

Materia Orgánica en suelos de plantaciones de *Ilex paraguariensis* con distintos manejos

Von Wallis, Alejandra^{1,2*}, Pahr, Norberto^{1,2}, Aquino, Diego¹, Knebel, Otto¹

¹ INTA EEA Montecarlo, Montecarlo, Misiones.

² Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado - Misiones

* vonwallis.alejandra@inta.gob.ar

Resumen

El cultivo de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) es uno de los cultivos madre de la provincia de Misiones, se desarrolla sobre los suelos denominados rojo profundos, que son muy susceptibles de degradación y dependientes del nivel de materia orgánica para mantener tanto su fertilidad como sus condiciones físicas. En general, la mayoría los yerbales de la provincia presentan diversidad de manejos y productividades acordes al manejo. Por ello, y con el objetivo de evaluar las concentraciones de Materia Orgánica (MO) en suelos de plantaciones de yerba mate en el norte de Misiones, es que se muestrearon cinco situaciones bajo distintos manejos de suelo, cobertura y productividades. Caracterizada cada situación en función del manejo realizado por cada productor y la productividad media de la plantación, se tomaron muestras de suelo en dos profundidades, 0-10 y 10-30cm, para determinar la concentración de materia orgánica total (MOT) y estimar el stock de C en los primeros 30cm del suelo en cada caso. Los resultados muestran que en la plantación de yerba mate con la mayor productividad (17000Kg.ha⁻¹) de hoja verde y manejada con dos macheteadas manuales por año + aplicación selectiva de herbicidas, fue el que presentó las mayores concentraciones de materia orgánica total en ambos espesores de suelo y también el mayor stock de C (72,63mg.ha⁻¹) en los primeros 30cm de suelo, en relación a las demás situaciones que, en todos los casos, incluyeron en el manejo la remoción del suelo; por lo que se infiere que esta práctica afecta las concentraciones de MOT y la acumulación de C en el suelo al acelerar los procesos de mineralización y alterar la biota edáfica. Se concluye que manejos de suelo con coberturas que no incluyan la remoción, favorecen el aumento de la materia orgánica y en consecuencia la productividad de la yerba mate.

Palabras clave: yerba mate, Misiones, productividad.

Introducción

El cultivo de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) es uno de los cultivos tradicionales de la provincia de Misiones. El 85% de los productores posee entre 1 y 15 hectáreas, y, en la mayoría de los casos la edad de los cultivares es mayor a 30 años, con rendimientos menores a 3000kg/ha (CONINAGRO 2017), encontrándose una gran diversidad de manejo de plantaciones. Los suelos aptos para el cultivo son los conocidos como rojos profundos, muy susceptibles de ser degradados, por lo que es muy importante protegerlos, evitando la erosión y la pérdida de fertilidad (Burtnik, 2006). La materia orgánica del suelo es lo que lo convierte en un ente vivo, por lo que ésta reviste gran importancia en todos los procesos que tienen lugar en él, como ser, el reciclaje de nutrientes, la formación y preservación de la estructura, la mejor utilización del agua y el secuestro de carbono (Sánchez, 2016). El contenido de MO del suelo depende de la tasa de humificación de la MO que se incorpora al suelo como carbono y de los egresos que se generan a causa de su mineralización. La tasa de humificación depende de factores externos o ambientales, de factores internos, que tienen que ver con la naturaleza del residuo aportado (Conti, 2007) o calidad del sustrato en descomposición (Hättenschwiler & Jørgensen, 2010)

y de las interacciones bióticas (Wardle et al., 2004). El laboreo del suelo y el manejo del cultivo afectan tanto las condiciones edáficas, como la composición de la vegetación que aporta materia orgánica fresca al suelo y la biota edáfica. Sin embargo, debido a la complejidad de los sistemas, es difícil predecir el efecto de diferentes combinaciones de manejo de sistemas agrícolas en la MOT del suelo. El rol de la MO es fundamental en la protección del suelo y es, a su vez, indicador de la calidad del mismo al ser muy sensible a los cambios que se puedan producir (Carter, 2002). Según Bárbaro (2017), evaluando la relación entre propiedades físicas y el carbono orgánico de suelos rojos de yerbales, la variación de las propiedades físicas es explicada entre un 25 y 45% por el contenido de carbono orgánico. En este contexto y siguiendo un orden descendente en la relación con el COS, se encuentra la tasa de infiltración, estabilidad de agregados, densidad aparente y % cobertura, produciéndose las mayores relaciones en los primeros 10 centímetros de profundidad. Por su parte, Six et al. (2002), mencionan que la no labranza lleva a potenciales incrementos del contenido de materia orgánica debido a la mayor abundancia de masa microbiana y a que se favorece la población de hongos, los cuales son más eficientes en el ciclo del carbono.

Tabla 1: Caracterización de las plantaciones de yerba mate relevadas.

Yerbal	Producción (Kg ha ⁻¹)	Manejo
Y1	3300	rastra + herbicida + macheteo
Y2	8500	herbicida + macheteo + carpida
Y3	7000	subsulado cada 2 años + herbicida + macheteo
Y4	17000	2 macheteos/año + herbicida
Y5	10700	subsulado

Con el objeto de evaluar las concentraciones de Materia Orgánica (MO) en suelos rojos cultivados con yerba mate en el norte de Misiones es que se seleccionaron y muestrearon varias situaciones con distintos manejos de suelo y cobertura.

Materiales y Métodos

La evaluación se realizó en cinco plantaciones de yerba mate, identificadas como Y1, Y2, Y3, Y4 y Y5, con distintos manejos de suelo y/o coberturas, localizados en cercanías de la localidad de Wanda, al norte de la provincia de Misiones. Los suelos del área de estudio se corresponden con los conocidos localmente como rojo profundos, que son bien drenados, sumamente profundos, muy fuertemente ácidos, con presencia de un horizonte B kándico o argílico, con incrementos graduales de arcilla en profundidad. Poseen baja dotación de nutrientes y buenas condiciones físicas para el desarrollo del sistema radical. Presentan alta susceptibilidad a la erosión hídrica por lo que se requieren prácticas de conservación del suelo. El clima del área se caracteriza por una temperatura media anual de entre 20 y 21°C con una amplitud media anual de 11°C. Las precipitaciones varían en torno a los 1800 a 2000mm anuales y su distribución es del tipo isohigro (Ligier et al., 1990).

La caracterización de cada situación se presenta en la Tabla 1. En cada plantación se instalaron 3 parcelas de 500m², y se tomó una muestra de suelo compuesta por parcela a partir de 10 submuestras para la determinación de la materia orgánica total (MOT) a partir del método Walkley & Blak. Se trabajó en dos profundidades de suelo, 0-10cm y 10-30cm. Se realizó la estimación del stock de Carbono para los primeros 30cm, valores corregidos a una masa de suelo equivalente (Irizar, 2010), utilizándose como sistema de referencia el bosque nativo. El stock de Carbono (C) del suelo se obtuvo mediante la siguiente ecuación: $CO * 10000 * \text{espesor} * \delta ap / 1000 = C \text{ (Mg. ha}^{-1}\text{)}$.

Los datos se analizaron mediante ANOVA y test de Tukey, bajo un diseño completamente aleatorizado, donde se cumplen todos los supuestos estadísticos. Se utilizó el programa Info Stat versión 2018 (Di Rienzo et al., 2018).

Resultados y Discusión

Al analizar los datos de concentración de MOT entre las situaciones evaluadas, para ambos espesores de suelo,

se observa en la figura 1a que, en Y4 la concentración en el espesor de 0-10cm es significativamente mayor que en los otros 4 casos, mientras que para el espesor de 10-30cm (Figura 1b), Y4 sigue presentando la mayor concentración de MO, pero sólo difiere significativamente de Y1, que es la plantación de yerba mate que menor concentración de MOT presenta, indistintamente del espesor de suelo evaluado. Cabe recordar a su vez que Y1 es la situación que presenta la menor producción de hoja verde (Tabla 1), lo que podría estar relacionado en parte con la baja concentración de MOT en el suelo.

La menor concentración de MOT en el suelo en las situaciones Y1, Y2, Y3 y Y5 podría deberse a que en dichas plantaciones el manejo incluye en alguna medida la remoción del suelo, lo que estaría generando un aumento en la tasa de mineralización de la MO, favoreciendo su consumo. Esto, por un lado, afecta negativamente a la mayoría de los organismos fragmentadores y descomponedores (Wardle et al, 1995), que presentan un rol crítico en la incorporación del carbono orgánico al suelo en sistemas subtropicales

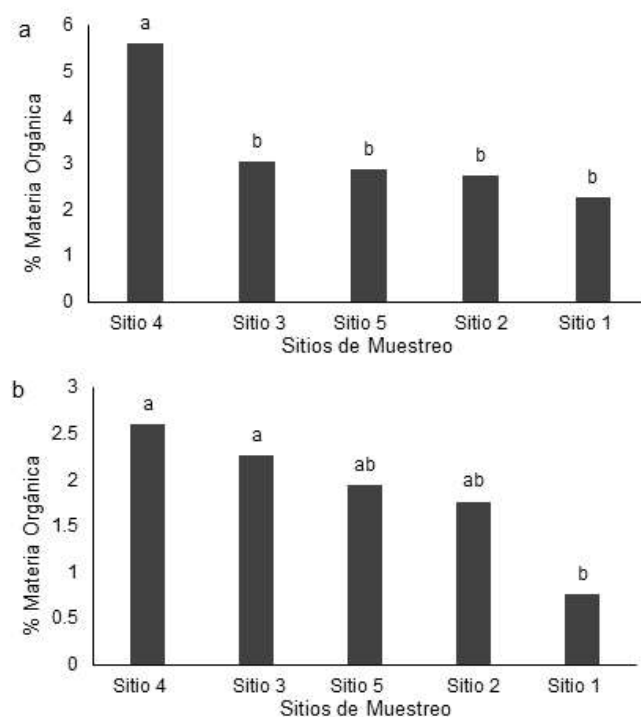


Figura 1: Concentraciones de materia orgánica en el suelo de plantaciones de yerba mate evaluados para a) 0-10cm y b) 10-30cm de profundidad en el norte de Misiones (Argentina).

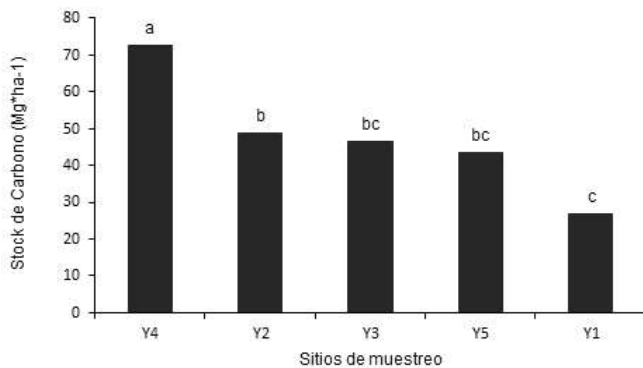


Figura 2. Stock de C (mg·ha⁻¹) para los primeros 30cm del suelo de cinco plantaciones de yerba mate del norte de Misiones.

(Wall et al., 2008). Por otro lado, el laboreo modifica la cantidad y calidad de los restos vegetales que llegan al suelo, particularmente la calidad de estos detritos determina la eficiencia de la biota descomponedora y, en consecuencia, la incorporación de C al suelo (Cotrufo et al., 2013). De acuerdo con diversos autores, entre ellos Sá de Morales et al., (2009), la no remoción del suelo asociada con el aporte de residuos de cultivos, tienen como resultado la reducción de las pérdidas de carbono y el mantenimiento del stock de carbono en los primeros cm del perfil del suelo. Pascale et al., (2003) trabajando en plantaciones de yerba mate de la zona de Oberá, Misiones, mencionan que el mulch de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) mejoró un 22% el contenido de C en la línea de yerba mate respecto a la calle (entrelínea) en muestras superficiales de suelo, y que la caída de C en la calle de la plantación se debe a la falta de protección del suelo y a la remoción provocada por el control mecánico de las malezas. Von Wallis (2013) trabajando en distintos sistemas de preparación de terreno en suelos similares del norte de Misiones en cultivo de pino, observó que aquellos tratamientos que incluyeron el laboreo del suelo presentaron los contenidos más bajos de MOT respecto de tratamientos que implicaron el no laboreo. Según SAGPyA (1995) citado por Pascale et al. (2003), la adopción del pasto elefante para la recuperación de suelos degradados en el cultivo de la yerba mate, junto con la implantación de cultivos de cobertura de verano-invierno como aportes de materia orgánica y técnica de mejoramiento de manejo del cultivo, han logrado incrementar los rendimientos entre un 15 y 20%, y reducir los costos de mantenimiento en un 15%.

Cuando se analizan los valores de stock de C para los primeros 30cm de suelo (Figura 2), se observa que presenta el mismo comportamiento que la variable concentración de MO, resultando el stock de C en Y4 significativamente superior a los demás sitios, alcanzando un registro superior a la situación Y1 en un 63%.

En un estudio realizado por Bárbaro (2017),

donde compara el stock de C para masas equivalentes de suelo en plantaciones de yerba mate manejadas con distintos métodos de control de malezas (macheteo, rastra y químico), el autor señala que los valores de stock de C indican que para los espesores de suelos de 0-10 y 10-20cm, el tratamiento de macheteo presentó valores significativamente más altos que los tratamientos de rastra y herbicida, lo que coincide en parte con el manejo aplicado en Y4 en este estudio. Por su parte, López et al. (2011) hacen referencia a que el mantenimiento de las malezas vivas generalmente gramíneas, controladas mediante cortes sucesivos genera aportes continuos de materia orgánica aérea y radical, mientras que el manejo con rastra disminuye notablemente los contenidos de COS y el stock de C, sobre todo en los espesores superficiales, tal como lo demuestran los resultados hallados por Toledo et al. (2013) en suelos de Misiones. Por ello, Bárbaro (2017) concluye que en ambientes tan susceptibles como los de Misiones, la decisión sobre el manejo del suelo y las malezas impacta automáticamente sobre la sustentabilidad del sistema, por lo que recomienda utilizar el macheteo como técnica de limpieza, y resalta que de esa forma “manejamos el suelo vivo”.

Conclusiones

Los resultados obtenidos marcan una clara tendencia favorable sobre la concentración de MOT y stock de C, o sea sobre la conservación de la MO del suelo, cuando se aplican prácticas de manejo que no involucran procesos de remoción y consecuente aumento de las tasas de mineralización de la MO de los suelos rojos de Misiones con cultivo de yerba mate. También se resalta la importancia de utilizar cultivos de cobertura y sistemas de limpieza que impliquen el mantenimiento del material orgánico en superficie. Si bien los aspectos relacionados a la biota edáfica no han sido evaluados en el presente trabajo, se resalta la importancia de abordar los mismos de manera de comprender mejor las causas de la reducción de materia orgánica y proponer mejoras en los sistemas de manejo actualmente en práctica. Se considera necesario profundizar los estudios referidos a la temática en cuestión.

Institución financiadora: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Bibliografía

- Bárbaro, S. 2017. Estado de degradación de ultisoles bajo diferentes sistemas de control de malezas en cultivos de yerba mate en Misiones. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Buenos Aires.
- Burtnik, OJ. 2006. Yerba Mate: Manual de Producción. INTA, AER Santo Tomé, Corrientes, Argentina. 52pp
- Carter, MR. 2002. Soil Quality for sustainable land

management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal*, 94: 38 – 47

CONINAGRO, 2017. Informe Técnico n°4: Economías regionales: Yerba Mate. Confederación Intercooperativa Agropecuaria, 4, 4pp. <http://www.coninagro.org.ar/DocsVarios/Informes/2017-09-Yerba%20Mate.pdf>

CONTI, M. 2007. Principios de Edafología. Ed. Fac. de Agronomía. UBA. 361pp.

Cotrufo, MF; Wallenstein, MD; Boot, CM; Deneff, K & E Paul. 2013. The Microbial Efficiency-Matrix Stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: do labile plant inputs form stable soil organic matter? *Global Change Biology*. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12113>.

Di Rienzo JA; Casanoves F; Balzarini MG; González L; Tablada M & CW Robledo. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

Hättenschwiler, S & HB Jørgensen. 2010. Carbon quality rather than stoichiometry controls litter decomposition in a tropical rain forest. *Journal of Ecology*, 98, 754–763.

Irizar A. 2010. Cambios en las reservas de materia orgánica del suelo y sus fracciones granulométricas: efecto de la secuencia de cultivo, del sistema de labranza y de la fertilización nitrogenada. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Buenos Aires: Argentina, 123.

Ligier, H; Matteio, H; Polo, H & J Rosso. 1990. Provincia de Misiones Escala 1:500.000. Atlas de Suelos de la República Argentina, INTA Tomo II., Misiones, 111-154.

López, A; Schlönvoigt, A; Muhammad, I; Kleinn, C & M Kanninen. 2011. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. *Revista de Agroforestería en las Américas*, 6 (33): 51-53.

Pascale, C; Heredia, HS; Giuffré, L; Píccolo, G; Conti, M & M Perez Alisedo. 2003. Efecto del uso de la tierra sobre el carbono y el pH en suelos de la provincia de Misiones. Tercera Reunión de Producción Vegetal y Primera de Producción Animal del NOA, 7. <http://www.faz.unt.edu.ar/images/stories/pdfs/pva/0391.pdf>.

Sá de Moraes, JC & R Lal. 2009. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage cronosequence on a Brazilian Oxisol. *Soil and Tillage Research*, 46-56p.

Sánchez, P. 2016. Manejo de la materia orgánica para la producción sostenible. Foro técnico. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CATIE/IICA, 3pp. <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6949/1/BVE18040127e.pdf>.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA). 1995. Alerta Amarilla. “El deterioro de las tierras en la República Argentina”. 287pp.

Six, J; Feller, C; Deneff, K; Ogle, O; Moraes, J & A Albrecht. 2002. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils – Effects of no-tillage. *Agronomie*, 22: 755–775.

Toledo, DM; Galantini, JA; Dalurzo, HC; Vazquez, S & G Bollero. 2013. Methods for Assessing the Effects of Land Use Changes on Carbon stocks of Subtropical Oxisols. *Soil Science Society of America Journal*, 77(5): 1542-1552.

Von Wallis, A. 2013. Contenidos de materia orgánica y condición física de un Kandiuult de Misiones bajo diferentes sistemas de preparación del terreno forestal y bosque nativo. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Buenos Aires.

Wall, DH; Bradford, MA; John, MGS; Trofymow, JA; Behan-Pelletier, V & DE Bignell. 2008. Global decomposition experiment shows soil animal impacts on decomposition are climate dependent. *Global Change Biology*, 14: 661–2677.

Wardle, DA. 1995. Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. *Advances in ecological research*, 26: 105-185

Wardle, DA; Bardgett, RD; Klironomos, JN; Setälä, H; Van Der Putten, WH & DH Wall. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science*, 304: 1629–1633.