

## IMPACTO DEL MANEJO AGRONÓMICO Y FERTILIZACIÓN INTENSIVA EN LOS SUELOS DE PANAÓ

### Impact of agronomic management and intensive fertilization on the soils of Panao

\* Vega Jara Liliana<sup>1</sup>, Trigos y Pizango Enma<sup>1</sup>, Calvo Villanueva Daniel<sup>1</sup>, Lucana Jorge Christian Jorge Luis<sup>1</sup>, Polinar Tolentino Yon Tovar<sup>1</sup>, Álvarez Benaute Luisa M.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Fac. Ciencias Agrarias UNHEVAL

\*Correo electrónico: vegajara@agro.uba.ar,  <https://orcid.org/0000-0002-9692-0105>

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el impacto del manejo agronómico y fertilización intensiva de largo plazo sobre las propiedades de suelos de Pachitea, se realizó este estudio. Se tomaron cinco lotes de la provincia de Pachitea, suelos representativos del tipo de manejo que se realiza en este contexto agrícola. Un suelo virgen o pristino como testigo absoluto (SV), un suelo con menos de 20 años de agricultura tradicional (SAT1), un suelo con fertilización intensiva por más de 40 años (SFI), un suelo con agricultura tradicional entre 20-40 años (SAT2), un suelo con abonamiento orgánico por más de 40 años (SAO) y un suelo de bosque (SB). Se tomaron muestras de suelo de cada lote de 20 cm de profundidad y se analizaron todas las propiedades físicas y químicas de los mismos. Los resultados se analizaron utilizando un análisis de componentes principales (ACP), análisis de varianza (ANOVA) y análisis de regresión. Los resultados mostraron que el uso agrícola de los suelos cambió todas las propiedades físicas y químicas del suelo en el largo plazo. Las características más sensibles fueron el pH y la materia orgánica (MO). La acidez cambiante (AC) estuvo explicada por la presencia de Aluminio (Al) y muy poco por el hidrógeno (H), sugiriendo que la degradación de los suelos es bastante fuerte en este contexto.

**Palabras clave:** Materia orgánica, Aluminio, pH

### ABSTRACT

In order to evaluate the impact of long-term agronomic management and intensive fertilization on the soil properties of Pachitea, this study was carried out. Five lots were taken from the province of Pachitea, representative soils of the type of management carried out in this agricultural context. A virgin or pristine soil as absolute control (SV), a soil with less than 20 years of traditional agriculture (SAT1), a soil with intensive fertilization for more than 40 years (SFI), a soil with traditional agriculture between 20-40 years (SAT2), a soil with organic fertilization for more than 40 years (SAO) and a forest soil (SB). Soil samples were taken from each 20 cm deep lot and all their physical and chemical properties were analyzed. The results were analyzed in a principal component analysis (PCA), analysis of variance (ANOVA) and regression analysis. The results showed that the agricultural use of the changes changed all the physical and chemical properties of the soil over time. The most sensitive characteristics were pH and organic matter (OM). The changeable acidity (AC) was explained by the presence of Aluminum (Al) and very little by hydrogen (H), suggesting that the degradation of soils is quite strong in this context.

**Key words:** Organic matter, Aluminum, pH

<https://doi.org/10.47840/ReInA20191>

**Recibido:** 01 de setiembre de 2019

**Aceptado para publicación:** 15 de setiembre de 2019

## **INTRODUCCIÓN**

La necesidad de producir más alimentos ha llevado a intensificar el uso agrícola del suelo en todo el mundo. La agricultura continua tiende a deteriorar la fertilidad de los suelos en el largo plazo. Este deterioro ha llevado a los agricultores a la fertilización continua, en algunos casos con fertilizantes inorgánicos y en otros orgánicos. Estas aplicaciones continuadas modifican la proporción del nutriente agregado en las diferentes fracciones del suelo, incluyendo su contenido en las fracciones lábiles (Ciampitti *et al.*, 2011). Los cambios en contenido de nutrientes en las fracciones puede variar la respuesta de los cultivos a nuevos eventos de fertilización debido a los cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo. En la provincia de Pachitea, este fenómeno no ha sido estudiado en detalle.

Suelos con esquemas de fertilización continua e historias agrícolas largas permiten detectar los cambios en la concentración de nutrientes en las diferentes fracciones y, cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo. El estudio de dichas variaciones puede aportar al diagnóstico de la fertilidad de distintos ambientes agrícolas. Una alternativa para el diagnóstico de la fertilidad del suelo es utilizar el análisis de suelo, considerado como principal herramienta para el estudio del suelo. El análisis de suelo también provee información del estado de los distintos nutrientes, las características físicas y químicas del suelo y, en consecuencia detectar efectos tempranos que se harán visibles en el largo plazo.

En la campaña 2016/17 se propuso realizar este estudio en algunos suelos

representativos de la provincia de Pachitea. En esta provincia se hace agricultura intensiva con cultivos de papa y maíz, gran parte de los lotes en monocultivos.

La aplicación de fertilizantes es intensiva y sin ningún criterio ni diagnóstico previo. Vale resaltar que, aunque muy escasos, existen familias que usan enmiendas orgánicas en sus parcelas. En este trabajo se sintetizan los resultados obtenidos en la campaña 2016/17, después de más de 40 años de agricultura en algunos suelos. El objetivo fue, evaluar el impacto del manejo agronómico y fertilización intensiva de largo plazo sobre las propiedades de suelos de Pachitea.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se estudiaron cinco lotes en suelos de la provincia de Pachitea, región Huánuco, durante la campaña 2016/2017. Las historias agrícolas de los suelos en estudio son: un suelo virgen donde nunca se hizo agricultura (SV), un suelo con agricultura tradicional 1 donde se hizo agricultura tradicional por menos de 20 años, un suelo con fertilización intensiva (SFI) por más de 40 años, un suelo con agricultura tradicional 2 (SAT 2) por 20-40 años, un suelo con abonamiento orgánico (SAO) por más de 40 años y un suelo de bosque (SB) (**Tabla1**).

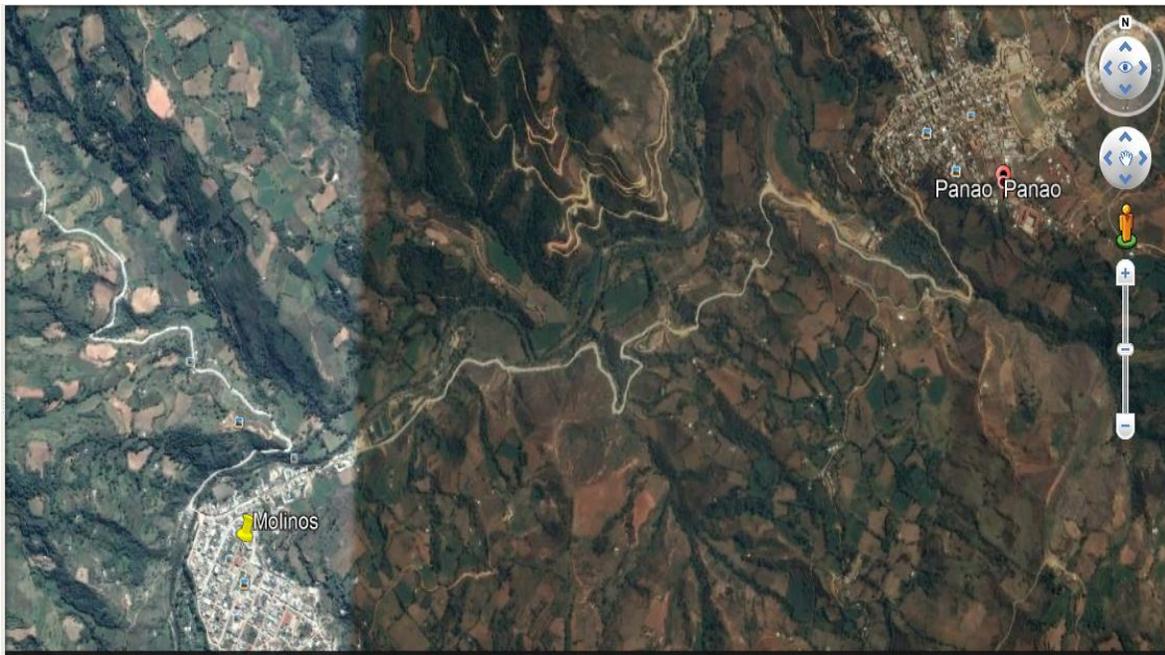
Los antecedentes de los suelos o tratamientos en estudio se muestran en la **Tabla 1**.

Se tomaron muestras de suelo de la profundidad de 0 – 20 cm, se acondicionaron y se determinaron algunas características químicas y físicas. Las variables evaluadas fueron pH, MO, N, P, K, bases cambiables, acidez cambiante, concentración de Al y H, la textura.

Los resultados se analizaron mediante un ACP (Análisis de Componentes Principales), ANOVA (análisis de varianza) y de regresión. El ACP se determinó con todas las variables del suelo determinadas, utilizando como criterio de clasificación a los distintos tipos de Suelos.

Los análisis de varianza (ANOVA) de pH y MO se analizaron para todos los sitios juntos porque hubo homogeneidad de

varianzas entre sitios (Kuehl, 2001). Las diferencias significativas fueron determinadas a un nivel de significancia del 5% usando la prueba de LSD. Los efectos de los usos agrícolas sobre la relación entre la acidez cambiante y concentración de Al e H, así como la relación entre la materia orgánica (MO) y textura se analizaron mediante regresión lineal. Se compararon las distintas regresiones mediante test de F y, en los casos en que no fueron diferentes, la relación para esos tratamientos se representó con una sola función.



**Figura 1:** Ubicación de los suelos, referencia Panao y Molinos.

**Tabla 1:** Información de manejo de suelos previo a la toma de muestras en el año 2017.

	Virgen (SV)	Suelo con agricultura tradicional(S AT1)	Con fertilización intensiva(SFI)	Suelo con agricultura tradicional(S AT2)	Suelo con abonamiento orgánica(SAO)	Bosque (SB)
Establecimiento	Purupampa	Purupampa	Panao	Purupampa	Molinos	Molinos
Tiempo de cultivo	0 años	<20 años	+ 40 años	20-40 años	+40 años	+20 años
Labranza	---	Arado con yunta	Arado de reja	Arado con yunta	Arado con yunta	---
Cultivos antecesores	Con malezas y arbustos silvestres	Monocultivo de papa	Monocultivo de papa	Papa-maíz	Papa-maíz-frijol	Aliso, eucalipto, molle

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

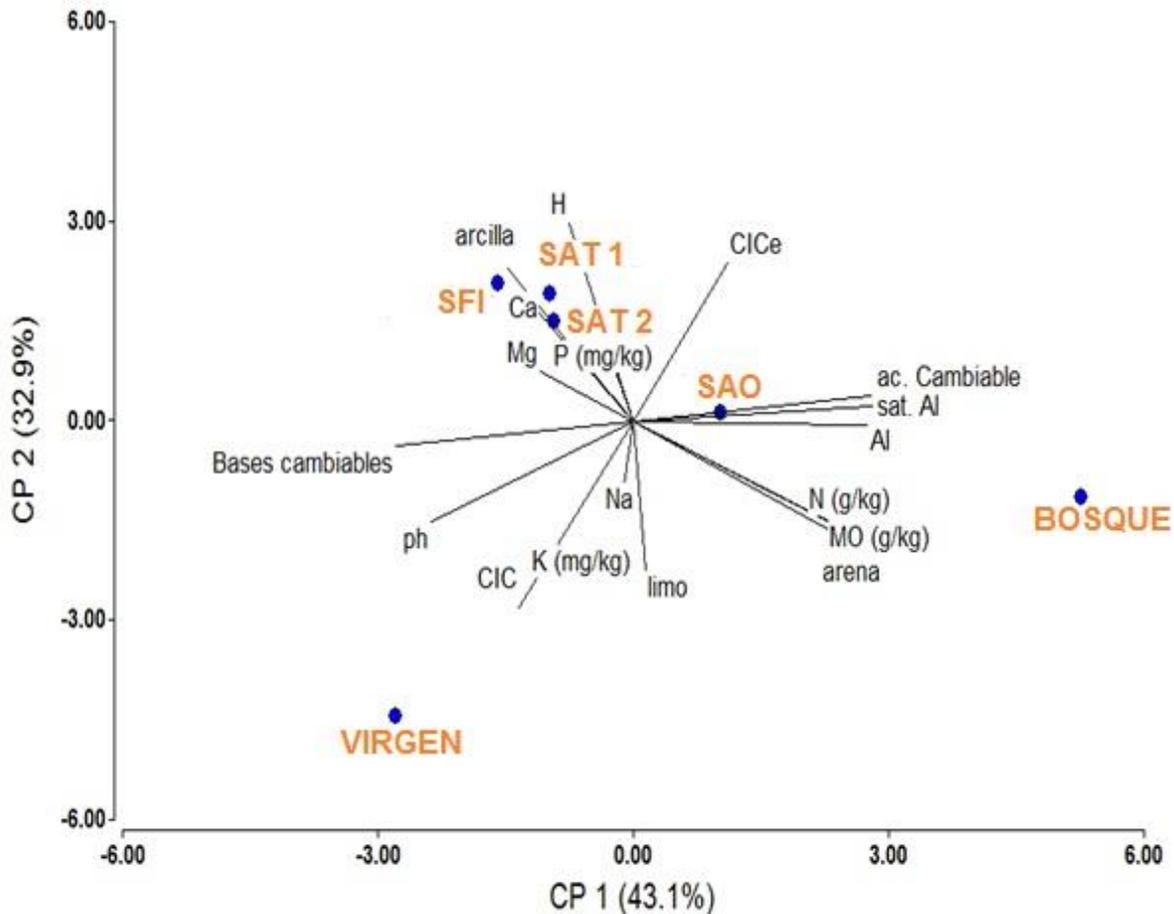
### a. Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales (ACP) se construyó con todas las variables físicas y químicas determinadas en los suelos, el criterio de clasificación fue tipos de suelo (Figura 2). A partir de este análisis estadístico se obtuvo el gráfico biplot (Figura 2). La variación de la información explicada por la componente 1 (CP1) y componente 2 (CP2) es del 43.1% y 32.9% respectivamente, acumulando el plano determinado por las dos primeras componentes (CP1 y CP2) el 76% de la información (Figura 2). Del análisis del mismo se observó que el CP1 separa en distintos cuadrantes a los parámetros: saturación de Al, acidez cambiante, arena, MO, N, Al, mientras que el CP2 separó en los distintos cuadrantes a: arcilla, H, limo, pH, ARENA, Ca, CICE, CIC. Los vectores de la CP1 y CP2 estuvieron más asociados a los suelos Agrícolas (SAT 1, SFI, SAT 2, SAO, SB) mientras que el suelo Virgen y de Bosque estuvieron muy aislados y poco

asociados a los parámetros medidos (Figura 2). Estos resultados sugieren que el manejo agronómico tiende a cambiar los parámetros físicos y químicos del suelo, mientras que el suelo virgen y de bosque se mantuvieron en condiciones naturales. Concordamos con la información documentada por Robert (2002) quienes vieron que después de 50 años de agricultura, varios parámetros del suelo cambiaron, los cuales incluyen a MO, pH, acidez cambiante y entre otros. Buschiazzo *et al* (1991) reportaron que la agricultura produce altos grados de mineralización de los suelos debido a la mayor actividad microbiana y retención hídrica, por lo que produce mayores salidas de Carbono. Sumado a esto, está documentado que los años de agricultura y el contenido de MO guardan una relación inversa, dichas relaciones son visibles en el largo plazo (Genovese *et al.*, 2009; Reussi Calvo *et al.*, 2013 y Eiza *et al.*, 2005). Studdert *et al.* (2000) estudiaron suelos de tipo Argiudol típico y Paleudol petrocálcico en Balcarce, Argentina después de 11 años de agricultura bajo labranza convencional, sin

aplicar fertilización nitrogenada la MOS se redujo de 8.8 a 4.1 g kg<sup>-1</sup>. Enwall *et al.* (2006) reportaron que la fertilización inorgánica provocó una importante disminución de la comunidad microbiana principalmente de bacterias y, como consecuencia la disminución del pH. Estos

resultados podrían tener consistencia con los reportados anteriormente en otros contextos de agroecosistemas. Sin embargo, no existen antecedentes locales de los efectos de la agricultura continua manejo sobre las propiedades químicas y físicas del suelo



**Figura 2:** Análisis de Componentes Principales. Los vectores indican el peso relativo de cada variable sobre los ejes. La MO, pH, arena, limo, arcilla, Na, H, CIC, K, N, P, Mg, Ca, Saturación de Al, Acidez Cambiable. Los círculos de color azul son los distintos suelos: suelo virgen, suelo con agricultura tradicional 1 (SAT 1), suelo con fertilización intensiva (SFI), suelo con agricultura tradicional 2 (SAT 2), suelo con agricultura orgánica (SAO), suelo de bosque.

**Tabla 2:** Valores de correlación entre los componentes principales y las variables medidas en el suelo.

<b>Variables</b>	<b>Unidades</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>
arena	%	0.83	-0.52
arcilla	%	-0.52	0.71
limo	%	0.05	-0.70
pH	--	-0.84	-0.47
MO	g/kg	0.82	-0.47
N	g/kg	0.82	-0.47
P	mg/kg	-0.15	0.48
K	mg/kg	-0.04	-0.30
CIC	--	-0.48	-0.87
Ca	Cmol/kg	-0.40	0.51
Mg	Cmol/kg	-0.39	0.23
K	Cmol/kg	-0.48	-0.87
Na	Cmol/kg	-0.48	-0.87
Al	Cmol/kg	0.99	-0.02
H	Cmol/kg	-0.26	0.92
CICe	--	0.39	0.73
Bases cambiables	%	-0.99	0.11
Acidez cambiabile	%	0.99	0.11
Saturación de Al	%	0.99	0.07

**Tabla 3:** Análisis de Varianza (ANOVA) de pH y concentración de materia orgánica a 0-20 cm de profundidad.

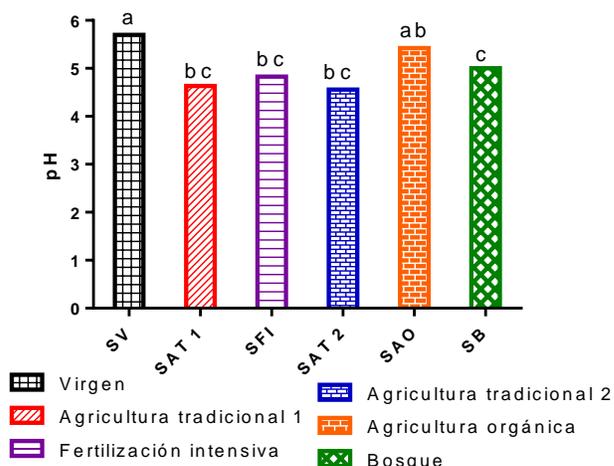
<b>ANOVA</b>		
<b>Fuente de Variación</b>	<b>p-valor (pH)</b>	<b>p-valor (MO)</b>
Sitio	0.028 *	<0.01 **
Repetición	0.172	0.528

### **b. Cambios de pH por efectos de manejo agronómico y fertilización continua**

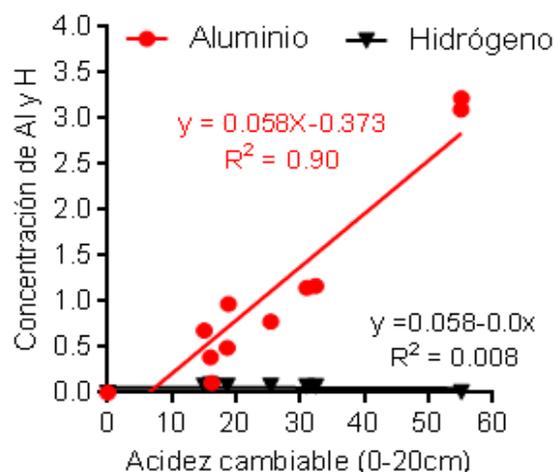
Los resultados del ANOVA mostraron que el pH cambió con los distintos tipos de suelos (Tabla 3). El pH de los suelos disminuyó hasta un 20% (diferencia entre el suelo Virgen y suelo con fertilización intensiva, situaciones contrastantes) (Figura 3). Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos por Enwall *et al.* (2006) y Witter & Dahlin (1995) quienes indicaron que la fertilización inorgánica afecta directamente a la población microbiana y, consecuentemente produce la disminución del pH del suelo. Las plantas absorben los nutrientes disueltos en agua, pero si ocurre la disminución del pH del suelo, el grado de estabilidad de los minerales se ve modificado. El aluminio y manganeso se solubilizan a pH bajo del suelo, los que pueden ser absorbidos por las plantas provocando toxicidad. Sin embargo, a pH altos los nutrientes que se solubilizan son fosfato de calcio y algunos minerales esenciales para el desarrollo de las plantas. El rango óptimo para la mayoría de los cultivos es de 6 a 7.3. Schwab *et al.* (1989) y Darusman *et al.* (1991) demostraron que la acidificación del suelo por fertilización nitrogenada durante periodos prolongados, de veinte o cuarenta años, disminuyó las bases intercambiables como calcio, magnesio, potasio y sodio. El efecto acidificante de la agricultura y fertilizante depende de la composición del mismo, de las condiciones climáticas y de las propiedades físicas del suelo, así como también del crecimiento de los cultivos (Bouman *et al.*, 1995). La capacidad tampón de los suelos se ve afectada debido a la agricultura con fertilización intensiva. Wilson *et al.* (2000) reportaron que la agricultura continua

provocó el deterioro generalizado del suelo, vieron que el pH y la estabilidad estructural fueron las características más afectadas en el suelo. Nuestros resultados podrían confirmar la información documentada por estos investigadores.

La acidez cambiante del suelo estuvo más relacionada con Aluminio que con el Hidrógeno (Figura 4). Es decir, la acidez de los suelos en estudio se debe más a la presencia de Aluminio y no al Hidrógeno. Los suelos bajo uso agrícola presentaron pH fuertemente ácidos en el rango de 4.2 a 5.4, mientras que el suelo virgen tuvo un pH de 5.8 (Figura 3). Estos resultados sugieren que la degradación del pH de los suelos agrícolas de Pachitea ha sido fuertemente afectada por los años de agricultura y fertilización intensiva. El Al es un elemento tóxico para las plantas que se solubiliza y se hacen disponibles en condiciones de pH bajos. Sposito (1996) concordó con varios investigadores al afirmar que la toxicidad del Al puede ser el principal problema en suelos ácidos con valores de pH inferiores a 5.5. Una forma de retener este elemento (i. e. Al) es formando complejos con fuentes orgánicas o que tengan Ca en su composición. Los suelos que tenían mayores historias agrícolas (SAT1, SFI, SAT2) presentaron efectos negativos sobre el pH más pronunciado (Figura 3), mientras que el SAO (suelo con abonamiento orgánico) presentó un pH ligeramente superior a los suelos con agricultura convencional (5.4, algo cercano al suelo virgen). Se postula a sugerir que la agricultura intensiva sumada a la fertilización intensiva con fertilizantes sintéticos son las que más degradan al pH de los suelos.



**Figura 3:** pH a 0-20 cm de los sitios de Panao. Campaña 2016/2017.



**Figura 4:** Relación entre la acidez cambiable y la concentración de Al e H a 0-20 cm.

### c. Cambios de MO por efecto de agricultura continua

En todos los suelos agrícolas se vio una tendencia común. La MO disminuyó con la agricultura y fertilización continua ( $p < 0.01$ , Tabla 3). La MO históricamente se ha equiparado con la fertilidad inherente del suelo (Wander, 2004) sobre el cual se ha basado la producción de los cultivos. La degradación de los suelos se hace más evidente en el largo plazo. Los resultados en este estudio también sugieren que la agricultura continua tiende a empobrecer el contenido de Carbono. Vale resaltar la importancia de la fertilización sobre los niveles de carbono de los suelos en el largo plazo, sin embargo una agricultura sin reposición del carbono extraído con las cosechas acentúa más la degradación.

En este estudio se vio que si bien, se hace fertilización continua a los cultivos en Panao, los niveles de MO han disminuido hasta en un 53% (comparación de suelo virgen vs SFI) (Figura 5). Esto es atribuible al inadecuado manejo de los rastrojos. Una práctica cultural en esta región es la eliminación de los rastrojos, con lo cual las entradas de C al sistema suelo se minimizan aun más. Xiao-Tang *et al.* (2006) mostraron que la entrada de rastrojos al suelo está estrechamente relacionada con el N del suelo y por consiguiente con el C del suelo. Se sugiere hacer retornar los residuos de cosecha o rastrojos al suelo para aumentar los niveles de MO del mismo.

La figura 6 muestra la relación entre textura y materia orgánica del suelo. La fracción más fina del suelo (arcilla) estuvo más relacionado con la materia orgánica ( $R^2=0.60$ ), esta relación fue inversa. Suelos más finos con más arcilla tuvieron contenidos más bajos de MO (Figura 6). Esto se podría atribuir a las mayores salidas del carbono de suelos más finos, debido a las mayores cosechas, sumado a la falta de reposición de MO. Suelos con mayor arcilla tienen mayores capacidades de producción y las cosechas son superiores que los suelos arenosos. En la provincia de Pachitea, una práctica común es eliminar todo el rastrojo para alimentación animal después de cada cosecha, esta práctica produce mayores salidas de materia orgánica del suelo, lo cual podría explicar estos resultados. La agricultura continua es muy extractiva, con cada campaña se pierde alrededor del 60% del carbono del suelo en forma de  $CO_2$  y las 2/3 partes de productividad primaria neta sale con los productos cosechados (Eclesia *et al.*, 2016). Por lo tanto, una agricultura sin reposición de MO podría agotar más rápidamente el contenido de carbono del suelo y, esto podría depender de la textura del suelo.

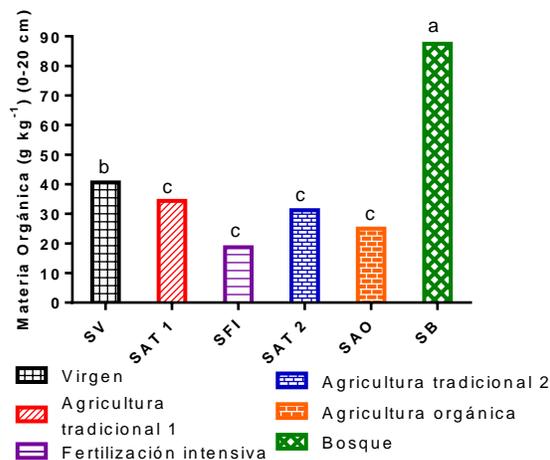


Figura 5: Concentración de materia orgánica a

0-20 cm de los suelos de Pachitea. Campaña 2016/2017.

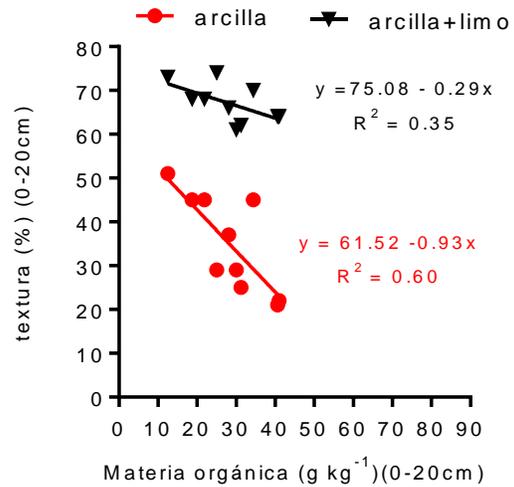


Figura 5: Concentración de materia orgánica a 0-20 cm de los suelos de Pachitea. Campaña 2016/2017.

## CONCLUSIONES

- La agricultura y fertilización intensiva en el largo plazo provocaron cambios en gran parte de las propiedades del suelo.
- El pH y la MO fueron las variables más sensibles al manejo agrícola de los suelos.
- La disminución del pH de los suelos (i. e. acidez cambiante) estuvo más relacionado con la concentración de Aluminio. Esto sugiere una alerta para los agricultores y profesionales de la zona.
- Los suelos con texturas más finas han perdido más MO, atribuible a la mayor extracción con las cosechas sumado a las bajas reposiciones de MO al suelo.

## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- Bouman, O. T.; Curtin, D.; Campell, C. A.; Biederbeck, V. O. y Ukrainetz, H. 1995. Soil acidification from long-term use off anhydrous ammonia and urea. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 1488-1494.
- Buschiazzo, D. E.; Hevia, G. G.; Hepper, E. N.; Urioste, A.; Bono, A. A. y Babinec, F. 1991. Organic C, N and P in size fractions of virgin and cultivated soils of the semiarid pampa of Argentina. *J. Arid Env.* 48: 501–508.
- Ciampitti, I. A.; Picone, L. I.; Rubio, G. y García, F. O. 2011. Pathways of Phosphorous Fraction Dynamics in Field Crop Rotations of the Pampas of Argentina. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75: 3: 918-926.
- Darusman, L. ; Stone, R.; Whitney, D. A.; Janssen, K. A. y Long, J. H. 1991. Soil properties after 20 years of fertilization with different N sources. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 1097-1100.
- Eclesia, R. P.; Jobbagy, E. G.; Jackson, R. B.; Rizzotto, M. y Piñeiro, G. 2016. Stabilization of new carbon inputs rather than old carbon decomposition determines soil organic carbon shifts following woody or herbaceous vegetation transities. *Plant Soil* 409: 99-116.
- Eiza, M J.; Fioriti, N.; Studdert, G. A. y Echeverría, H. E. 2005. Fracciones de carbono orgánico en la capa arable: Efecto de los sistemas de cultivo and de la fertilización nitrogenada. *Sci Soil* 23:59–67.
- Enwall, K.; Nyberg, K.; Bertilsson, S. & Cederlund, H. 2006. Long-term impact of fertilization on activity and composition of bacterial communities and metabolic guilds in agricultural soil. *Soil Biology & Biochemistry* 39: 106-115.
- Genovese, M. F.; Echeverría, H. E. y Sttudet, G. 2009. Nitrógeno de aminoazúcares en suelos: calibración y relación con el nitrógeno incubado anaeróbico. *Sci Soil* 27(2): 225-236.
- Kuehl, R. 2001. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones. Traducido del libro *Design of Experiments* 2nd ed., publicado en inglés por Duxbury. Thomson learning. México. ISBN 970-686-048-7.
- Reussi Calvo, N I; Sainz Rozas, H.; Echeverría, H. y Berardo, A. 2013. Contribution of anaerobically incubated Nitrogen to the diagnosis of Nitrogen Status in spring wheat. *Soil Fertility & Crop Nutrition. Agron. J.* 105:321–328.
- Robert, M. 2002. Captura de Carbono en los Suelos para un mejor manejo de la tierra. Informes sobre recursos mundiales de suelos. FAO. ISSN 1020-430-X.
- Schwab, A. P.; Ramson, M. D. y Owensby, C. E. 1989. Exchange properties of an Argiustoil: Effects of long-term ammonium nitrate fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1417-1422.
- Sposito, G. 1996. The environmental chemistry of aluminum. 2. Ed. Boca Raton, F.L. Lewis Publishers. 464p.
- Studdert, G. y Echeverría, H. E. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to

- manage soil organic carbon dynamics. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 1496-1503.
- Wander, M. 2004. Soil organic matter fractions and their relevance to soil function. Pp. 67-102. In: K Magdoff & RR Weil (eds.) Soil organic matter in sustainable agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, EE.UU.
- Wilson, M. G.; Quintero, C. E.; Boschetti, N. G.; Benavides, R. A. y Mancuso, W. A. 2000. Evaluación de atributos del suelo para su utilización como indicadores de calidad y sostenibilidad en Entre Ríos. Rev. Facultad de agronomía 20 (1): 23-30
- Witter, E., Dahlin, S., 1995. Microbial utilization of [U-14C]-labelled straw and [U-13C]-labelled glucose in soils of contrasting pH and metal status. Soil Biology and Biochemistry 27, 1507–1516.
- Xiao-Tang, J.; Xue-Jun, L.; Fu-Suo, Z. y Christie, P. 2006. Effect of Long-Term Fertilization on Organic Nitrogen Forms in a Calcareous Alluvial Soil on the North China Plain. Pedosphere 16(2): 224-229.