

Rev. FCA UNCUYO. 2012. 44(1): 77-84. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.

Evaluación de las características físico-químicas y biológicas en dos suelos superficiales cultivados con pera (*Pyrus communis* L.) cv. Williams bajo manejo convencional

Evaluation of physical-chemical and biological characteristics of two soils grown with pear (*Pyrus communis* L.) cv. Williams under conventional management

María Cristina Aruani
Perla Gili

Yesica Machuca
Nazarena Spera

Originales: Recepción: 11/05/2011 - Aceptación: 19/03/2012

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue identificar las características físico-químicas y biológicas en dos suelos superficiales fertilizados con nitrógeno y enmienda orgánica en el Alto Valle de Río Negro (huertos H1 y H2). En ambos huertos se aplicó fertilizante nitrogenado durante las temporadas 2008-2009 y 2009-2010 y en H2 se aplicó estiércol de pollo. Se extrajeron muestras de suelos en primavera y otoño y se determinó: carbono orgánico total, conductividad eléctrica, cationes de intercambio, relación de adsorción de sodio y nitratos, respiración microbiana, carbono de la biomasa microbiana, actividad de la deshidrogenasa y el índice de mineralización. La concentración de carbono orgánico total, potasio y nitrógeno fueron adecuadas para la producción de pera. El comportamiento de las variables biológicas fue diferente en los huertos. En H1 fueron mayores en primavera, en ambas temporadas y el índice de mineralización fue ligeramente superior a 1 en otoño, indicando equilibrio entre la mineralización y la humificación del carbono. En H2 las mediciones biológicas fueron similares entre las estaciones como consecuencia de realizar fertilización nitrogenada (N) en primavera y en otoño. La enmienda

ABSTRACT

The objective of this work was to study the physico-chemical and biological properties of two surface soils fertilized with nitrogen and organic amendment in the Upper Río Negro Valley (orchards H1 and H2). In both orchards, nitrogen fertilizer was applied during the 2008-2009 and 2009-2010 seasons and on H2 chicken manure was applied. Soil samples were collected in spring and autumn and determined: total organic carbon, electrical conductivity, exchangeable cations, sodium adsorption ratio and nitrate, microbial respiration, microbial biomass carbon, dehydrogenase activity and the rate of mineralization. The concentration of total organic carbon, nitrogen and potassium were suitable for the production of pears. The behavior of biological variables was different in the orchards. In orchard H1 were higher in spring, in both seasons, and the mineralization rate was slightly higher than 1 in autumn, indicating some balance between mineralization and humification of carbon. In H2 biological measurements were similar between seasons as a result of making nitrogen (N) fertilization in spring and autumn.

orgánica no reflejó un aumento de la actividad biológica en primavera. La actividad microbiana y enzimática en H1 y H2 fue sensible a los cambios que ocurrieron en los suelos.

The organic amendment did not increase the biological activity in the spring. Microbial and enzymatic activities in H1 and H2 were sensitive to changes occurring in soils.

Palabras clave

variables físico-químicas y biológicas • suelos aluviales • fertilización

Keywords

physico-chemical and biological soil variables • alluvial soils • fertilization.

INTRODUCCIÓN

En Argentina, en la región patagónica sobre el río Negro, la superficie plantada con perales es del 62%: 14.695 ha (3); la principal variedad es Williams y representa el 43% de la superficie total. La producción en general y la de pera en particular, deben adaptar el uso y el manejo del recurso suelo a su capacidad y cualidades del suelo para mantener la sustentabilidad del ecosistema frutícola.

El bajo contenido de nitrógeno que presentan los suelos del Alto Valle obliga a los productores, como práctica habitual de manejo, a realizar anualmente fertilizaciones nitrogenadas en diferentes momentos del ciclo productivo. El desafío es suministrar cantidades adecuadas de este nutriente para mantener altos rendimientos de fruta de calidad, evitando excesos que puedan conducir a la contaminación ambiental (22).

Se ha demostrado que las fertilizaciones nitrogenadas así como una poda severa en el monte frutal influyen sobre la biomasa microbiana y las propiedades biológicas del suelo (17). Los parámetros fisicoquímicos del suelo, la biomasa microbiana y la actividad biológica son influenciados por la aplicación de fertilizantes a largo plazo (10). Un aspecto determinante en las propiedades del suelo es la materia orgánica, por su papel en la estructura, aireación, estabilidad de agregados y como reservorio de energía y nutrientes (22).

Las propiedades biológicas y bioquímicas, indicadoras de la actividad microbiana del suelo, son más sensibles a los cambios que ocurren en el suelo. Debido a su sensibilidad estas propiedades proveen una rápida y segura información sobre la calidad del suelo (15). Algunos autores coinciden con este concepto y han sugerido que el mejor modo de medir el funcionamiento de un suelo es a través de las propiedades bioquímicas (1), ya que de ellas depende esencialmente la función degradativa de los suelos y, por lo tanto, la dinámica de la materia orgánica y de los nutrientes esenciales.

Objetivo

- Identificar las características físico-químicas y biológicas en dos suelos superficiales fertilizados con nitrógeno y enmienda orgánica en el Alto Valle de Río Negro.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Alto Valle de Río Negro en dos huertos H1 (38° 54' 7.3" S - 68° 02' 30.3" O) y H2 (38° 50' 55.3" S - 68° 02' 38,6" O), implantados con pera (*Pyrus communis* L.) cv. Williams, durante dos temporadas: TE1 (2008-2009) y TE2 (2009-2010). La edad de las plantaciones fue de diecisiete y quince años respectivamente, conducidas en espaldera, en un marco de plantación de 4 x 2 m y el sistema de riego fue por gravedad en manto.

En ambas temporadas se fertilizó en H1 con 100 unidades ha⁻¹ de nitrógeno, aplicadas el 30 de octubre y 50 unidades el 10 de diciembre (fertilizaciones de primavera). En H2 se fertilizó con 100 unidades ha⁻¹ de nitrógeno el 23 de noviembre (fertilización de primavera) y 50 el 15 de abril (fertilización de otoño). Además, en H2 se aplicó durante tres años estiércol de pollo en invierno a razón de 8 kg pl⁻¹, con una composición química de 3,0% N; 1% P; 2,2% K; 45% COT y la relación C/N: 15. Estas prácticas de fertilizaciones son habituales para este cultivo en la región.

El material originario de estos suelos es aluvial. El régimen de humedad corresponde al arídico y el de temperatura es térmico, lo que reflejan las condiciones de déficit hídrico durante todo el año (11). Los suelos de H1 respondieron a las características del orden Entisol clasificado como Torrifluente oxyácuico, familia franco gruesa, con una textura superficial franca (35% arena, 46% limo y 19% arcilla) y el suelo de H2 al orden Aridisol clasificado como Acuicambid típico, familia limosa fina (23) y la textura superficial fue franca arcillosa (32% arena, 41% limo y 27% arcilla).

Para el estudio de las variables físico químicas y biológicas se seleccionaron cinco plantas en cada huerto y la unidad experimental estuvo conformada por un árbol en cada fila. Los muestreos de suelo se realizaron en cada árbol a una distancia aproximada de 20 cm alrededor del tronco, con un barreno de 5 cm² de área y a 0-20 cm de profundidad. Cada muestra se conformó de quince sub-muestras de suelo de cada planta y se realizaron en las temporadas TE1 (2008-2009) y TE2 (2009-2010), en dos estaciones: primavera (17 de octubre) y otoño (5 de mayo).

Las determinaciones de las variables físico-químicas fueron: pH en pasta, medida en el extracto de saturación (método potenciométrico), conductividad eléctrica en el extracto de pasta saturada (CE dS m⁻¹), relación de absorción de sodio (RAS), carbono orgánico total (COT) (18) y cationes de intercambio: potasio (K) y sodio (Na) (método acetato de amonio). Se determinó la concentración NO₃⁻ por un equipo de medición rápida (Merck reflectoquant), que expresa el resultado directamente en mg kg⁻¹. Este valor se corrigió por la humedad del suelo al momento de la extracción.

Las mediciones biológicas fueron: respiración microbiana (RE) (mg CO₂ g⁻¹), por incubación de 10 g de suelo a 28°C durante diez días determinando el CO₂ capturado en NaOH 0,1 M, titulando con HCl 0,1 M (25), contenido de carbono de la biomasa microbiana (C-BM), utilizando el método de la respiración inducida por sustrato (SIR) (4, 20); actividad de la enzima deshidrogenasa (Dh-asa) por reducción

de 2,3,5 cloruro de trifenil tetrazolio (TTC) a trifenil formazan (TPF) ($\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{h}^{-1}$) y detectada por espectrofotometría (9), índice de mineralización del carbono (IM) (cociente entre RE y materia orgánica) (2); proporción de C de la biomasa microbiana en la MO del suelo (cociente entre C-BM y COT) (8). Los análisis biológicos de cada muestra se hicieron por triplicado.

Se realizó un diseño factorial y se analizaron tres factores: huertos (H1 y H2), estación (primavera - otoño) y temporada (2008-2009 y 2009-2010). Para evaluar los resultados se utilizó el análisis de varianza (ANDEVA); se analizaron las variables físico-químicas y biológicas en cada huerto, comparando las medias por la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0,05. Se utilizó la correlación simple entre las variables biológicas y las variables de suelo, a un nivel de significancia 0,05 y 0,10, utilizando el programa Statistica v 5-5 (24).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los valores promedios de las variables físico-químicas determinadas en ambos suelos. El análisis de varianza de las variables en las temporadas y estaciones no fueron significativas.

Tabla 1. Valores medios de las variables edáficas estudiadas en cada huerto.

Table 1. Mean values of edaphic variables studied in each orchard.

Variables	H1		H2	
	Media	Std. Dess	Media	Std. Dess
COT (g %g)	1,8	0,27	1,9	0,18
NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)	35,4	15,6	30,4	7,31
pH	7,7	0,31	7,6	0,24
Na (cmolc kg ⁻¹)	2,0	1,20	1,8	0,66
K (cmolc kg ⁻¹)	1,7	0,46	1,4	0,24
CE (dS m ⁻¹)	3,9	1,90	2,4	1,30
RAS	4,5	2,45	3,6	2,06

COT: carbono orgánico total; Na: sodio intercambiable; K: potasio intercambiable;
CE: conductividad eléctrica; RAS: relación de adsorción de sodio; Std. Dess: desvío estándar.

TOC: total organic carbon; Na: Na exchange; K: exchangeable potassium; EC: electrical conductivity;
SAR: sodium adsorption ratio; Dess Std: standard deviation.

El COT fue similar en los huertos, estos valores son considerados apropiados para la producción de pera (tabla 1). El carbono orgánico del suelo se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas afectando las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos; se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al suministrar elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario (19).

El pH correspondió a suelos ligeramente alcalinos. El nivel de potasio fue adecuado para el cultivo de pera: esta condición es importante dado que el K mantiene la turgencia de las células en los frutos y es fundamental para que éstos aumenten

de tamaño (22). Los valores de N-NO_3^- fueron adecuados al momento del muestreo; concentraciones similares fueron encontradas en suelos cultivados con manzanos después de un mes de ser fertilizados con igual dosis de nitrógeno (5). El valor de la CE indica que el suelo en H1 es ligeramente salino y el contenido de Na de intercambio y el RAS no mostraron valores indicadores de sodicidad (tabla 1, pág.80).

En H1 el C-BM y la RE fueron significativamente mayores en TE1 respecto a TE2 ($p = 0,04$ y $p = 0,02$ respectivamente). Cuando se midió la respiración microbiana del suelo en H1 se observó que la actividad biológica fue 1,3 veces mayor en primavera que en otoño en ambas temporadas (tabla 2). Estas variables son sensibles a las variaciones de temperatura y humedad (12). Los resultados son coincidentes con trabajos realizados en la zona, donde la temperatura, los exudados radiculares y la fertilización en primavera ejercen un efecto pronunciado sobre la liberación de CO_2 del suelo proveniente de la respiración microbiana (17).

La deshidrogenasa en H1 aumentó significativamente en la primavera de la TE1 (5 veces) respecto del otoño (tabla 2) y fue más atenuada en la segunda temporada. Esto evidencia que existe importante actividad metabólica total de la comunidad microbiana viable, dado que estas enzimas son intracelulares (13). Estas diferencias estacionales en las variables biológicas son esperables puesto que en otoño el cultivo entra en estado de reposo vegetativo debido a la acción de inhibidores internos que promueven la disminución del metabolismo, incidiendo estos factores en la proliferación microbiana (17).

Tabla 2. Valores promedios de la Respiración microbiana (RE), Carbono de la Biomasa microbiana (C-BM) y desihogenasa (Ds-asa) en el huerto (H1) en dos estaciones y en las temporadas 2008-2009 y 2009-2010.

Table 2. Mean content of Respiration, C-biomass and dehydrogenase in orchard H1 for each sampling dates and seasons 2008-2009 y 2009-2010.

Estación	TE1 (2008-2009)			TE2 (2009-2010)		
	C-BM (mg C 100 g ⁻¹ ss)	RE (mg CO ₂ g ⁻¹ ss)	Dh-asa (μ 2,3,5 TPF g ⁻¹ h ⁻¹)	C-BM (mg C 100 g ⁻¹ ss)	RE (mg CO ₂ g ⁻¹ ss)	Dh-asa (μ 2,3,5 TPF g ⁻¹ h ⁻¹)
Primavera	160,2 aA	8,0 aA	1,4 aA	110,3 bA	5,3 bA	1,8 aA
Otoño	134,4 aB	6,5 aB	0,3 aB	83,0 bB	4,0 bB	1,3 bA

Valores seguidos por la misma letra minúscula no presentan diferencias significativas en las filas entre las temporadas y en mayúsculas en columnas entre las estaciones ($p < 0,05$).

Values followed by the same letter (a, b) are not significantly different in the row between the season and in letters (A, B) in columns between the stations ($p < 0,05$).

En H2 las mediciones realizadas del C-BM ($p = 0,004$) y RE ($p = 0,000$) fueron mayores en TE1. La biomasa, al igual que la respiración, se regula por la entrada de carbono a largo plazo dentro del suelo independientemente del tipo de carbono orgánico añadido (26). Los valores de RE, C-BM y Dh-asa en ambas temporadas y estaciones no mostraron diferencias (tabla 3, pág. 82). La analogía entre los resultados obtenidos en primavera y otoño, bajo las condiciones de este estudio, podría ser debida a la fertilización nitrogenada realizada en otoño que estimuló la actividad biológica minimizando la diferencia entre estaciones.

Estos resultados coinciden con trabajos anteriores en los cuales en suelos implantados con manzanos se comprobó que el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la actividad biológica se manifiesta en un período corto de tiempo posterior a su aplicación (7). Por la similitud de los valores de las variables biológicas obtenidas entre estaciones en ambas temporadas, el efecto de la enmienda orgánica con un mayor aporte de sustratos energéticos no reflejó un incremento en esas variables en primavera.

Tabla 3. Valores promedios de la Respiración microbiana (RE), Carbono de la Biomasa microbiana (C-BM) y Deshidrogenasa (Dh-asa), en el huerto (H2) en dos estaciones y en las temporadas 2008-2009 y 2009-2010.

Table 3. Mean content of Respiration, C-biomass and dehydrogenase in orchard (H2) for each sampling dates and seasons 2008-2009 y 2009-2010.

Estación	TE1 (2008-2009)			TE2 (2009-2010)		
	C-BM (mg C 100 g ⁻¹ ss)	RE (mg CO ₂ g ⁻¹ ss)	Dh-asa (μ 2,3,5 TPF g ⁻¹ h ⁻¹)	C-BM (mg C 100 g ⁻¹ ss)	RE (mg CO ₂ g ⁻¹ ss)	Dh-asa (μ 2,3,5 TPF g ⁻¹ h ⁻¹)
Primavera	141,0 a	7,7 a	1,9 a	114 b	5,5 b	1,5 a
Otoño	141,0 a	6,3 a	1,4 a	98,2 b	4,7 b	1,4 a

Valores seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas en la fila entre las temporadas ($p < 0,05$).

Values followed by the same letter are not significantly different in the row between seasons ($p < 0.05$).

En ambos huertos la actividad biológica en TE2 fue menor que en TE1. Cabe señalar que en la primavera de 2009 en la región del Alto Valle de Río Negro las heladas tardías afectaron parte de la floración de los montes frutales, ocasionando un retraso de diez días en la fecha de sello de cosecha respecto de la temporada anterior, y generó menor tamaño de fruta y mermas en la producción (21).

Los suelos también se pueden evaluar empleando indicadores que reflejen los cambios en la capacidad del suelo y en su función (12). Los valores de los índices de mineralización de carbono en H1 en primavera fueron significativamente diferentes, 1,5 veces mayores que en otoño, en ambas temporadas, mostrando la tendencia a perder carbono en esta estación (tabla 4, pág. 83).

En este huerto, la eficiencia metabólica (C-BM/COT) presentó igual tendencia que el IM y fue significativamente mayor en primavera, indicando la degradación de la MO (tabla 4, pág. 83). El resultado de estos índices permite interpretar con mayor exactitud la dinámica de los procesos biológicos que ocurren en el suelo (14). En H2 el IM y la eficiencia metabólica no mostraron diferencias estacionales en ambas temporadas. El efecto de la fertilización otoñal, señalado anteriormente en el análisis de las variables biológicas, favoreció la mineralización de la MO y se reflejó a través de los índices estudiados.

El análisis de correlación entre las variables biológicas y químicas en H1 mostraron asociación negativa entre el C-BM y la RE con el sodio del complejo de intercambio ($r = -0,55$; $p = 0,012$) y al nivel de 10% con la CE ($r = -0,4$ $p = 0,09$). Este suelo es ligeramente salino y mostró una tendencia negativa sobre la actividad biológica. Se ha observado en otros estudios realizados en suelos salinos del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, que las sales tienen efecto adverso sobre los procesos microbiológicos del suelo según el nivel de concentración y tipo de sales (16). En la región, en muchas

situaciones se convive con estas limitaciones las cuales tienen una consecuencia directa en la calidad de las cosechas y se ha detectado que los cultivos de manzano y pera son sensibles al contenido salino de los suelos y se refleja en la calidad y rendimiento de la fruta (6).

Tabla 4. Valores promedios del índice de mineralización (IM) y eficiencia metabólica (C-BM/COT) (%) en los huertos (H1 y H2) en dos estaciones y en las temporadas 2008-2009 y 2009-2010.

Table 4. Average of the mineralization index (IM) and metabolic efficiency (CBM/COT) (%) ratio on the different orchards for each sampling dates and seasons 2008-2009 y 2009-2010.

Estación	H1				H2			
	TE1 (2008-2009)		TE2 (2009-2010)		TE1 (2008-2009)		TE2 (2009-2010)	
	IM	C-BM/COT (%)	IM	C-BM/COT (%)	IM	C-BM/COT (%)	IM	C-BM/COT (%)
Primavera	2,6 a	0,9 a	2,3 a	0,8 a	2,5 a	0,9 a	1,8 a	0,7 a
Otoño	1,7 b	0,6 b	1,3 b	0,5 b	2,1 a	0,7 a	1,6 a	0,6 a

Valores seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas entre columnas ($p < 0,05$).

Values followed by the same letter are not significantly different between columns ($p < 0.05$).

CONCLUSIONES

En H1 el C-BM, RE y Dh-asa fueron mayores en primavera en ambas temporadas y el IM fue ligeramente superior a 1 en otoño, indicando equilibrio entre la mineralización y la humificación del carbono.

En H2 las mediciones biológicas no mostraron diferencias entre las estaciones debido a la fertilización nitrogenada realizada en primavera y en otoño. La enmienda orgánica no reflejó un aumento de la actividad biológica en primavera.

En ambos huertos la actividad microbiana y enzimática fue sensible a la fertilización nitrogenada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abril, A. 2003. ¿Son los microorganismos edáficos buenos indicadores de impacto productivo en los ecosistemas? *Ecología Austral* 13: 195-204.
2. Abril, A.; Bucher, E. H. 2001. Overgrazing and soil carbon dynamics in the Western Chaco of Argentina. *Applied Soil Ecology*. 16(3): 243-249.
3. Altube, H. A.; Santinioni, L. A.; Alem, H. J. 2007. Introducción a la fruticultura. En: Sozzi, G. O. (ed). *Árboles frutales: Regiones frutícolas argentinas*. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires. Capítulo 1. p. 3-38.
4. Anderson, J. P. E.; Domsch, K. H. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem.* 10: 215-221.
5. Aruani, M.C.; Sánchez, E. E.; Reeb, P.; Aun, E. 2007. Variación de la concentración de nitratos en un suelo franco limoso del Alto Valle de Río Negro. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 39(2): 25-33.

6. Aruani, M. C.; Barnes, N.; Striebeck, G.; Osre, B.; Machuca, Y. 2010. Physical and physico-chemical properties of saline soils and effects on yield and quality of pear var. Williams, in Upper Valley Río Negro, Argentina. *ISHS Acta Horticulturae* 909. XI International Pear Symposium, p. 303-308.
7. Azpilicueta, C.V.; Aruani, M. C.; Reeb, P. D.; Sánchez, E. E. 2008. Estructura de la comunidad de nematodos del suelo bajo dos niveles de fertilización nitrogenada en Alto Valle de Río Negro, Argentina. *Revista Nematropica*. 38(1): 75-86.
8. Carter, M.R. 1991. The influence of the proportion of organic carbon and nitrogen in the microbial biomass of medium textured soils in a humid climate. *Biol. Fertil. Soils*. 11: 135-139.
9. Casida, I. Jr.; Klein, D.; Santoro, T. 1964. Soil dehydrogenase activity. *Soil Sci*. 98: 371-376.
10. Cheng, Hu.; Ying-Chun, Qi. 2011. Soil biological and biochemical quality of wheat-maize cropping system in long-term fertilizer experiments. *Expl. Agric*. 47(4): 593-608.
11. Consorcio Inconas Latinoconsult S.A (CIL). 1991. Estudio para el aprovechamiento integral del Río Negro, Argentina. 243 p. Etapa II. Informe Edafológico. CIL, Buenos Aires, Argentina.
12. Dalurzo, H. C.; Serial, R.C.; Vázquez, S.; Ratto, S. 2002. Indicadores químicos y biológicos de calidad de suelos en oxisoles de Misiones (Argentina). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y tecnológicas. Disponible en <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/cyt.htm>
13. Ferreras, L.; Toresani, S.; Bonel, B.; Fernández, E.; Bacigaluppo, S.; Faggioli, V.; Beltrán, C. 2009. Parámetros químicos y biológicos como indicadores de calidad del suelo en diferentes manejos. *Ciencia del Suelo*. 27(1): 103-114.
14. Filip, Z. K. 2002. International approach to assessing soil quality by ecological parameters. *Agr. Ecosyst. Environ*. 88: 169-174.
15. García, C.; Hernández, T.; Pascual, J.; Moreno, J. L.; Ros, M. 2000. Actividad microbiana en suelos del sureste español sometidos a procesos de degradación y desertificación. Estrategias para su rehabilitación. En: García, C.; Hernández, M. T. (eds). *Investigación y perspectivas de la enzimología de suelos de España*. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CEBAS-CSIC). Murcia. Capítulo 2, p. 43-93.
16. Gili, P.; Marando, G.; Irisarri, J.; Sagardoy, M. 2004. Efecto de las técnicas de lavado y fertilización sobre la salinidad en suelos del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina. *Agricultura Técnica (Chile)*. 64: 295-304.
17. Gili, P.; Aruani, M. C.; Reeb, P.; Aun, E. 2009. Cambios biológicos en suelos fertilizados con nitrógeno cultivados con manzano en el Alto Valle de Río Negro. *Ciencia del Suelo (Argentina)* 27: 209-216.
18. Jackson, M. L. 1982. *Análisis químicos de suelos*. Traducción al español de José Beltrán Martínez. Barcelona, España. Omega. 662 p.
19. Martínez, H.; Fuentes, J. P.; Acevedo, E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Soil Sc. Plant Nutr*. 8(1): 68-96.
20. Öhlinger, R. 1996. Soil respiration by titration. In: Schinner, F.; Öhlinger, R.; Kandeler, E.; Margesin, R. (eds.). *Methods in Soil Biology*. Berlin, Springer-Verlag, p. 95-98.
21. Reeb, P. 2009. Pronóstico de producción 2009-2010. Boletín electrónico de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue. vol. 1 n° 5. Disponible en <http://sites.google.com/site/boletinfaunco/Home>
22. Sánchez, E. 2007. Nutrición mineral y fertilización de frutales en hojas caducas. En: Sozzi, G. O. (ed). *Árboles frutales: eco fisiología, cultivo y aprovechamiento*. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires. Capítulo 13, p. 397-431.
23. Soil Survey Staff, 2006. *Claves para la taxonomía de suelos*. 10ª ed. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 331 p.
24. Statsoft Inc. 2000. *Statistica v 5.5 for Windows*. Tulsa, Oklahoma, USA.
25. Weaver, R.; Bottomley, P. 1994. *Methods of soil analysis*. Part 2: Microbiological and biochemical properties. Madison, USA, SSSA Book Series 5, 1121 p.
26. Witter, E.; Martensson, A. M.; García, F. U. 1993. Size of the soil microbial biomass in a long-term field experiment as affected by different N-Fertilizers and organic manures. *Soil Biol. Biochem*. 6: 659-669.

Agradecimientos

Este trabajo fue desarrollado en el marco del Proyecto de Investigación PI 04/A099 "Relación entre los indicadores de calidad del suelo y el rendimiento en frutales de pepita en el Alto Valle de Río Negro", financiado por la Secretaría de la Universidad Nacional del Comahue y con la cooperación de la Empresa Frutícola Kleppe S. A.