

Modificación de la fertilidad por prácticas de manejo del suelo en Famatina, La Rioja, Argentina

Modification of fertility by agronomic practices on the soil in Famatina, La Rioja, Argentine

¹Normando Villafañe Vega y ²José Alberto Saluzzo Rinaldi

^{1,2} Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Chilecito.

Dirección postal: 9 de Julio 22, 5360 Chilecito, La Rioja, R. Argentina. E-mail: saluzzoj@yahoo.com

Recibido: 15.09.00 Aceptado: 29.03.10

Resumen

En Famatina, La Rioja (Argentina) en cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) en suelo franco arenoso se dispusieron melgas con los tratamientos de suelo siguientes: T1 = 2 años consecutivos sin fertilizantes ni abono después de 1 año sin cultivar; T2 = 2 años consecutivos con fertilizantes químicos (FQ) y 1 año previo con cultivo de ajo; T3 = 1 año con FQ más 23 t/ha de abono orgánico caprino precedido de un cultivo de avena (*Avena sativa* L.); T4 = 2 años consecutivos con FQ y abono caprino (23 t/ha) en suelo cultivado previamente con avena; T5 = 1 año con FQ después de 2 años cultivado con avena; T6 = 1 año con FQ y 2 años previos con cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Se tomaron muestras de suelo a la siembra y en la cosecha hasta 80 cm de profundidad. Se empleó el análisis de componente principal (ACP) para las variables de suelo. Los contenidos de materia orgánica, NO₃⁻, N total, P y K fueron favorecidos por los T3 y T4 en comparación con el T2. El cultivo de alfalfa favoreció los menores valores de pH (6.2) y conductividad eléctrica (CE) asociados con valores máximos de nitratos entre 30 y 80 cm de profundidad. En esta profundidad, los T3 y T4 presentaron contenidos de nitrato similares a los de T2 y T5. En el T2, después de 2 años el pH cambió de 7.2 a 6.8, el contenido de C de 0.6 a 0.4% y aumentó la CE de 1.9 a 2.8 dS/m.

Palabras clave: Suelo, fertilización, aplicación de abonos, abonos orgánicos, abonos compuestos.

Abstract

The study was carried out with garlic (*Allium sativum* L.) cropped in a sandy loam soil in Famatina, La Rioja Argentine. Strips of soil were used with the following soil treatments: T1, a 2-year period with no fertilizers or manure after one year without cropping; T2, a 2-year period with chemical fertilizers (CF) preceded by garlic.; T3, combined use of CF and 23 t ha⁻¹ of goat feces for a 1-year period preceded by oats (*Avena sativa* L.); T4 pooled CF and 23 t ha⁻¹ of goat feces for a 2-year period preceded by oats; T5 a 1-year period with CF came after an oat crop of two years; and T6, use of CF following a 2-year period of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Soil samples were taken at planting and at harvest from top soil to 80 cm depth. The PCA (principal Component Analysis) was used to analyze soil variables. The levels of OM, nitrates, total N, P and K were favored at the T3 and T4 compared to T2. The alfalfa crop showed the lowest pH (6.2) and EC (electrical conductivity) levels which were associated to the highest nitrate contents between 30–80 cm depth. At this soil depth, nitrate contents of T3 and T4 were similar to that of T2 and T5. In the 2nd year of T2, pH changed (from 7.2 to 6.8) and C content (from 0.6 to 0.4%), and EC increased (1.9 to 2.8 dS m⁻¹).

Key words: Soil, organic fertilization, chemical fertilization.

Introducción

El ajo (*Allium sativum* L.) presenta buena adaptación a suelos franco arenosos y franco arcillosos, bien drenados y con alto contenido de materia orgánica (Burba, 1993). Los suelos del Valle de Antinaco, Famatina, La Rioja, (República Argentina) se caracterizan por la baja evolución pedogenética con perfiles de tipos A-C (GPLR, 1996). Pueden presentar limitaciones halomórficas y elevado pH, pero por la buena permeabilidad se incorporan a la actividad agrícola, la que está condicionada al empleo del riego superficial.

El manejo cultural del ajo debe tender a mejorar la capacidad nutritiva del suelo y evitar el empobrecimiento por lavado de los compuestos nitrogenados (Thomsen y Christensen, 1998). La rotación de cultivos y el aporte de materiales orgánicos pueden mejorar las condiciones fisicoquímicas del suelo (Rasmussen y Collins, 1991). Algunas estrategias de manejo incluyen el uso de fertilizantes orgánicos (Eghball et al., 2004).

A nivel local, la incorporación del cultivo de ajo al sistema productivo debería estar asociada con prácticas culturales tendientes a mejorar y mantener la calidad del suelo. Además, este cultivo produce muy pocos residuos vegetales ya que no sólo tiene alto índice de cosecha (0.68 - 0.79) (Stahlschmidt y Cavagnaro, 1997) sino que la cosecha implica la extracción de la planta entera.

En diferentes estudios se ha demostrado que la incorporación de residuos vegetales tiende a mejorar o mantener el contenido de MO en el suelo, siendo aconsejable agregar N para mejorar la tasa de descomposición (Jansson y Person, 1982). En la zona del ensayo los productores siembran avena y alfalfa para la producción de forraje, lo que genera la posibilidad de emplear los residuos de estas cosechas en el sistema de cultivo de ajo. Para favorecer el proceso de degradación de residuos vegetales con alta relación C:N, como en el caso de la avena, es necesario incorporarlos con anticipación antes de la siembra y disponer de elevada humedad y temperatura (Schmidt, 1982). En el Valle de Antinaco, Los Colorados, la temperatura promedio estival supera 25 °C y, si bien las

precipitaciones son bajas, se puede emplear riego por gravedad. Por tanto, el ajo puede ser sembrado en forma alterna con otros cultivos y así evitar consecuencias no deseadas sobre las condiciones sanitarias del bulbo (Gatica y Oriolani, 1997) y mantener la fertilidad edáfica residual cuando se emplea la misma parcela por más de un ciclo de cultivo.

En la zona es posible aplicar abono de cabra ya que este tipo de producción animal es común. El abono caprino ha sido utilizado con éxito en lechuga (Leal y Souza, 1992), tomate (Ferreira et al., 1993) y poroto chaucha (Santos et al., 2001). Esta práctica aumenta la retención del agua y la disponibilidad de nutrientes, aspectos muy importantes en suelos arenosos (Lipinski, 1997, Seguel et al., 2003). No obstante, es aconsejable acompañar esta práctica con la aplicación de fertilizantes químicos nitrogenados para favorecer los procesos de mineralización.

El uso del suelo alternando cultivos forrajeros, la incorporación de residuos vegetales y/o de abonos orgánicos puede contrarrestar el efecto de degradación de los suelos por el cultivo de ajo y mantener máximos rendimientos con mínimos riesgos sobre el ambiente. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos de prácticas presiembradas de cultivo de ajo sobre las características químicas del suelo.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en un suelo tipo Entisol con horizonte A1 C de textura franco arenosa (arcilla 14%, limo 32.5 % y arena 53.5 %) con una C.I.C. hasta 30 cm de profundidad de 9.75 cmol/kg de suelo. La precipitación anual es inferior a 200 mm y ocurre frecuentemente por fuera del período de crecimiento del ajo (Cuadro 1).

Se combinaron distintas fuentes de nutrientes (químicas y orgánicas) con cultivos previos en franjas de terreno de 50 cm x 6 m (Cuadro 2). En 2001, la parcela de ajo correspondiente al tratamiento T2 se encontraba plantada con ajo y los restantes tratamientos sembrados en los cultivos antecesores (excepto los tratamientos T1 y T3). El cultivo

Cuadro 1. Valores decádicos de la temperatura en Famatina La Rioja, República Argentina (28° 55' S, 67° 31' W. 1600 m.s.n.m.).

Meses	Temperatura máxima		Temperatura mínima	
	2002	2003	2002	2003
Abril	26.3	21.3	10.2	10.6
	20.6	23.8	7.8	9.0
	22.8	21.8	4.9	8.8
Mayo	21.6	20.2	5.2	5.5
	19.7	15.9	5.6	4.6
	20.8	22.8	6.5	3.9
Junio	22.9	18.4	3.6	2.4
	14.6	23.0	-3.2	3.6
	11.4	20.7	-0.1	3.6
Julio	9.3	16.6	-0.7	2.8
	19.2	18.9	1.3	-1.4
	17.3	15.0	1.4	-2.6
Agosto	16.4	17.2	0.2	0.7
	19.1	24.9	2.3	2.5
	22.6	13.5	4.6	-0.1
Septiembre	19.7	21.1	2.2	4.9
	20.5	20.5	4.3	4.2
	25.8	24.5	7.1	8.5
Octubre	29.8	26.6	10.9	11.6
	29.2	29.1	13.0	9.9
	26.6	29.6	10.3	12.3
Noviembre	26.3	29.4	9.5	11.8
	31.8	31.3	13.4	13.7
	30.8	32.6	14.4	15.0
Diciembre	24.0	32.4	13.9	15.0
	29.0	31.2	16.1	16.0

de alfalfa perenne (*M. sativa* L.) se sembró en marzo y la avena blanca anual (*Avena sativa* L.) en febrero. La alfalfa fue sembrada en diciembre-01, resembrada en marzo-02 e incorporada en el suelo en noviembre-02. La avena blanca anual (*Avena sativa* L.) fue

sembrada en febrero. La alfalfa perenne tuvo cuatro cosechas para heno en el primer año y en la primavera de 2002 se le hizo un corte previo a la incorporación en diciembre-02. La preparación del suelo para la siembra de ajo, de avena y de alfalfa, y las incorporaciones de los residuos vegetales y del abono de cabra (23 t/ha) se hicieron conjuntamente con el arado y la rastra de discos. Para simular el pastoreo directo por bovinos, se incluyeron tratamientos precedidos por un cultivo de avena sin la incorporación de las plantas.

La plantación a doble línea se realizó en bordos distanciados a 0.80 m y bulbillos dispuestos en doble hilera a 0.10 m. Los bulbillos fueron tratados con fungicidas (Benomil 200 g/100 kg y Mancozeb 200 g/100 kg) por el método del ‘embarrado’. Las siembras se efectuaron el 06/04/01, 03/04/02 y el 04/04/03 empleando cuatro tipos comerciales de ajo que incluyeron en total diez cultivares: morado (1), blanco (5), colorado (3) y castaño (1) dispuestos en seis tratamientos de suelo (Cuadro 2).

A la siembra se aplicaron 200 kg/ha de fertilizante 15-15-15 más 200 kg/ha de N como urea y 21 kg/ha de sulfato de amonio en aplicaciones fraccionadas hasta la segunda semana de septiembre. En la siembra y al momento de la cosecha, las propiedades químicas del suelo se determinaron hasta una profundidad entre 0-30 cm, y en poscosecha entre 30 cm y 80 cm para analizar los efectos residuales de los tratamientos. Las muestras en cada tratamiento de suelo estuvieron

Cuadro 2. Tratamientos empleados en el ensayo. Famatina, La Rioja (Argentina).

Tratamiento	Ciclo		
	2001	2002	2003
T1	Barbecho semicubierto.	Cultivo de ajo sin uso de fertilizantes ni abono.	Cultivo de ajo sin uso de fertilizantes ni abono.
T2	Cultivo de ajo fertilizado 200 kg/ha de N (urea y sulfato de amonio).	Cultivo de ajo con uso de fertilizantes.	Cultivo de ajo con uso de fertilizantes.
T3	Barbecho semicubierto.	Cultivo de avena sin abonar e incorporada en el suelo. Se incorpora abono de caprino en segunda semana de diciembre	Cultivo de ajo con uso de fertilizantes y abono caprino
T4	Cultivo de avena sin abonar e incorporada en el suelo.	Cultivo de ajo con uso de fertilizantes y abono caprino	Cultivo de ajo con uso de fertilizantes y abono caprino.
T5	Cultivo de avena sin abonar e incorporado el 11/01.	Cultivo de avena sin abonar e incorporada en la 4ª semana de nov.	Cultivo de ajo con uso de fertilizantes.
T6	Cultivo de alfalfa sin abonar e incorporar en el suelo.	Cultivo de alfalfa sin abonar e incorporada al suelo en la 2ª semana de dic.	Cultivo de ajo con uso de fertilizantes.

del suelo en el 2003, estos fueron diferentes a los del T2. El T1 fue el referente del estado del suelo sin aportes de nutrientes y del nivel de nitratos por fuera del alcance del sistema radicular.

Por el análisis de componentes principales (ACP) se determinó que las características del suelo en la siembra fueron variables entre los tres tratamientos (Figura 1); en 2003, el T2 presentó características similares a T1, a diferencia del ciclo anterior. En 2002, la disponibilidad de nitratos fue favorecida en las condiciones del T4 en relación con T2. En

2003, el nivel más alto de P agrupó ambos tratamientos y el T1 quedó aislado. En ambos ciclos el primer componente principal (CP1) explicó la mayor proporción de la variación total.

En la cosecha, el ACP muestra que las características edáficas determinadas fueron variables entre los tratamientos de suelo y los tratamientos se agruparon de distinta forma en ambos ciclos, con una tendencia similar a la observada en la siembra (Figura 2). Los contenidos de P, NO₃ y K fueron favorecidos con la fertilización química más

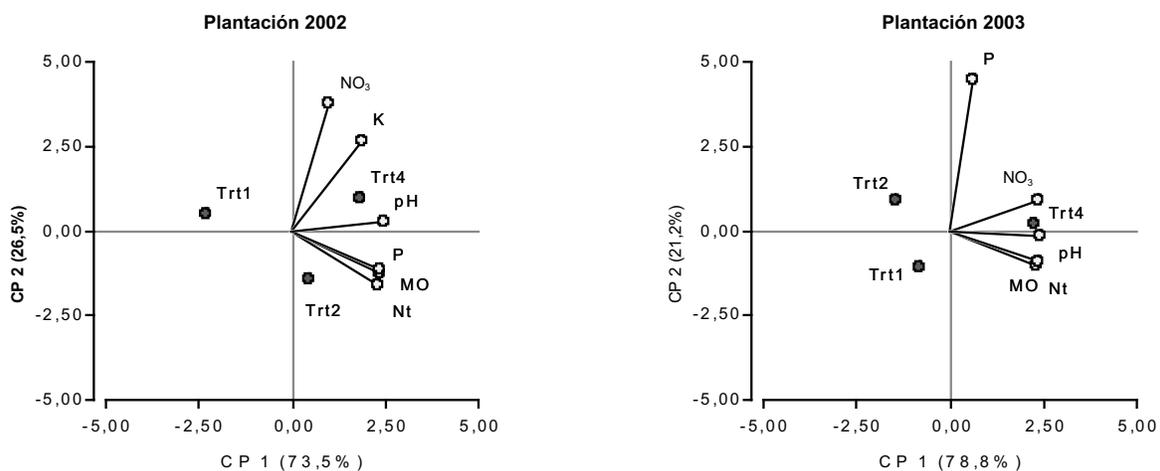


Figura 1. Distribución bivariada de los resultados de los tratamientos de suelo en relación con variables de fertilidad (MO, N total, pH, NO₃, K y P) a la siembra (plantación), hasta 30 cm de profundidad, a partir de las dos primeras componentes principales (CP1 y CP2) del análisis de variabilidad.

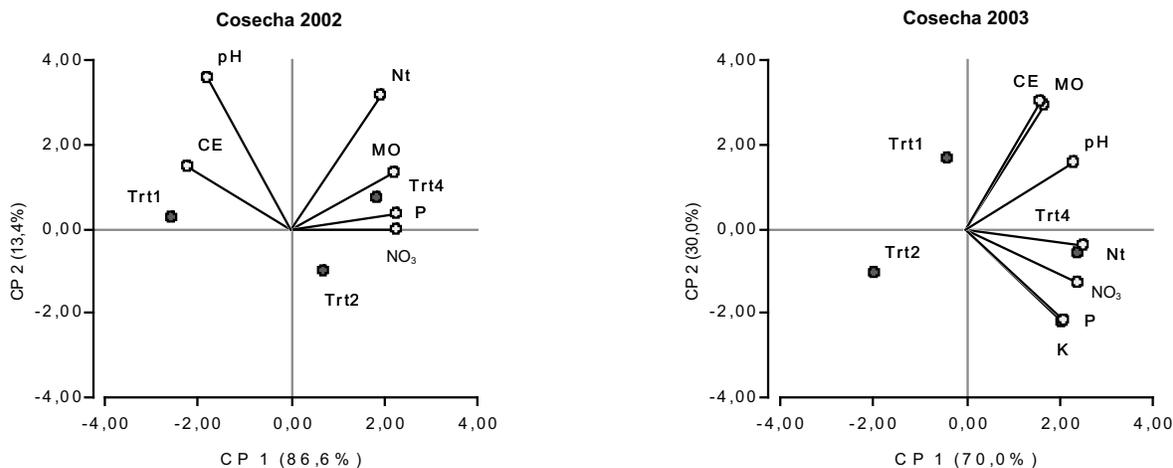


Figura 2. Distribución bivariada de los resultados de tres tratamientos de suelo en relación con variables de fertilidad (MO, N total, pH, CE, NO₃, K, P) al momento de la cosecha y hasta 30 cm de profundidad a partir de las dos primeras componentes principales (CP1 y CP2).

la aplicación de abono caprino. En ambos ciclos, el pH presentó los niveles más bajos asociados con el tratamiento T2 y la conductividad eléctrica (CE) se mantuvo, con valores mayores en el tratamiento T1. Al momento de cosecha en 2003, la dispersión entre los tratamientos de suelo aumentó debido al incremento de la CP2 en relación con el ciclo anterior.

En ambos años, los tratamientos que recibieron la aplicación de abono orgánico animal presentaron contenidos similares de N total, nitratos, P y K. La CE fue inferior al valor crítico de 3.9 dS/m a partir del cual se presentan reducciones en el rendimiento del cultivo de ajo (Shannon y Grieve, 1999). El nivel final de K fue inferior al nivel considerado como valor crítico para este tipo de suelos (4.1 meq/100 g de suelo) por lo que se esperaría una respuesta positiva a la fertilización potásica (Barreira, 1978). El empleo de abono caprino combinado con la fertilización química mejoró la calidad del suelo, en comparación con la condición inicial y el empleo de fertilizantes químicos. Estos resultados confirmaron evidencias previas en relación con el aporte de nutrientes y efectos sobre el pH y salinidad del suelo en cultivo de ajo (Alconada, 2004).

Materia orgánica y nitrógeno. La relación C:N presentó un valor próximo a 10 (Cuadro 3) sin afectar el proceso de mineralización, lo cual concuerda con los valores sugeridos por Barreira (1978) como óptimos para este proceso. En el T4, el empleo de fertilizantes químicos y abono orgánico favoreció la tasa de mineralización en relación con los demás tratamientos (Jansson y Person, 1982).

La materia orgánica inicial presentó valores más altos en el tratamiento con abono orgánico en ambos ciclos de cultivo y se correlacionó en forma positiva con los niveles finales de N total ($r = 0.75$, $P < 0.09$) y nitratos ($r = 0.92$, $P < 0.03$). El aumento en el nivel de nitratos se debió, entre otros factores, a la temperatura en el momento de cosecha (Darwich, 1998) y al aporte del abono orgánico en la capacidad de retención de humedad del suelo (Bohn et al., 1985; Salter y Haworth, 1961); que favorece una mayor disponibilidad de nitratos en el T4.

En el T1 la reducción de pH en el segundo ciclo de cultivo se debió al lavado de nutrientes como Ca y Mg y la absorción de bases por parte del cultivo (Darwich, 1998). El porcentaje de materia orgánica permaneció constante en ambos años, por lo que un cambio en pH hacia la neutralidad posiblemente haya favorecido el proceso de mineralización y dar como resultado un aumento de nitratos en el suelo en la cosecha del segundo año. Por el contrario, en el T2 la reducción de pH en el segundo ciclo no estuvo acompañada por un incremento de nitratos ya que la principal fuente de nitratos, la materia orgánica, disminuyó.

A profundidades mayores que 30 cm en el suelo, los valores de nitratos encontrados en el momento de cosecha mostraron una tendencia a disminuir en el T1 en ambos años de cultivo, mientras que en los T2 y T4 no hubo diferencias (ver Cuadro 2). En estos tratamientos ocurrió un mayor drenaje de nitratos por fuera del área de las raíces de la planta; no obstante, el T4 favoreció valores más altos de N total en ambos ciclos de cultivo. El comportamiento de los nitratos respondió principalmente a la fertilización y el aporte de abono caprino. Sin embargo, el estado de desarrollo del cultivo y el momento de toma de la muestra de suelo pudieron afectar esta variable ya que el nivel de nitratos es mayor al comienzo y al final de ciclo de cultivo cuando el consumo de agua es menor (Darwich, 1998). También es posible que los cambios en temperatura entre años hayan afectado las variaciones en el contenido de nitratos en T2 y T4. Junio y julio tuvieron temperaturas mínimas más bajas en el primer ciclo que en el segundo (Cuadro 1), lo que está asociado con las mayores fluctuaciones térmicas que habrían dado lugar a incrementos en la tasa de mineralización del N, la cual puede ser más alta en suelos con mayor disponibilidad de nutrientes (Biederbeck y Campbell, 1973).

El pH y su relación con los contenidos de nutrientes. El P tiene mayor disponibilidad entre pH 6.5 y 7.5 (Barreira, 1978) y a mayor alcalinidad puede precipitarse como fosfatos de Ca (Bohn et al., 1985). La reducción del pH en el tratamiento T1 durante el segundo ciclo posiblemente favoreció un aumento en la

disponibilidad de P y K, aunque estos valores no fueron superiores a los presentados en las otras condiciones de suelo. En el suelo superficial del T2, el cambio de pH en 2003 en relación con 2002 pudo ser la respuesta a varios factores, entre ellos, absorción de bases por el cultivo y la lixiviación (Darwich, 1998). Este último proceso también pudo ser afectado por los fertilizantes empleados (urea y sulfato de amonio) que tienden a acidificar el suelo (Alconada, 2004). Ambos fertilizantes pueden provocar la lixiviación de Ca en forma de sales (nitrato y sulfato, respectivamente). Además, la reducción en el contenido de materia orgánica incidió sobre esta respuesta del pH (Bohn et al., 1985). El pH en el T4 mostró un comportamiento diferente debido a la mayor fertilidad por el aporte de abono caprino, que además de N, contribuyó con otros nutrientes que no poseen los fertilizantes (Santos et al., 2001; Alconada, 2004).

En 2003 se encontró que a profundidades en el suelo mayores que 30 cm, el pH fue ligeramente superior al superficial, poniendo en evidencia condiciones de neutralidad y alcalinidad que indicarían la presencia de sales de los cationes de Ca, K y Mg (Darwich, 1998).

Tratamientos T3, T5 y T6. En estos tratamientos se analizaron los efectos de las condiciones anteriores al cultivo de ajo; esto

es, cultivo de avena sin la incorporación de residuos vegetales (uso forrajero) y aplicación de abono caprino (T3), la incorporación de residuos vegetales del cultivo de avena (T5) y de alfalfa (T5). En todos los tratamientos se aplicaron fertilizantes químicos (ver Cuadro 4).

En el 2003, el ACP permitió establecer que las características químicas del suelo fueron variables entre los tratamientos de suelo (Figura 3). Al momento de la siembra, con el T3 se mejoraron los contenidos de materia orgánica, N total, P y pH. Además, los nitratos en la superficie fueron altos en el T5 y en el tratamiento T6 la disponibilidad de P fue baja.

En el momento de la cosecha, las diferencias entre los tratamientos de suelo aumentaron incrementando el valor de la CP2 en relación con el momento de siembra. Los contenidos de P, K y NO₃ fueron altos en el T3 en cuanto a los restantes tratamientos (Figura 3). En el T6, el N total y el pH permanecieron constantes. Aunque en los T5 y T6 se incorporaron residuos vegetales, la MO y el N total fueron más altos en el primero. Estos resultados confirman evidencias previas de que los abonos orgánicos de origen animal aportan materia orgánica y nutrientes, mientras que los de origen vegetal contribuyen principalmente con la materia orgánica del suelo (Rasmussen y Collins, 1991; Alconada, 2004).

Cuadro 4. Análisis de variables del suelo en diferentes condiciones de manejo previas al cultivo de ajo a dos profundidades (0-30 y 30-80 cm) y un ciclo de cultivo (2003) en la siembra (S) y cosecha (C).

Variable	T3 ^a		T5		T6	
	S	C	S	C	S	C
0-30 cm:						
Materia orgánica (g/kg)	16.8	10.0	13.4	10.3	11.6	9.7
C orgánico (g/kg)	9.8	5.8	7.7	6.0	6.7	5.6
Relación C:N	12.2	9.5	12.8	9.5	12.1	10.7
Fósforo (mg/kg)	74.3	56.4	63.3	35.9	47.6	33.2
Potasio (cmol/kg)	-	1.61	-	0.66	-	0.55
N total (%)	0.08	0.061	0.06	0.063	0.056	0.053
Cond. eléctrica (dS/m)	-	2.3	-	3.5	-	2.1
Nitratos (mg/kg)	63.33	54.03	98.76	29.67	53.58	41.18
pH	7.43	7.36	7.12	6.77	7.02	6.18
30-80 cm:						
N total (%)	-	0.030	-	0.050	-	0.050
Nitratos (mg/kg)	-	19.04	-	16.83	-	28.78
Cond. eléctrica (dS/m)	-	3	-	2.1	-	1.7
pH	-	7.64	-	7.42	-	6.92

a. Los tratamientos aplicados aparecen en el Cuadro 2.

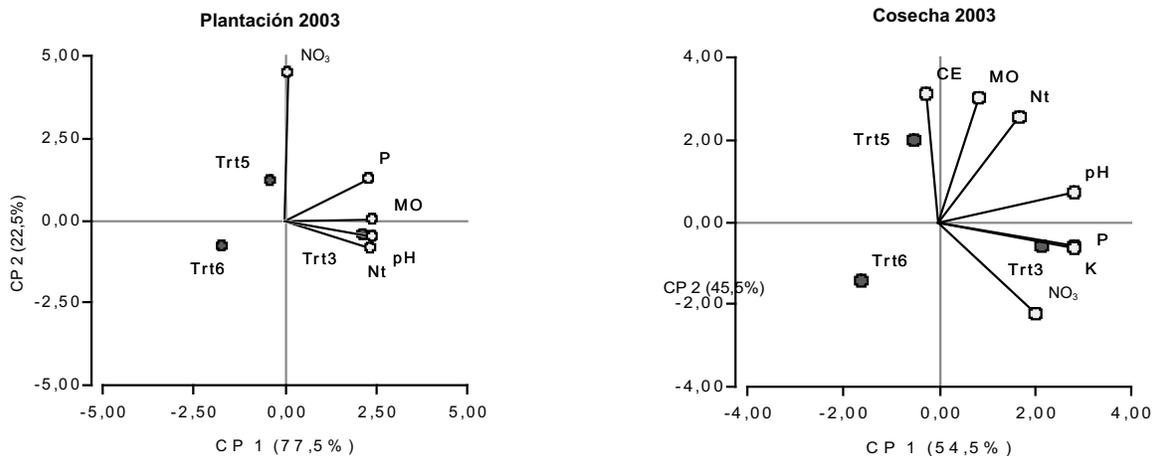


Figura 3. Distribución bivariada de los resultados de tres tratamientos de suelo en relación con variables del suelo (MO, Nt, pH, CE, NO₃, K, P) al momento de la siembra (plantación) y cosecha, hasta 30 cm de profundidad a partir de las dos primeras componentes principales (CP1 y 2) del análisis de variabilidad.

La aplicación de abono orgánico de origen animal no afectó los valores de pH más allá de la neutralidad. Este tratamiento incrementó el nivel de materia orgánica del suelo y contribuyó a mantener una reacción constante (pH) (Bohn et al., 1985). La aplicación de abono caprino mantuvo el pH y la CE en valores apropiados para el crecimiento de las plantas de ajo, reteniendo altos niveles de nutrientes al momento de la cosecha.

La incorporación de residuos de avena (T5) favoreció el incremento en la fertilidad del suelo en relación con el empleo de la alfalfa como cultivo previo (T6). El P disponible fue alto ya que el pH de los distintos tratamientos de suelo estuvo dentro del rango 6.5 – 7.5 (Barreira, 1978). Sin embargo, en el tratamiento T6 con pH final fue 6,2, se presentó la disponibilidad más baja de P al igual que de K.

Materia orgánica y nitrógeno. La adecuada disponibilidad de humedad y temperatura previas a la siembra redujeron las diferencias en la relación C:N entre las distintas fuentes de abono orgánico (Schmidt, 1982). Considerando la temperatura y la humedad en el suelo como los factores más importantes en los procesos de mineralización, y teniendo en cuenta que estas condiciones fueron uniformes para los tratamientos de suelo, las variaciones en los valores de nitratos se debieron principalmente a las diferencias en contenido de materia orgánica inicial (Darwich, 1998).

La aplicación de abono orgánico favoreció los más altos niveles de nitratos en el suelo en la cosecha, lo que coincide con los estudios de Rasmussen y Collins (1991). Además, los valores de materia orgánica no estuvieron asociados con los de nitratos presentes por fuera del área radicular. En consecuencia, es posible que las prácticas de manejo tendientes a incrementar la cantidad de dicha materia orgánica en el suelo no favorecieron las pérdidas de nitratos por lavado.

Los altos niveles de nitratos en el T6 posiblemente fueron una respuesta al cambio del pH de neutro a ligeramente ácido al final del ciclo, con importantes efectos sobre la mineralización. Por otra parte, el cambio del pH fue quizás una respuesta a la baja cantidad de cationes de Ca, Mg y K como resultado de que este tratamiento de suelo fue precedido por dos años con cultivo de alfalfa que los extrae en mayor cantidad que las no leguminosas (Darwich, 1998). Además, este efecto del cultivo de alfalfa se pudo evidenciar por los valores más bajos de pH y de CE hallados en el suelo superficial en el T6 en comparación con los restantes tratamientos (Cuadro 3).

Conclusiones

- El cultivo de avena forrajera más la aplicación de abono caprino mejoraron la calidad del suelo en contenidos de materia orgánica, nitratos, N total, P y K.

- La aplicación de abono orgánico conservó el pH entre la siembra y la cosecha y no ocasionó pérdidas por lavado de sales y nutrientes.
- La incorporación de residuos vegetales de avena, combinado con la fertilización química generó incrementos en la disponibilidad inicial de nitratos.
- El cultivo de ajo continuado en una misma parcela favoreció la reducción de materia orgánica, el pH y los nitratos en comparación con el empleo de abono caprino combinado con fertilización química.
- En las condiciones experimentales de este estudio no es aconsejable cultivar alfalfa antes del cultivo de ajo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a: Pablo Torres, Director de la Escuela Agrotécnica de Famatina, por facilitar la infraestructura necesaria para realizar el trabajo; Aníbal De La Vega, Regente de la Escuela; Marta Ojeda y Mónica Balzarini (Universidad Nacional de Córdoba) por la colaboración y sugerencias sobre la metodología de análisis estadístico del trabajo.

Referencias

- Alconada, M. 2004. Desinfección del suelo con vapor: efectos sobre la nutrición de los cultivos. Buenos Aires. Ediciones INTA. 124 p.
- GPLR (Gobierno de la Provincia de La Rioja). 1996. Proyectos de sistemas de riego para el Departamento de Famatina y otros distritos seleccionados, Informe no. 1. 77p.
- Barreira, E. A. 1978. Fundamentos de edafología para la agricultura. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur. 154 p.
- Biederbeck, V.O. y Campbell, C. A. 1973. Soil microbial activity as influenced by temperature trends and fluctuations. *Can. J. Soil Sci.* 53:363-376.
- Bohn, H. L.; McNeal, B. L.; O'Connor, G. A. 1985. Soil chemistry, 2nd. Edit. John Wiley et Sons, Nueva York. 341 p.
- Burba, J. L. 1993. Ajo. Manual de producción de semillas hortícolas. J. Crnko (ed.). Asociación Cooperadora INTA EEA La Consulta, Argentina. 163 p.
- Darwich, N. A. 1998. Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. I.S.B.N. N° 950-43-9178-8. 182 p.
- Eghball, B.; Ginting, D.; y Gilley, J. E. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agron. J.* 96:442 - 447.
- Ferreira, M. E.; Castellane, P. E.; y Cruz, M. C. 1993. Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba – SP: Potafós. 487 p.
- Gatica, M. y Oriolani E. 1997. Enfermedades del ajo. En: Burba, J. L. (ed.). 50 Temas sobre producción de ajo. Mendoza, Argentina. vol. 3:258 – 266.
- Infostat, 2005. Cátedra de estadística y diseño, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). www.infostat.com.ar
- Jansson, S. L. y Person, J. 1982. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. En: ASA-CSSA-SSSA. Chapter 6. Nitrogen in agricultural soils. p. 229 -258.
- Leal, F. R. y Souza, R. M. 1992. Efeitos de diferentes níveis de esterco de caprinos, isolados e combinados com NPK em produção de alface, cv. Baba de Verão. *Hort. Brasil.* 10(1):58 - 62.
- Lipinski, V.M. 1997. Manejo de la fertilización y el abonado en cultivos de ajo de Mendoza. En: Burba, J. L. (ed.). 50 Temas sobre producción de ajo. Mendoza, Argentina. Vol. 3, p. 120 - 30.
- Salter, P. J. y Haworth, F. 1961. The available water capacity of a sandy loam soil. II. The effects of farmyard manure and different primary cultivations. *J. Soil Sci.* 12(2):335 - 342.
- Schmidt, E.L. 1982. Nitrification in soil. En: Nitrogen in agricultural soils, Chapter 7, ASA-CSSA-SSSA, USA. p. 253 - 288.
- Shannon, M. C. y Grieve, C.M. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Hortic.* 78:5 - 38.
- Stahlschmidt, O. M. y Cavagnaro, J. B. 1997. Aspectos ecofisiológicos del cultivo de ajo. En: Burba, J. L. (ed.). 50 Temas sobre producción de ajo. Mendoza, Argentina. vol. 3:20 – 38.
- Thomsen, I. K. y Christensen, B. T. 1998. Cropping system and residue management effects on nitrate leaching and crop yields. *Agric. Ecos. Environ.* 68:73 - 84.