguaychú, SE de Entre Ríos, el clima en este sitio es templado húmedo, la temperatura media anual es de 18°C, y la precipitación media anual es de 1136 mm, concentrados durante la primavera-verano. La formación vegetal original es el pastizal templado de la ecorregión Pampa. Se seleccionaron suelos con textura contrastante bajo los siguientes usos: agricultura (15-50 años de agricultura, rotación avena o trigo/soja-maíz), vegetación de monte nativo con mínima intervención antrópica y cuatro rodales de *Eucalyptus grandis* con dos rangos de edades de 2 a 4 años y 8 a 10 años. Con la combinación de suelos y usos se obtuvieron las siguientes situaciones (Tabla 1): 1) FAgri: suelo fino bajo agricultura, 2) FMonte: suelo fino con monte nativo, 3) FEu 2-4a: suelo fino bajo uso forestal, rodal de *Eucalyptus grandis* de 2 a 4 años, 4) FEu 8-10a: suelo fino bajo uso forestal, rodal de *E. grandis* de 8 a 10 años, 5) GEu 2-4a: suelo grueso bajo uso forestal, rodal de *E. grandis* de 2 a 4 años y 6) GEu 8-10a: suelo grueso bajo uso forestal, rodal de *E. grandis* de 8 a 10 años.

Tabla 1. Promedio y rango de variación contenido de arcilla+limo (0-100 cm), para los diferentes usos.

	Arcilla + limo (g kg ⁻¹)					
	FAgri	FMonte	FEu 2-4a	FEu 8-10a	GEu 2-4a	GEu 8-10a
Mínimo	556	663	499	707	333	113
Media	649	668	637	721	380	157
Máximo	713	672	722	741	414	221

Cada tratamiento contó con 3 repeticiones. Se tomaron muestras de suelo en estratos de 20 cm de espesor hasta el metro de profundidad. En cada muestra se determinó el contenido de carbono orgánico (CO) por la metodología Walkley y Black, la densidad aparente (DA) por el método del cilindro con un volumen de 100 cm³, la composición granulométrica por Bouyoucos y pH por potenciometría, relación suelo/agua: 1:2,5. Con los valores de concentración de CO y densidad aparente se calculó la masa de CO (Mg ha⁻¹) por estrato y el stock de carbono (SCO) al metro de profundidad corrigiendo a masa equivalente de suelo con la ecuación (1) (Sisti et al., 2004).

$$SCO = \sum_{i=1}^{n-1} COT_i + [MT_n - (\sum_{i=1}^n MT_i - \sum_{i=1}^n MS_i)]COT_n \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde el SCO es el stock de carbono orgánico (Mg ha⁻¹) a la profundidad donde la masa de suelo es la misma del perfil de referencia; \sum de COT_i (de i hasta n-1) es la suma de carbono orgánico (Mg ha⁻¹) del primer estrato de suelo hasta el penúltimo estrato n-1 del perfil, MT_n es la masa de suelo total del perfil de un tratamiento, MT_i es la suma de la masa de suelo del estrato 1 (superficial) al "n" (estrato más profundo) en el perfil del suelo de un determinado tratamiento, MS_i es la suma de la masa de suelo desde el estrato superficial al "n" (estrato más profundo) en el perfil de referencia, COT_n es la concentración de carbono (Mg C Mg⁻¹ suelo) del último estrato de suelo del perfil del tratamiento.

El mismo criterio utilizado para SCO se aplicó para cuantificar la textura a masa equivalente de suelo. La textura y el SCO, se analizaron a través de ANOVA y test de Tukey (P<0,05). Se establecieron relaciones entre el SCO y las variables de suelo, ajustándose modelos de regresión simple y múltiple por procedimiento Stepwise.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los suelos de las situaciones evaluadas presentaron un amplio rango textural (Tabla 1), de pH, de concentración de CO y de densidad aparente (Tabla 2).

Tabla 2: Promedio y rango de variación de las propiedades edáficas en las situaciones en estudio (en estratos de 20 cm hasta el metro de profundidad, n= 90).

	pH	CO g kg ⁻¹	DA g cm ⁻³
Mínimo	5,1	0,60	1,07
Media	6,9	8,2	1,43
Máximo	10	29	1,71

pH (suelo: agua 1:2,5), CO: carbono orgánico, DA: densidad aparente.

El SCO varió desde un mínimo de 33 Mg ha⁻¹ en el tratamiento GEu 8-10a a un máximo de 192 Mg ha⁻¹ para FEu 8-10a. El SCO en los sitios de textura fina no difirió ($p < 0,05$) entre los usos forestales y agrícola (Figura 1): FEu 2-4a = FEu 8-10a = FAgri. Estas tres situaciones presentaron mayor SCO respecto de GEu 8-10a que también se diferenció significativamente por su menor contenido de arcilla + limo respecto de las demás situaciones. Aunque en FMonte la arcilla y limo fue mucho mayor que la observada en GEu 2-4a y GEu 8-10a no se diferenciaron en el SCO ($p < 0,05$). En esta situación el pH del perfil de FMonte fue más alto que el determinado en el resto de las situaciones registrándose valores mayores a 8,4 a partir del estrato 20-40 cm e incrementándose en profundidad (datos no presentados).

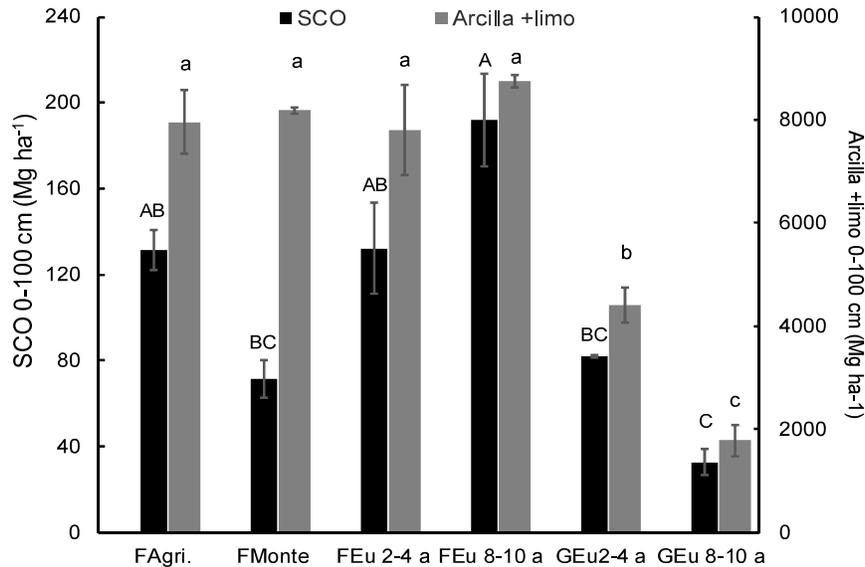


Figura 1. Stock de carbono y contenido de arcilla+limo de 0 a 100 cm (SOC) expresado a masa equivalente de suelo (masa de suelo al metro de 12513 Mg ha⁻¹) para los siguientes tratamientos: FAgri: textura fina agricultura, FMonte: textura fina monte, FEu 2-4 a: textura fina forestal con *Eucalyptus* de 2-4 años, FEu 8-10 a: textura fina forestal con *Eucalyptus* de 8 a 10 años, GEu 2-4 a: textura gruesa bajo uso forestal, rodal de *Eucalyptus* de 2 a 4 años y GEu 8-10 a: Suelo grueso bajo uso forestal, rodal de *Eucalyptus* de 8 a 10 años. Las barras indican el error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

El SCO presentó una relación lineal directa con el contenido de arcilla + limo del suelo de todo el perfil ($R^2=0,49$), mejorando el ajuste ($R^2=0,73$) cuando se lo relacionó con la concentración de arcilla del estrato superficial del suelo (Figura 2, ecuación 2).

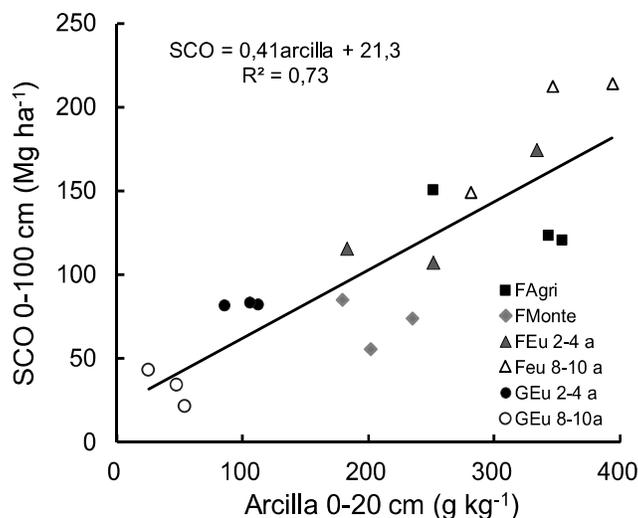


Figura 2: Relación entre el stock de carbono (SCO) y el contenido de arcilla en el estrato 0-20 cm FAgr: textura fina agricultura, FMonte: textura fina monte, FEu 2-4 a: textura fina forestal con *Eucalyptus* de 2-4 años, FEu 8-10 a: textura fina forestal con *Eucalyptus* de 8 a 10 años, GEu 2-4 a: textura gruesa bajo uso forestal, rodal de *Eucalyptus* de 2 a 4 años y GEu 8-10 a: Suelo grueso bajo uso forestal, rodal de *Eucalyptus* de 8 a 10 años. Ecuación 2: $SCO(0-100\text{ cm}) = 0,41 \cdot \text{arcilla} + 21,3$ (0-20 cm), $R^2=0,73$.

Al incorporar el pH a la relación con la arcilla, el modelo pudo explicar el 85% de la variabilidad de SCO (Figura 3, ecuación 3). Cuanto más fina es la textura del suelo en el estrato superficial y pH menores a 8, el SCO fue mayor.

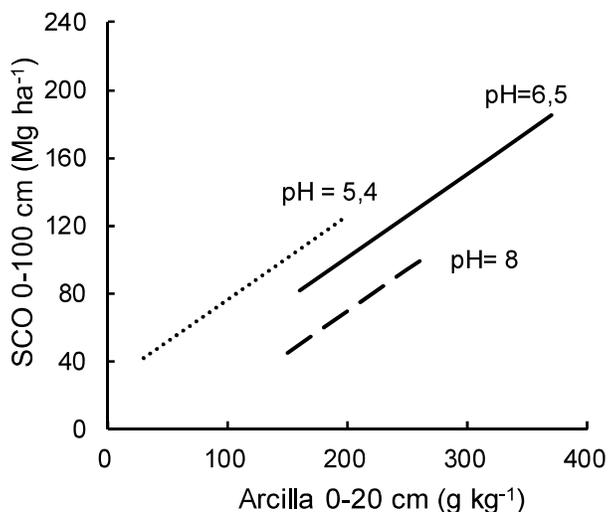


Figura 3. Stock de carbono (0-100 cm) estimado con la ecuación 3, en función del contenido de arcilla ($g\text{ kg}^{-1}$) del estrato superficial (0-20 cm) para tres escenarios de pH representativos de las condiciones de estudio. Ecuación 3: $SCO = 143 + 0,49 \text{ arcilla}(0-20\text{ cm}) - 21,4 \text{ pH}(20-40\text{ cm})$, $R^2=0,85$.

Por otra parte con la concentración de CO del estrato 0-20 cm se pudo estimar muy ajustadamente ($R^2=0,93$) el SCO al metro de profundidad (Figura 4).

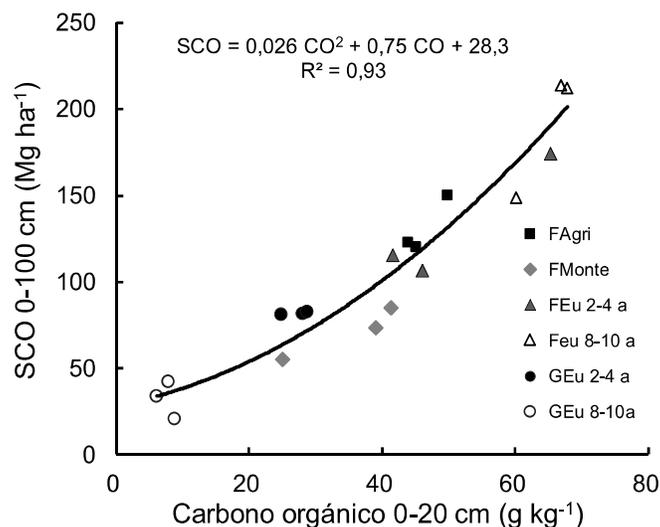


Figura 4. Stock de carbono orgánico (0-100 cm) en función de la concentración de carbono orgánico del estrato superficial del suelo.

CONCLUSIONES

Bajo estas condiciones de suelos y manejo el principal factor que regularía el SCO es la textura y el pH del perfil. Cuanto más fino es el suelo y con pH menores a 8 el SCO fue mayor. El uso del suelo no sería un factor que afecte la acumulación de carbono evidenciándose por la falta de diferencias significativas entre la situación agrícola y las forestales en suelos de textura fina.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por el Proyecto de Investigación Aplicada PIA 14085 (programa BID 2853/OC-AR). Agradecemos al Establecimiento El Potrero de San Lorenzo y a todo su personal por la colaboración recibida que permitieron y facilitaron nuestra tarea.

BIBLIOGRAFÍA

- Berthrong, ST; Piñeiro G; E Jobbagy; RB Jackson. 2012. Soil C and N changes with afforestation of grasslands across gradients of precipitation and plantation age *Ecological Applications*, 22(1): 76–86
- Boulmane, M; H Oubrahim; M Halim; MR Bakker & L Augusto. 2017. The potential of Eucalyptus plantations to restore degraded soils in semi-arid Morocco (NW Africa). *Annals of Forest Science*, 74: 57
- Burke, IC; CM Yonker; WJ Parton; CV Cole; K Flach & DS Schimel. 1989. Texture, climate and cultivation effects on soil organic matter content in US grassland soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:800-805
- Cai, A; W Feng; W Zhang & M Xu. 2016. Climate, soil texture, and soil types affect the contributions of fine-fraction-stabilized carbon to total soil organic carbon in different land uses across China *Journal of Environmental Management*, 172: 2-9
- Dixon, R; S Brown; R Houghton; A Solomon; MC Trexler & J Wisniewsky. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263: 185-190.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2000. *Special Report on Emissions Scenarios*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K. 570 pp.
- Oades, J.M. 1988. The retention of organic matter in soils. [Biogeochemistry](#), 5: 35–70
- Ordóñez, B; HJ De Jong & O. Maser. 2001. Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus*, Michoacán. *Madera y Bosques*, 7(2):27-47

- Saiz, G; MI Bird; T Domingues; F Schrod; M Schwarz; TR Feldpausch; E Veenendaal; G Djagbletey; F Hien; H Compaore; A Diallo & J Lloyd. 2012. Variation in soil carbon stocks and their determinants across a precipitation gradient in West Africa. *Glob. Change Biol.* 5: 1670–1683.
- Sisti, C.P.J., dos Santos, H.P., Kohhann, R., Alves, B.J.R., Urquiaga, S. & Boddey, R.M. 2004. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* 76: 39-58