

Mineralización de la materia orgánica en suelos con manejo diferencial en cultivo de rosa

Organic matter mineralization in soils with differential management for rose cultivation

Recibido: 1 de noviembre del 2016
Aceptado: 23 de noviembre del 2017
Publicado: 16 de abril del 2018

Angélica Guadarrama-Nonato*, Jaime Mejía-Carranza**, Marithza Guadalupe Ramírez-Gerardo*

Cómo citar:

Guadarrama-Nonato, A., Mejía-Carranza, J., & Ramírez-Gerardo, M. G. (2018). Mineralización de la materia orgánica en suelos con manejo diferencial en cultivo de rosa. *Acta Universitaria*, 28(Online first), 1-9. doi: 10.15174/au.2018.1654

* Tecnológico de Estudios Superiores de Villa Guerrero. Carretera Toluca-Ixtapan de la Sal, km 32.5, La Finca, Villa Guerrero, Estado de México. C. P. 51760. Tel: +52 (714) 1461487. Correo electrónico: marithza@gmail.com; marithza@yahoo.com

** Centro Universitario Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México.

° Autor de correspondencia.

Palabras Clave:

Carbono orgánico; manejo convencional; manejo orgánico; respiración microbiana; *Rosa x hybrida*.

Keywords:

Organic carbon; conventional management; organic management; microbial respiration; *Rosa x hybrid*.

RESUMEN

Las formas de producción florícola impactan en la calidad del suelo, la cual está determinada por diferentes factores entre los que destaca el contenido de materia orgánica. El objetivo de este estudio fue determinar la mineralización de la materia orgánica mediante la liberación de C-CO₂ en sistemas con manejo diferencial en cultivo de rosa: convencional (SPC), orgánico (SPO) y convencional-orgánico (SPCO). Durante cinco meses se cuantificó mensualmente el contenido de N orgánico, nitratos y materia orgánica. Se realizaron incubaciones aerobias del suelo (13 - 15 d) y se estimó el C orgánico mineralizado acumulado. Los valores descendieron durante el estudio de 983 C-CO₂ kg⁻¹ a 167 mg C-CO₂ kg⁻¹ y fue estadísticamente más alto ($p < 0.05$) en los sistemas SPO y SPCO respecto de SPC, atribuido a que en SPC se tuvo un manejo de 90% con aplicación de agroquímicos sintéticos, lo cual impactó negativamente en la actividad microbiana y por lo tanto en una baja mineralización de la materia orgánica.

ABSTRACT

Forms of flower production impacting on soil quality which is determined by different factors, among them the organic matter content. The objective of this study was to determine the mineralization of the organic matter through the release of C-CO₂ in three systems with differential management of the soil in rose production: conventional (SPC), organic (SPO) and conventional-organic (SPCO). Throughout five months it was quantified monthly: organic N, nitrates and organic matter. Aerobic soil incubations were performed between (13 - 15 d) and the accumulated mineralized organic carbon was estimated. The values decreased during the study of 983 mg C-CO₂ kg⁻¹ to 167 mg C-CO₂ kg⁻¹ and was statistically higher ($p < 0.5$) in SPO and SPCO with respect to SPC, attributed to the SPC system had handled 90% with application of synthetic agrochemicals, which negatively impact on microbial activity and therefore in a low mineralization of organic matter.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial es urgente la necesidad de disminuir el impacto de las formas de producción agrícola sobre recursos naturales como el suelo. [Motavilli, Nelson, Udawatta, Shibu & Bardhan \(2013\)](#) estiman que en América los suelos agrícolas están degradados entre 45% y 75%, resultado de factores como las erosiones hídrica y eólica, salinización y alcalinización, acidificación, la propia actividad de la agricultura intensiva, monocultivos, tipo de labranza y contaminación por pesticidas y fertilizantes químicos, entre otros. Particularmente en el Estado de México, entidad de la zona de estudio, la degradación de los suelos es del 61%, atribuido principalmente a erosiones hídrica y química, las cuales han causado disminución de la materia orgánica y en consecuencia de la fertilidad del suelo ([Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales \[Semarnat\], 2003](#)).

En el sur del Estado de México, los municipios que conforman el corredor florícola más importante del país son Tenancingo, Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal, Tonatico, Zumpahuacán y Villa Guerrero. La calidad del suelo de estos lugares se ha visto afectada debido, en gran parte, a la aplicación de productos de síntesis química para optimizar la calidad de la flor. Uno de los impactos negativos de este tipo de acciones son la pérdida de la diversidad y productividad biológica, esta última en parte afectada por salinidad, acidez y la alteración de los procesos regulados por los microorganismos como la mineralización de la materia orgánica ([Conti, González, Gómez, Ferrero & Moreno, 2014; Eisenhauer et al., 2009](#)).

El hecho de no lograr los estándares de los productos demandados por el mercado genera un círculo vicioso, pues se requiere aplicar cada vez más agroquímicos para obtenerlos, lo cual provoca la sustitución de suelos empobrecidos por sitios nuevos donde se ha destruido la vegetación natural. Por otra parte, se ha observado que los floricultores que no cuentan con los recursos económicos para abrir nuevos espacios están cambiando de una producción convencional a una forma más sustentable, considerando la incorporación de materia orgánica de diferentes fuentes.

[Guerrero, Moral, Gómez, Zorzona & Arcenegui \(2007\); Rodríguez & Rodríguez \(2011\)](#) y [Zhang et al. \(2014\)](#) han evidenciado los beneficios de la aplicación de la materia orgánica en diferentes sistemas agrícolas. Algunos de estos beneficios son el mejoramiento de la estructura, incremento de la actividad biológica, disminución de la erosión y salinización; así como el mantenimiento de fertilidad y conservación de elementos como nitrógeno y carbono ([Cristóbal, Hernández, Maldonado & Alvarez, 2015; Ge et al., 2013](#)).

Los cambios en el contenido de materia orgánica del suelo deben conocerse para evidenciar la calidad del mismo, por ello, es importante determinar propiedades relacionadas con ella como retención de humedad, densidad aparente, capacidad de intercambio catiónico ([Carter, Sanderson & MacLeod, 2003](#)) la dinámica de mineralización de la materia orgánica y el efecto sobre los microorganismos del suelo ([Conti et al., 2014](#)), así como la formación de agregados, lo cual está muy relacionada con el manejo del suelo en los agrosistemas pues este puede influir en pérdidas de materia orgánica y erosión ([Devine, Markewitz, Hendrix & Coleman, 2014; Gabioud, Wilson & Sasal, 2011](#)).

Una de las formas para estimar la mineralización de la materia orgánica del suelo es a través del carbono orgánico mineralizado, el cual puede medirse mediante la respiración, por acción de los microorganismos del suelo que liberan C-CO₂ ([Ramírez, Chávez-García & Mejía-Carranza, 2015; Zhao, He, Zhang, Wang & Zhao, 2016](#)). La mineralización de la materia orgánica puede determinarse también mediante la obtención del C orgánico potencialmente mineralizable (Corg PM) que es un valor indicativo de la actividad microbiana y estima el C orgánico que puede ser mineralizado en el suelo en determinado tiempo ([Zhao et al., 2016](#)).

La mayoría de los estudios que han estimado la mineralización de la materia orgánica del suelo basados en el C-CO₂ liberado en incubaciones aerobias, se han realizado en suelo de ecosistemas naturales y de cultivos a campo abierto como maíz ([Espinoza, 2010; Saika, Sundar & Baruah, 2015; Zhao et al., 2016](#)). También se ha evaluado en suelos de hortalizas en invernadero y de campo abierto con manejo orgánico y convencional ([Ge et al., 2013](#)). En el caso de la producción florícola intensiva como el de rosa, existe un vacío de información al respecto.

Teniendo en cuenta que la liberación de C-CO₂ se presenta en mayor cantidad en sistemas donde se aporta materia orgánica ([Cueva, Robles, Garatuzza & Yépez, 2016; Ge et al., 2013; Saika et al., 2015](#)) y con bajo uso de productos químicos sintéticos. Se espera encontrar mayor mineralización en sistemas de producción de rosa con un manejo orgánico que incluyen nada o un mínimo de productos químicos como plaguicidas, que pudieran afectar las poblaciones de microorganismos del suelo ([Pose-Juan, Sánchez-Martín, Herrero-Hernández & Rodríguez-Cruz, 2015](#)). Y así, conocer el impacto de las prácticas agronómicas en la producción de rosa sobre la materia orgánica del suelo y la actividad microbiana, en conjunto con otros estudios donde se involucren otras características del suelo, se promoverán cambios en los sistemas de producción intensiva en la principal región florícola del país. Con ello

se guiará a evitar mayores pérdidas de áreas naturales y sobre todo conservar la calidad de los suelos (Flores et al., 2016).

El objetivo de la presente investigación fue determinar la mineralización de la materia orgánica en forma de C-CO₂ liberado en cinco meses y en tres sistemas de producción de rosa: convencional, orgánico y convencional-orgánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El estudio se ubicó en la comunidad de Santa María Aranzazú, Villa Guerrero, localizada en el Estado de México a 18° 59' 15" N, 99° 38' 57" O y 2300 metros sobre el nivel del mar. Los suelos en la zona de estudio son del tipo andosoles (Sotelo, González, Cruz, Moreno & Ochoa, 2010), los cuales son ácidos, derivados de cenizas volcánicas y formado de materiales ricos en vidrio volcánico, con horizonte superficial oscuro y con vegetación dominante de pino y encino. La investigación se realizó de mayo a diciembre de 2015 en tres sitios de floricultores independientes con manejos diferentes, principalmente en el uso de agroquímicos para el control de plagas y en el enriquecimiento del suelo para la producción de *Rosa x hybrida* variedades Freedom y Samurai injertadas en patrón Natal briar (*Rosa* sp.). Los sistemas fueron: convencional (SPC) con 90% de manejo agroquímico en nutrición y control de plagas; sistema orgánico (SPO), es decir, con un 90% de nutrición y control de plagas utilizando productos orgánicos y, un tercer sistema combinado fue el convencional-orgánico (SPCO) en 50% - 50% respectivamente, con utilización de agroquímicos pero también la incorporación de materia orgánica al suelo de manera regular.

Sistema de producción convencional (SPC)

Es un sistema con un manejo convencional de 500 m² con rosa cultivada de la variedad Freedom, donde la fertilización fue con productos de origen químico sintético como nitrato de amonio, NH₄NO₃; nitrato de calcio, Ca(NO₃)₂; sulfato de magnesio, MgSO₄; sulfato ferroso, FeSO₄; además, elementos menores, los cuales se aplicaron semanalmente de manera alternada. Los productos para el control de plagas se aplicaron tres veces por semana y abarcaron aproximadamente 38 productos de marcas comerciales diferentes cuyo ingrediente activo podía repetirse. Algunos ejemplos son carbofuran, carbendazim, diclofopros, mancozeb, benzoato de emamectina, entre otros. También se utilizaron hormonas como ácido giberélico y productos para controlar plagas basadas en extractos naturales como productos comerciales de Nim (*Azadirachta indica*), ajo (*Allium sativum*), aceite parafinado de petróleo y aceite de semilla de soya (*Gycine max*). En ocasiones se utilizaron

soluciones jabonosas para el control de plagas como pulgón (*Aphis* spp.). Casualmente se incorporó al suelo estiércol de bovino. Aunque se reconoce que el manejo agronómico convencional incluye la labranza del suelo (Martínez, Fuentes & Acevedo, 2008), en este caso el SPC tuvo un mínimo de labranza.

Sistemas de producción orgánica (SPO)

El sistema de 350 m² de superficie cultivado con variedad Freedom se ubicó a 300 m de distancia del SPC. Este sitio se caracterizó por incluir predominantemente diversas técnicas agroecológicas como la introducción de policultivos, aplicación de materia orgánica al suelo, la utilización de repelentes e insecticidas naturales y trampas cromáticas, entre otros; además de una aplicación mínima de productos de origen químico sintético. Estos productos solo se aplicaron en casos de extrema necesidad, principalmente para el control de plagas como araña roja (*Tetranychus* spp.) y pulgón (*Aphis* spp.). Cabe aclarar que el suelo fue el mismo para toda la parcela.

La aplicación de bioles como fuente de fertilización fue una práctica semanal, algunos de estos se elaboraron con calabaza (*Cucurbita maxima*), suero de leche y agua o simplemente fueron mezclas de estiércoles y agua. También se aplicó materia orgánica en forma estiércol fresco de bovino y gallinaza, así como compostas tipo bocashi elaborados por el mismo productor en cantidades promedio mensual de 9.2 t ha⁻¹. Las compostas y bocahi se elaboraron utilizando estiércol fresco de bovino, tierra de monte, carbón, salvado, melaza, levadura, cascarilla de arroz o paja. Los fertilizantes de origen sintético que se llegaron a aplicar fueron fosfato monoamónico, NH₄H₂PO₄; nitrato de potasio, KNO₃ y sulfato de magnesio, MgSO₄. Asimismo se aplicaron productos ricos con microelementos y hormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas. En cuanto al control de plagas, las trampas cromáticas fueron amarillas y los productos repelentes como preventivos fueron a base de extractos de plantas como el ajo, chile, cebolla y canela, principalmente. De igual forma se usaron melaza, vinagre, jabón detergente, shampoo y productos comerciales naturales como aceite vegetal de soya (*Glycine max*). En este sistema se sembró entre pasillos ajo (*Allium sativum*) con el objetivo de obtener otros productos y aprovechar el espacio, además este cultivo también sirvió de repelente para plagas. Se aplicó paja de trigo en el suelo para conservar humedad y residuos del corte de rosa, también se realizaron controles de la maleza de manera manual dejándola como abono en el suelo.

Sistema de producción convencional-orgánica (SPCO)

Se ubicó a 5 m de SPO y a 355 m del SPC con un área de 350 m² cultivada con la variedad Samurai. El manejo

de este sistema en los últimos cuatro años fue de forma combinada y proporcional con productos de origen químico, sintéticos y orgánicos. Se fertilizó con materia orgánica estabilizada como composta y materia orgánica sin estabilizar como estiércol de bovino, ovino y gallinaza, así como mezclas de estos. También se aplicó luma de champiñón (residuo de la producción de champiñón). La cantidad de materia orgánica que se aplicó mensualmente fue en promedio de 19 t ha⁻¹. En este sistema se aplicó también cada semana un producto orgánico comercial llamado Nevado® rico en N, P y K y microorganismos benéficos. Asimismo, se utilizaron productos de origen sintético como nitrato de calcio, CaNO₃; nitrato de potasio, KNO₃; fosfato diamónico, (NH₄)₂HPO₄, entre otros. Para el control de plagas se manejaron plaguicidas de origen químico sintético con diferentes ingredientes activos como bocacid, clorotalonil, zineb, oxamil, carbofurán, entre otros, y se utilizaron hormonas del productos Maxi-Grow Excel. A diferencia de los otros sistemas, no se aplicaron productos naturales para el control de plagas y enfermedades.

Determinación de variables edáficas

Al inicio de las evaluaciones se realizaron algunas determinaciones físicas y químicas del suelo de cada uno de los sistemas de producción (tabla 1). Para ello, se realizó un muestreo en zig-zag a una profundidad de 20 cm en cada sitio. Se obtuvo una muestra compuesta de cinco submuestras debido a que el área de cada sistema de producción fue menor a 2 ha y porque no se detectó algún gradiente de humedad, salinidad o anormalidad en alguno de las áreas

trabajadas (Rodríguez & Rodríguez 2011). El suelo se transportó en bolsas de polietileno tipo zip al Laboratorio de Química del Tecnológico de Estudios Superiores de Villa Guerrero, luego se secó a la sombra (25 °C), se molió y tamizó (2 mm).

Determinación del contenido de materia orgánica (MO), nitrógeno orgánico (N orgánico) y nitratos (NO₃⁻)

Se realizaron cinco muestreos de suelo en cada uno de los tres sistemas de producción en diferentes meses del año, correspondientes a mayo, julio, octubre, noviembre y diciembre. Las muestras se secaron y tamizaron como se describió anteriormente. Se determinó el contenido de carbono orgánico del suelo mediante el método de Walkley-Black (1934).

Determinación del Carbono orgánico mineralizado acumulado (Corg MA)

Se incubaron 100 g de suelo seco y tamizado a una temperatura de 28 °C ± 1 °C, a una humedad del 55% de espacio poroso lleno de agua (densidad de suelo de 1.3 g cm⁻³). Se utilizaron frascos herméticos de 1 L, para capturar el C-CO₂ liberado se introdujo un recipiente con 10 mL de NaOH 0.1 M y se valoró con HCl 0.5 M, agregando 5 mL de BaCl₂ 0.5 M. La cuantificación de C-CO₂ se realizó cada 24 h en un periodo entre 13 y 15 d (García, Gil, Hernández & Tasar, 2003).

Tabla 1 Características físicas y químicas del suelo en los tres sistemas de producción de rosa.

Característica	Sistema de producción		
	Convencional	Orgánico	Convencional-orgánico
Textura arena, limo, arcilla, %	77-22-1 Franco-arenosa	60-34-6 Franco-limosa	54-39-7 Franco-arenosa
pH (1:2) agua	6.3	6.14	5.9
Conductividad eléctrica(1:5) agua, dSm-1	0.97	0.54	0.70
Materia orgánica, %	3.96	4.19	4.62
Carbono orgánico, %	2.30	2.43	2.68
Nitrógeno total (N), %	0.20	0.21	0.23
Fósforo (P) (Bray), ppm	325.4	505.20	529.33
Potasio (K), ppm	1 658.58	1 672.17	1 544.63
Sodio (Na), ppm	45.78	53.01	101.58
Magnesio (Mn), ppm	258.74	460.77	486.11
Calcio (Ca), ppm	3 837.10	5 623.23	3 733.94
Fierro (Fe), ppm	12.40	6.70	22.70
Cobre (Cu), ppm	1.20	6.70	0.12
Manganeso (Mn), ppm	0.20	0.01	0.01
Boro (B) ppm	21.71	27.16	21.82

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de datos

Los valores del porcentaje de materia orgánica, N orgánico y NO_3^- para cada fecha y sistema de producción, así como el contenido de Corg MA en cada muestreo se compararon mediante un análisis de varianza ($p < 0.05$), donde hubo diferencias significativas las medias se analizaron mediante la prueba de diferencia mínima significativa (dms). El procesamiento de datos se realizó con el paquete estadístico SAS versión 8. El Corg MA se ajustó a un modelo lineal para conocer el Corg potencialmente mineralizable y las tasas de mineralización.

RESULTADOS

Las características físicas y químicas del suelo de los sitios de estudio indicaron dos tipos de texturas, en donde SPC y SPCO presentaron una textura franco-arenosa y SPO franco limosa (tabla 1). Los valores de pH indicaron suelos ligeramente ácidos; mientras que el contenido de materia orgánica fue alto en los tres sistemas de producción, con una relación C/N promedio de 11.6.

Materia orgánica y N orgánico

El contenido de materia orgánica del suelo en los tres sistemas de producción osciló entre 3.2 y 7.9% (tabla 2). El valor máximo se registró en el sistema orgánico (SPO) en el mes de mayo y fue diferente estadísticamente de los sistemas de producción convencional (SPC) y convencional-orgánico (SPCO) ($p < 0.05$). Los porcentajes de materia

orgánica registrados en los sistemas SPO y SPCO en los meses de julio, octubre, noviembre y diciembre no mostraron diferencias estadísticas significativas entre ambos, pero los valores fueron mayores respecto al sistema SPC ($p < 0.05$).

Respecto al contenido de N orgánico, en los tres sistemas de producción se encontró un intervalo entre 0.16% y 0.43%; sin embargo, este último valor fue solamente en SPCO en uno de los meses considerados, por lo que se puede decir que el porcentaje de N orgánico se mantuvo entre 0.16% y 0.35%. En el sistema SPO el intervalo del contenido de N orgánico se registró entre 0.16% y 0.22%, observándose una menor fluctuación, mientras que en SPCO el intervalo fue más amplio (tabla 2). El contenido de N orgánico en todo el tiempo de estudio fue diferente estadísticamente ($p < 0.05$) entre los tres sistemas de producción, excepto en los dos últimos meses, donde SPO presentó un contenido de N orgánico menor respecto a SPC y SPCO y donde estos últimos sistemas no difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Contenido de NO_3^-

La concentración de NO_3^- considerando los diferentes sistemas de producción indicó un valor mínimo de 50 mg kg^{-1} y máximo de 250 mg kg^{-1} y no se observó una tendencia clara en cada manejo agrícola (tabla 3). El valor promedio durante todo el estudio indicó que la concentración fue menor en SPO (137 mg kg^{-1}), mientras que en SPC Y SPCO los valores fueron similares (169 mg kg^{-1}).

Tabla 2 Materia orgánica y N orgánico del suelo en tres sistemas de producción de rosa: convencional (SPC), orgánica (SPO) y convencional-orgánica (SPCO)

	Mayo	Julio	Octubre	Noviembre	Diciembre
Materia orgánica (%)					
SPC	7.13 ± 0.08b	3.63 ± 0.59a	5.20 ± 0.16b	5.33 ± 0.22a	3.23 ± 0.36b
SPO	7.98 ± 0.16a	4.26 ± 0.04a	6.28 ± 0.12a	5.92 ± 0.23a	3.94 ± 0.16ab
SPCO	5.60 ± 0.20c	4.26 ± 0.12a	6.14 ± 0.09a	5.92 ± 0.08a	4.62 ± 0.12a
mds	0.529	1.177	0.438	0.664	0.815
Nitrógeno orgánico (%)					
SPC	0.167 ± 0.00b	0.354 ± 0.02 ^a	0.167 ± 0.02c	0.325 ± 0.0a	0.223 ± 0.01a
SPO	0.167 ± 0.01b	0.223 ± 0.01b	0.223 ± 0.01b	0.205 ± 0.01b	0.176 ± 0.3b
SPCO	0.223 ± 0.01a	0.176 ± 0.01c	0.437 ± 0.01a	0.222 ± 0.02b	0.213 ± 0.2a
mds	0.0005	0.026	0.018	0.026	0.026

N=3 ± Error estándar, mds, mínima diferencia significativa; Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p < 0.05$).
Fuente: Elaboración propia.

C orgánico mineralizado acumulado (Corg MA)

Para estimar el Corg potencialmente mineralizable, los datos del Corg MA se ajustaron a un modelo lineal. Las tasas de mineralización (a) fueron diferentes en cada sitio y mes muestreado aunque con una tendencia a disminuir en el tiempo (tabla 4). Se observó que los valores iniciales de Corg MA en cada fecha fueron mayores en SPO Y SPCO, en este último se registraron los valores más altos.

El Corg MA registrado al término de las dos semanas de incubación en cada mes indicó valores más altos en SPO y SPCO en comparación a SPC ($p < 0.05$) (tabla 5). En los meses de mayo y julio, el Corg MA fue mayor estadísticamente en el sistema SPO respecto del resto de los otros sistemas de producción, sin embargo, en los meses de octubre, noviembre y diciembre esta tendencia cambió, pues se encontró un mayor Corg MA en SPCO, seguido por SPO y finalmente SPC. El Corg MA fue prácticamente diferente en los tres sistemas de producción ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

El contenido de materia orgánica en los tres sistemas de producción no mostró una tendencia clara durante el periodo de estudio. A diferencia de otras investigaciones en sistemas convencionales (Espinoza, 2010; Martínez et al., 2008), el contenido de MO registrado en SPC es alto, atribuido a que no se presentó un sistema de labranza donde el volteo del suelo pudiera favorecer la mineralización de la materia orgánica y, por lo tanto, disminuir del

porcentaje de esta. Aunque la tendencia no es muy evidente, los sistemas SPO y SPCO donde se aplicó materia orgánica de diferentes fuentes (estiércoles, compostas o bioles) tuvieron un mayor porcentaje de materia orgánica con respecto a SPC (tabla 2); hecho que repercutió positivamente en la actividad del suelo, pues en estudios similares se ha encontrado que la materia orgánica fomenta la presencia de biomasa microbiana y por consiguiente procesos como la degradación de la misma, mineralización de nutrientes y paulatinamente la formación de agregados (Benbi, Brar, Toor & Sharma, 2015; Geissen & Morales 2006; Graham & Haynes 2005; Moreno-Cornejo, Zorzona, Doane, Faz & Horwarth, 2015). Es importante mencionar que las fluctuaciones registradas en el contenido de materia orgánica también se atribuyeron al papel de otros factores edáficos como temperatura y humedad (Cueva et al., 2016; Sánchez-Hernández et al., 2011) variables que no se midieron en este estudio y que son muy importantes.

Tabla 3

Contenido de nitratos del suelo en tres sistemas de producción de rosa: convencional (SPC), orgánica (SPO) y convencional-orgánica (SPCO).

	Julio	Octubre	Noviembre	Diciembre
	mg kg ⁻¹			
SPC	250 ± 0a	50 ± 0b	200 ± 50a	175 ± 43a
SPO	150 ± 50b	50 ± 0c	100 ± 0a	250 ± 0a
SPCO	100 ± 0b	250 ± 0a	150 ± 50a	175 ± 43a

N = 3 ± Error estándar, mds, mínima diferencia significativa; Medias con la misma letra no difieren estadísticamente; ($p < 0.05$).
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4

Ajuste del carbono orgánico mineralizado acumulado al modelo $y = ax + b$ en los tres sistemas de producción de rosa: convencional (SPC), orgánica (SPO) y convencional-orgánica (SPCO).

	Sistemas de producción					
	SPC		SPO		SPCO	
Mayo	48.2x + 56.3	r ² = 0.995	70.3x + 147.5	r ² = 0.979	67.2x + 99.8	r ² = 0.982
Julio	22.1x + 90.2	r ² = 0.976	45.4x + 295.8	r ² = 0.943	17.9x + 141.5	r ² = 0.985
Octubre	10.9x + 23.2	r ² = 0.973	21.3x + 80.13	r ² = 0.967	30.3x + 108.9	r ² = 0.982
Noviembre	13.4x + 46.8	r ² = 0.962	31.0x + 151.5	r ² = 0.965	35.9 x + 249.0	r ² = 0.949
Diciembre	21.4x + 29.3	r ² = 0.955	41.4x + 103.5	r ² = 0.963	47.6 x + 118.2	r ² = 0.953

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5

C orgánico mineralizado acumulado (Corg MA) de suelo después de dos semanas de incubación en sistema de producción convencional (SPC), sistema de producción orgánica (SPO) y sistema de producción convencional-orgánica (SPCO) de rosa.

	Sistemas de producción				
	Mayo	Julio	Octubre	Noviembre	Diciembre
	Corg MA (mg C-CO ₂ kg ⁻¹)				
SPC	601.1 ± 25c	381.2 ± 22b	140.8 ± 13c	181.3 ± 7c	167.1 ± 7b
SPO	983.2 ± 27a	892.1 ± 29a	319.5 ± 09b	470 ± 09b	372.2 ± 7a
SPCO	882.3 ± 06b	392.8 ± 05b	432.1 ± 11a	613.3 ± 8a	422.1 ± 31a

N = 3 ± Error estándar, mds, mínima diferencia significativa; Medias con la misma letra no difieren estadísticamente; ($p < 0.05$).
Fuente: Elaboración propia.

Los valores registrados de N orgánico fueron más altos a los reportados por [Ramírez et al. \(2015\)](#) en suelos de sistemas florícolas de la región, donde el valor promedio osciló alrededor del 0.1%, lo cual se atribuye a que en los sistemas estudiados por estos autores apenas iniciaban con el uso de materia orgánica como fuente de nutrientes. Por otra parte, el contenido de N orgánico promedio obtenido durante todo el estudio indicó que en SPCO fue de 0.25%, mientras que en SPO fue alrededor de 0.19%, debido a que en este último existe un aporte de materia orgánica (compost, estiércoles y bioles) que promueve la actividad microbiana y, por lo tanto, una mayor mineralización del N orgánico como lo reporta [Cristóbal et al. \(2015\)](#). En cambio, en SPC el promedio de N orgánico alto (0.25%) se explica por la baja actividad microbiana que pudiera mineralizar el N orgánico como ha sido reportado en situaciones similares ([Celaya-Michel & Castellanos-Villegas, 2011](#); [Cristóbal et al., 2015](#)).

El contenido de NO_3^- en los diferentes sistemas de producción fue inestable como ha sido reportado en estudios similares ([Cristóbal et al., 2015](#); [Quan et al., 2016](#); [Sabiené, Kusliené & Zaleckas, 2010](#)), la dinámica fluctuante se debe a la presencia de varios procesos involucrados como el balance entre la formación y fijación del nitrógeno, así como de la inmovilización de este; además en los sistemas de producción orgánica como en SPO también puede estar influyendo la frecuencia y dosis a la cual se incorpora la materia orgánica ([Sabiené et al., 2010](#)). Asimismo, la mineralización de N que proviene de fuentes orgánicas a diferencia de N que proviene de los fertilizantes químicos sintéticos, para dar lugar a NO_3^- , no depende únicamente de la cantidad presente en los residuos orgánicos, sino que está condicionado por la calidad de la materia orgánica, es decir, si es muy lábil o resistente ([Conti et al., 2015](#)) y de otros factores que retardan o aceleran su mineralización como la temperatura y la humedad ([Figueroa-Barrera, Álvarez-Herrera, Forero, Salamanca & Pinzon, 2012](#)).

En el sistema con manejo 90% orgánico (SPO) el contenido de NO_3^- promedio durante el periodo de estudio fue de 137 mg kg^{-1} ($31 \text{ mg N-NO}_3 \text{ kg}^{-1}$), mientras que en SPC y SPCO fue de 168 mg kg^{-1} ($38 \text{ mg N-NO}_3 \text{ kg}^{-1}$). De acuerdo a [Sabiené et al. \(2010\)](#), entre 15 mg kg^{-1} y 20 mg kg^{-1} de N-NO_3^- indica una cantidad muy alta de nitrógeno mineral, lo cual impacta a nivel nutricional, económico y ambiental, ya que los NO_3^- tienden a perderse por lixiviación o desnitrificación y, además, si existen en exceso implica pérdidas económicas y la contaminación de cuerpos de agua a donde son arrastrados ([Quan et al., 2016](#)).

Las tasas de mineralización obtenidas mediante el ajuste al modelo lineal indicó que fueron mayores respecto a lo reportado en otros estudios ([Awad et al., 2016](#); [Birge et al., 2015](#); [Glaser, Lehman, Führböther, Solomon & Zech, 2001](#)), asociado al alto contenido de materia orgánica y

actividad microbiana del suelo (tabla 4). En este sentido, es importante considerar que los tipos de suelo no tienen las mismas condiciones, donde resalta el tipo de manejo. Además, la textura en SPC y SPCO permitiría tener mayor porosidad de los suelos y, por lo tanto, una mayor mineralización de la materia orgánica respecto a SPO, situación similar que ha sido reportado en otros estudios ([Lacasta, Benítez, Maire & Meco, 2006](#)).

Con las incubaciones aerobias del suelo se obtuvo el Corg MA de cada mes (tabla 5). Los resultados indicaron que un manejo 90% convencional en el uso de plaguicidas como en SPC, influyó en la baja actividad microbiana y por consiguiente en un menor Corg MA, debido a que los productos químicos pudieron generar cierta toxicidad al suelo por la presencia de compuestos como carbamatos, organofosforados y avermectinas, los cuales han sido reportados afectan a los microorganismos del suelo ([Cycon, Piotrowska & Koxdrój, 2010](#); [Pose-Juan et al., 2015](#); [Hosseini & Ogbourne, 2016](#)) y en este sistema han sido ampliamente utilizados, por lo que esto limita el proceso de mineralización de materia orgánica y liberación de C-CO_2 . Además, la baja entrada de materia orgánica al suelo en este tipo de sistema contribuye también a obtener valores menores de Corg MA en comparación a los otros sistemas estudiados.

El tipo de la materia orgánica aplicada en SPO y SPCO durante el periodo de estudio se considera un factor determinante que influyó en la dinámica diferencial de Corg MA de ambos sistemas ([Guerrero, Quintero-Lizaola, Espinosa-Hernández, Benedicto-Valdés & Sánchez-Colín, 2012](#); [Zhao et al., 2016](#)). En este sentido, las compostas aunque las elabora el mismo floricultor no se realizan siempre sistemáticamente ya que pueden variar los ingredientes y las proporciones utilizadas. Igualmente, no se puede asegurar que las compostas tuvieran siempre el mismo grado de madurez al momento de ser aplicadas, lo cual impacta en la dinámica de mineralización de la materia orgánica del suelo. Y en el caso de la incorporación de estiércoles y gallinazas, siempre existe cierta variabilidad microbiológica y nutricional inherente a su origen, composición y fabricación ([Félix et al., 2010](#); [Zhao et al., 2016](#)) lo cual contribuye a tener dinámicas diferenciales de mineralización en sistemas que aplican materia orgánica.

Por otra parte, es importante mencionar que el impacto de la forma de producción en rosa sobre el Corg MA y variables relacionadas como el C y N de la biomasa microbiana, entre otras variables, se ha evidenciado en periodos de estudios más largos que abarcan de 2 a 11 años ([Benbi et al., 2015](#); [Cristóbal et al., 2015](#); [Constantini, Helvécio, Galarza, Pereyra & Romaniuk, 2006](#); [Espinoza, 2010](#); [Saika et al., 2015](#)), en donde es notorio el incremento del contenido de MO y C orgánico, desde 9% hasta 83% según

el tiempo y las cantidades aportadas de materia orgánica (Benbi *et al.*, 2015; Espinoza, 2010). Aunque este estudio ha comprendido un periodo de cinco meses, es el inicio del análisis del impacto que tienen las formas de producción sobre la mineralización de la materia orgánica del suelo en sistemas florícolas, las cuales han sido poco estudiadas.

A pesar de las fluctuaciones en las variables estudiadas, se observó de manera general que el manejo diferencial de rosa enfocado en el tipo de fertilización y control de plagas impacta promoviendo o disminuyendo la mineralización de la materia orgánica del suelo.

CONCLUSIONES

El valor promedio de C/N en el suelo de 14 ± 4 a lo largo del estudio indicó que los tres sistemas presentaron una materia orgánica lábil y fácilmente disponible para los microorganismos del suelo. La mineralización de materia orgánica al inicio del estudio (mayo) en comparación al final del mismo (diciembre) indicó un descenso de 3.6, 2.6 y 2 veces del Corg MA en los sistemas SPC, SPO y SPCO, respectivamente; lo cual indica que este último fue el sistema con menor fluctuación en la mineralización de la materia orgánica, pero, además, en dicho sistema donde se manejó 50% de productos químicos sintéticos y 50% de productos orgánicos al suelo se evidenció mayor la liberación de C-CO₂. Los resultados sugieren que aplicar materia orgánica al suelo en conjunto con otras prácticas agroecológicas son parte de acciones clave para mantener y/o mejorar la calidad de los suelos en este tipo de sistemas agrícolas, sin embargo, estudios posteriores relativos a la información de agregados contribuirán en la interpretación para mejorar la calidad del suelo en los sistemas de producción de rosa.

REFERENCIAS

- Awad, Y., Sik, Y., Deshani, A., Han, Y., Sonn, Y., Usman, A., Mohammad, I., Wabel, A., & Soo, S. (2016). Sulphamethazine in poultry manure changes carbon and nitrogen mineralization in soils. *Chemistry and Ecology*, 32(10), 899-918.
- Benbi, D., Brar, A., Toor, A., & Sharma, S. (2015). Sensitivity of labile soil organic pools to long-term fertilizer straw and manure management in rice-wheat system. *Pedosphere*, 25(4), 534-545.
- Birge, H., Connant, R., Follet, R., Haddix, M., Morris, S., Snapp, S., Wallenstein M., & Paul, E. (2015). Soil respiration is not limited by reductions in microbial biomass during long-term soil incubations. *Soil Biology & Biochemistry*, 81, 301-310.
- Carter, M., Sanderson, J., & MacLeod, J. (2003). Influence of compost on the physical properties and organic matter fractions of fine Sandy loam throughout the cycle of a potato rotation. *Canadian Journal of Soil Science*, 84(2), 211-218.
- Celaya-Michel, H., & Castellanos-Villegas, A. (2011). Mineralización de Nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 343-356.
- Conti, M., González, M., Gómez, E., Ferrero, E., & Moreno, G. (2014). Soil organic carbon fractions as influenced by soybean cropping in the humid pampa of Argentina. *Terra Latinoamericana*, 32(3), 195-200.
- Constantini, A., De-Polli, H., Galarza, C., Pereyra, R., & Romaniuk, R. (2006). Total and mineralizable soil carbon as affected by tillage in the Argentinean Pampas. *Soil and Tillage Research*, 88(1-2), 274-278.
- Cristóbal, D., Hernández, E., Maldonado, R., & Álvarez, M. (2015). Variabilidad espacial de carbono en un suelo después de 10 años de retiro e incorporación de residuos de cosecha. *Terra Latinoamericana*, 33(3), 199-208.
- Cueva, A., Robles, C., Garatuza, J., & Yépez, E. (2016). Soil respiration in Mexico: Advances and future directions. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 253-269.
- Cycon, M., Piotrowska, Z., & Kozdrój, J. (2010). Responses of indigenous microorganisms to a fungicidal mixture of mancozeb and dimethomorph added to sandy soils. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64(4), 316-323.
- Devine, S., Markewitz, D., Hendrix, P., & Coleman, D. (2014). Soil Aggregates and Associated Organic Matter under Conventional Tillage, No-Tillage, and Forest Succession after Three Decades. *PLoS ONE*, 9(1), e84988.
- Eisenhauer, N., Klier, M., Partsch, S., Sabais, A., Scheber, C., Weisser, W. W., & Scheu, S. (2009). No interactive effects of pesticides and plant diversity on soil microbial biomass and respiration. *Applied Soil Ecology*, 42(1), 31-36.
- Espinoza, Y. (2010). Efecto de la labranza sobre la materia orgánica y el tamaño de agregados en un suelo cultivado con maíz en condiciones tropicales. *Bioagro*, 22(3), 177-184.
- Félix, J., Serrato, R., Armenta, A., Rodríguez, G., Martínez, R., Azpiroz, H., & Olalde, V. (2010). Propiedades microbiológicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica. *Ra Ximhai*, 6(1), 105-113.
- Figueroa-Barrera, A., Álvarez-Herrera, J., Forero, A., Salamanca, C., & Pinzón, L. (2012). Determinación del nitrógeno potencialmente mineralizable y la tasa de mineralización de nitrógeno en materiales orgánicos. *Temas Agrarios*, 17(1), 32-43.
- Flores, P., Lima, J., Santana, J., Reino, L., Beja, P., & Moreira, F. (2016). An applied farming systems approach to conservation-relevant agricultural practices for agri-environment policy design. *Land Use Policy*, 58, 165-172.
- Gabioud, E., Wilson, M., & Sasal, M. (2011). Análisis de la estabilidad de los agregados por el método Le Bissonnais en tres órdenes de suelos. *Ciencia del Suelo*, 29(2), 129-139.
- García, C., Gil, F., Hernández, T., & Trasar, C. (2003). *Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: medida de las actividades enzimáticas y biomasa microbiana*. España: Mundi-Prensa.

- Ge, T., Chen, X., Yuan, H., Li, B., Zhu, H., Peng, P., Li, K., Jones, D., & Wu, J. (2013). Microbial biomass, activity, and community structure in horticultural soils under conventional and organic management strategies. *European Journal of Soil Biology*, 58, 122-128.
- Geissen, V., & Morales, G. (2006). Fertility of tropical soils under different land use systems—a case study of soils in Tabasco, México. *Applied Soil Ecology*, 31(1-2), 169-178.
- Glaser, B., Lehman, J., Führböther, M., Solomon, D., & Zech, W. (2001). Carbon and nitrogen mineralization in cultivated and natural soils of Northern Tanzania. *Biology and Fertility of Soil*, 33(4), 301-309.
- Graham, M., & Haynes, R. (2005). Organic matter accumulation and fertilized-induced acidification interact to affect soil microbial and enzyme activity on a long-term sugarcane management experiment. *Biology and Fertility of Soils*, 41(4), 249-256.
- Guerrero, C., Moral, R., Gómez, I., Zorzona, R., & Arcenegui, V. (2007). Microbial biomass and activity of an agricultural soil amended with ten solid phase of pig slurry. *Bioresource Technology*, 98(17), 3259-3264.
- Guerrero-Ortiz, P. L., Quinero-Lizaola, R., Espinoza-Hernández, V., Benedicto-Valdés, G., & Sánchez-Colín, M. (2012). Respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de *Lupinus*. *Terra Latinoamericana*, 30(4), 355-362.
- Hosseini, S., & Ogbourne, S. (2016). Eco-toxicological effects of the avermectin family with a focus on abamectin and ivermectin. *Chemosphere*, 154, 204-214.
- Lacasta, C., Benítez, M., Maire, N., & Meco, R. (2006). *Efecto de la textura del suelo sobre diferentes parámetros bioquímicos*. VII Congreso SEAE: Agricultura y Alimentación Ecológica. Trabajo 110.
- Martínez, E., Fuentes, J., & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Journal of Soil Science Plant Nutrition*, 8(1), 68-96.
- Moreno-Cornejo, J., Zorzona, R., Doane, T., Faz, A., & Horwath, W. (2015). Influence of cropping system management and crop residue addition on soil carbon turnover through the microbial biomass. *Biology and fertility of Soils*, 51(5), 839-845.
- Motavalli, P., Nelson, K., Udawatta, R., Shibu, J., & Bardhan, S. (2013). Global achievements in sustainable land management. *International. Soil Water Conservation Research*, 1(1), 1-10.
- Pose-Juan, E., Sánchez-Martín, J., Herrero-Hernández, E., & Rodríguez-Cruz, M. (2015). Application of mesotrione at different doses in an amended soil: Dissipation and effect on the soil microbial biomass and activity. *Science of the Total Environment*, 536(1), 31-38.
- Quan, Z., Huang, B., Lu, C., Shi, Y., Chen, X., Zhang, H., & Fang, Y. (2016). The fate of fertilizer nitrogen in high nitrate accumulated agricultural soil. *Scientific Reports*, 6, 21539.
- Ramírez, M. G., Chávez-García, M. A., & Mejía-Carranza, J. (2015). Evaluación de un vermicompost y lixiviados en *Solidago x hybrida*, y mineralización de C orgánico en incubaciones aerobias. *phyton, Revista Internacional de Botánica Experimental*, 84, 397-406.
- Rodríguez, H., & Rodríguez, J. (2011). *Métodos de análisis de suelos y plantas. Criterios de interpretación* (1a. ed.). México: Trillas.
- Sabiené, N., Kusliené, G., & Zaleckas, E. (2010). The influence of land use on soil organic carbon and nitrogen content and redox potential. *Zemdirbystė=Agriculture*, 97(3), 15-24.
- Saika, P., Sundar, S., & Baruah, K. (2015). Organic substitution in fertilizer schedule: Impacts on soil health, photosynthetic efficiency, yield and assimilation in wheat grown in alluvial soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 203, 102-109.
- Sánchez-Hernández, R., Ramos-Reyes, R., Geissen, V., Mendoza-Palacios, J., De la Cruz-Lázaro, E., Salcedo-Pérez, E., & Palma-López, D. (2011). Contenido de carbono en suelos con diferentes usos agropecuarios en el trópico mexicano. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 211-229.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat-CP) (2003). *Evaluación de la degradación de suelos causadas por el hombre en la República Mexicana*. Escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. Mexico.
- Sotelo, E., González, A., Cruz, G., Moreno, F., & Ochoa, S. (2010). *La clasificación de FAO-WRB y los suelos del Estado de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- Walkley, A., & Black I. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
- Zhang, X., Wu, X., Zhang, S., Xing, Y., Wang, R., & Liang, W. (2014). Organic amendment effects on aggregate-associated organic C, microbial biomass C and glomalin in agricultural soils. *Catena*, 123, 188-194.
- Zhao, X., He, L., Zhang, Z., Wang, H., & Zhao, L. (2016). Simulation of accumulation and mineralization (CO₂ release) of organic carbon in chernozem under straw return ways after corns harvesting. *Soil and Tillage Research*, 156, 148-154.