

Aplicación de abonos orgánicos y químicos en un cultivo de ajo blanco (*Allium sativum* L.) regado con efluentes tratados (*)

Filippini, M. F. ⁽¹⁾; Abril, A. ⁽²⁾; Cony, M. ⁽³⁾; Venier, M. ⁽¹⁾; Noe, L. ⁽²⁾; Cónsoli, D. ⁽¹⁾; Vallone, R. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Ingeniería Agrícola, Cátedra de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Alte Brown 500 5505. Chacras de Coria. Mendoza.

e-mail: mfilippini@fca.uncu.edu.ar

⁽²⁾ Cátedra de Microbiología Agrícola – Facultad de Ciencias Agropecuarias.- UN de Córdoba. CC 509, 5000, Córdoba.

⁽³⁾ IADIZA CCT – CONICET Mendoza. Parque General San Martín. 5500, Mendoza.

RESUMEN

Se realizó un ensayo en ajo blanco (*Allium sativum* L.) en un agroecosistema comercial, ubicado en la zona de cultivos restringidos (ACRE) en Mendoza, incorporando como abonos orgánicos estiércol de gallina (GG) y humus de lombriz (VE), aplicados en diferentes dosis, solos o combinados con fertilizantes químicos. El agua de riego provenía de efluentes domésticos con tratamientos primario y secundario. El diseño fue de parcelas al azar (11 tratamientos y 5 repeticiones); con una densidad de 240.000 plantas ha⁻¹. Los tratamientos aplicados fueron: 4 t ha⁻¹ de GG, (**GG4**); 8 t ha⁻¹ de GG (**GG8**); 4 t ha⁻¹ de VE (**VE4**); 8 t ha⁻¹ de VE (**VE8**); 4 t ha⁻¹ de GG + 80 kg N ha⁻¹, como sulfonitrato de amonio (26-0-0) (**GG4-N**); 4 t ha⁻¹ de VE + 80 kg N ha⁻¹, como sulfonitrato de amonio (26-0-0) (**VE4-N**); 160 kg N ha⁻¹ (26-0-0) como sulfonitrato de amonio (26-0-0) (**N**) y Testigo (**T**); además de los usados tradicionalmente por los productores ajeros de la zona: 14 t ha⁻¹ de GG + 250 kg ha⁻¹ de 18-46-0, y a los 4 meses 10 t ha⁻¹ de GG + 250 kg ha⁻¹ de sulfonitrato de (65 kg N ha⁻¹), (**2GG-2N**); 14 t ha⁻¹ de GG + 250 kg ha⁻¹ de 18-46-0, y a los 4 meses: 250 kg ha⁻¹ de sulfonitrato de amonio (**GG-2N**); 14 t ha⁻¹ de GG + 250 kg ha⁻¹ de 18-46-0; y a los 4 meses: 10 t ha⁻¹ de **GG (2GG-N)**.

Se analizaron variables físico químicas y biológicas en el suelo antes, durante y al final del ciclo del cultivo. A la cosecha, se evaluó el rendimiento total, comercial y se efectuó el calibrado de los bulbos de ajo. Los resultados obtenidos fueron: a) los diferentes tratamientos no provocaron cambios significativos en la fertilidad del suelo; b) el aporte de nutrientes incorporados con el agua de riego (212 kg N/ha y 52 kg P/ha, permitieron alcanzar altos rendimientos aún en el T (9300 kg ha⁻¹) c) el rendimiento limpio de bulbos fue 19,5% mayor en 8t/ha de GG y 8t/ha respecto al T d) el aumento de MO total edáfica en cosecha se debería probablemente a la mayor cantidad de la fracción de C lábil aportada por el agua.

Se concluye que para obtener efectos beneficiosos en la fertilidad del suelo y altos rendimientos cuali cuantitativos en ajo en un agroecosistema de estas características, se deberán tener en cuenta los aportes nutricionales del agua de riego y el impacto que provocan las prácticas agronómicas que tradicionalmente se realizan, a fin de conservar la materia orgánica edáfica.

(*) Trabajo subsidiado por la SECTYP-Universidad Nacional de Cuyo.

INTRODUCCIÓN

Los suelos de las zonas áridas son catalogados como pobres debido a su escaso contenido de materia orgánica (MO), nutrientes disponibles y baja capacidad de retención de agua. En Argentina, uno de los problemas críticos en la transformación de zonas áridas en oasis regadíos es la conservación de la fertilidad del suelo, particularmente el contenido de MO. Los suelos de los oasis de riego deben ser fuertemente laboreados y fertilizados para poder soportar la agricultura intensiva de cultivos perennes o anuales con alta rentabilidad (Roy et al. 2002).

Teniendo en cuenta que ambas prácticas contribuyen a la pérdida de la escasa MO con las consecuencias directas sobre la falta de estructura del suelo, capacidad buffer etc. (Abril et al. 2005), muchos productores utilizan cultivos de cobertura y/o aplican abonos y enmiendas orgánicas que son incorporadas con la finalidad de aportar MO a los suelos (Del Monte et al. 1994; Atiyeh et al. 2000; Benitez et al. 2000). Sin embargo, los agroecosistemas de las regiones áridas, caracterizados por condiciones ambientales propias de los desiertos y la necesidad de aplicar riegos durante todo el ciclo del cultivo, tienen una dinámica muy particular. Así, con los métodos de riego superficiales, se parte de una condición cercana a capacidad de campo, apenas realizado el riego. A partir de este momento el contenido hídrico en el suelo comienza a disminuir hasta alcanzar el “umbral de riego” donde se realiza la próxima aplicación de agua. Estas condiciones regulan la actividad microbiana y como consecuencia la velocidad de descomposición y el equilibrio entre mineralización y humificación de los restos orgánicos. Debido a ello, para un manejo adecuado de la incorporación de residuos y abonos deben tenerse en cuenta las altas temperaturas estivales y la fuerte evapotranspiración, junto con la frecuencia y tipo de riego y el momento de laboreo del suelo.

En los últimos años la conservación del suelo en las zonas regadías adquirió mayor relevancia debido al incremento de la demanda de productos seguros e inocuos priorizando la ausencia o mínimo uso de agroquímicos y el cuidado del suelo (Wolfe & Patz 2002). Por tales motivos se utilizan enmiendas orgánicas no sólo para aumentar el contenido de MO sino también para disminuir el uso de fertilizantes químicos. Los abonos orgánicos que se utilizan con mayor frecuencia son estiércoles de animales (cabra, gallina, caballo), residuos de agroindustrias (orujos de vid y oliva) y aserrín o viruta de álamo, sin descomposición previa o comportados (Filippini & Bermejillo 2006; Bermejillo & Filippini 2007; Rearte et al. 2006).

Es ampliamente conocido que los procesos de descomposición previa eliminan la mayoría de los microorganismos patógenos, favorecen la disponibilidad de nutrientes y estabilizan la MO de los residuos (Atiyeh et al., 2000; Sanchez-Monedero et al 2002), lo cual permite incorporar un abono seguro, inodoro y relativamente seco (Atiyeh et al., 2000 a). Los métodos de producción de compost incluyen el compostaje tradicional y el vermicompostaje que utiliza lombrices para favorecer y acelerar la descomposición de la MO (Subler et al. 1998; Cony 2005).

Si bien el uso de abonos y enmiendas está muy difundido, no existe un criterio claro ni soporte técnico-científico para las prácticas de manejo utilizadas en las zonas regadías de la Argentina. En general el tipo de abono, dosis, momentos y modalidades de aplicación son estipulados de manera empírica y son altamente variables entre los productores (Bermejillo & Filippini 2007)

El ajo (*Allium sativum* L.) es uno de los cultivos hortícola de mayor importancia económica en la provincia de Mendoza, no sólo para exportación sino también para el mercado interno. La cantidad de has sembradas La superficie sembrada (campana 2007/2008 12600 has, IDR 2007) y la rentabilidad del producto justifican el interés por una mejor y más eficiente tecnificación del cultivo particularmente en el área de abonos y fertilizantes y su relación con la sustentabilidad del agroecosistema y la calidad del producto.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de dos abonos orgánicos vermicompost y estiércol de gallina, solos o complementados con fertilizantes químicos, incorporados en un cultivo de ajo tipo blanco (*Allium sativum* L.), sobre la fertilidad global del suelo y los componentes del rendimiento, regado con agua de reuso, en el norte de la provincia de Mendoza-Argentina

MATERIALES Y METODOS

Sitio de estudio

El ensayo se realizó en un cultivo comercial ubicado en la localidad de Fray Luis Beltrán, Departamento Maipú (32° 58' S 68°47' W), provincia de Mendoza. El suelo del lugar esta clasificado como torrifuente típico, mixto, térmico, calcáreo-yesoso, con escaso contenido de materia orgánica representativo de la zona (Hudson et al 1990).

La parcela seleccionada para realizar el ensayo fue desmontada y destinada a la horticultura bajo riego hace 15 años. Las últimas rotaciones de cultivos fueron: cebolla en el año 2004 y zapallo coreano en el 2003. Anteriormente el suelo tuvo alternancia de cultivos y abonos verdes (tomate, centeno y pimienta).

El cultivo fue ajo tipo blanco, con “semilla” procedente del departamento Malargüe (Mendoza) y una densidad de 240.000 plantas ha⁻¹. La fecha de siembra fue el 6 de mayo de 2005 y la de cosecha el 24 de noviembre de dicho año. El terreno recibió un riego por inundación previo a la siembra para favorecer el lavado de sales del suelo y posteriormente el cultivo fue regado por surco con una frecuencia de 1 a 3 riegos mensuales. El agua proviene de efluentes domésticos tratados en la planta Paramillos de Obras Sanitarias Mendoza que al llegar a la propiedad, es almacenada en una represa que posee la empresa, antes de su distribución para el riego.

Enmiendas orgánicas utilizadas

Se utilizaron dos tipos de enmiendas orgánicas: a) cama de pollo constituida por estiércol con cáscara de arroz (GG), procedente de criaderos de pollos parrilleros ubicados en la zona de San Miguel del Monte (provincia de Buenos Aires), y b) vermicompost (VE) producido a partir de una mezcla de estiércol de caballo con viruta de álamo y estiércol de vaca en partes iguales.

La mezcla recibió un tratamiento de precompostaje de 20 días y posteriormente se armaron las camas y se sembró con lombrices californianas (*Eisenia foetida*) para realizar el vermicompostaje (Chee et al. 1999)

Diseño experimental

El ensayo se realizó en parcelas experimentales dentro de un cuadro de 8 ha. Cada parcela midió 4 m x 62 m (248 m²) con 8 surcos separados a 0,50 m entre sí. La unidad experimental la constituyeron las plantas de las 5 hileras centrales con las laterales como bordura.

El diseño experimental fue totalmente aleatorizado con 11 tratamientos y 5 repeticiones. Los tratamientos fueron aplicados en una o dos oportunidades durante el ciclo del cultivo:

1) tratamientos con una sola aplicación a la siembra: a) 4 t ha⁻¹ de GG, (**GG4**); b) 8 t ha⁻¹ de GG (**GG8**); c) 4 t ha⁻¹ de VE (**VE4**); d) 8 t ha⁻¹ de VE (**VE8**); e) 4 t ha⁻¹ de GG + 80 kg N ha⁻¹, como sulfonitrato de amonio (26-0-0) (**GG4-N**); f) 4 t ha⁻¹ de VE + 80 kg N ha⁻¹, como sulfonitrato de amonio (26-0-0) (**VE4-N**); g) 160 kg N ha⁻¹ (26-0-0) como sulfonitrato de amonio (26-0-0) (**N**); y h) Testigo (**T**).

2) tratamientos con doble aplicación a la siembra y a los 4 meses del cultivo (antes de formación de cabeza): a) a la siembra: 14 ton ha⁻¹ de GG + 250 kg ha⁻¹ de 18-46-0, y a los 4 meses: 10 ton ha⁻¹ de GG + 250 kg ha⁻¹ de sulfonitrato de amonio (26-0-0), (65 kg N ha⁻¹), (**2GG-2N**); b) a la siembra: 14 ton ha⁻¹ de GG + 250 kg ha⁻¹ de 18-46-0, y a los 4 meses: 250 kg ha⁻¹ de sulfonitrato de amonio (**GG-2N**); y c) a la siembra: 14 ton ha⁻¹ de GG + 250 kg ha⁻¹ de 18-46-0; y a los 4 meses: 10 ton ha⁻¹ de **GG** (**2GG-N**).

Las dosis utilizadas de fertilizantes químicos (N y P) fueron elegidas de acuerdo a la práctica usual de los productores y las características de las enmiendas, según la bibliografía local (Lipinski y Gaviola 1997; Lipinski y López Frasca 1999; Lipinski 1999). El GG fue aplicado al voleo e incorporado con rastra, el VE se colocó localizado en la línea de plantación a una profundidad de 10-15 cm. Los fertilizantes se incorporaron con carpinadora. En los tratamientos con doble aplicación (a los 3 meses, después de plantación) el GG se aplicó localizado, en los surcos.

Caracterización de las enmiendas y agua de riego

Para caracterizar las enmiendas se determinaron parámetros químicos y biológicos. Las variables químicas fueron: pH (p/v 1:5), conductividad eléctrica (p/v 1:5), C total por Walkley y Black (Nelson & Sommers 1986), N total (micro Kjeldahl), Ca, Mg totales (complexometría), P total (colorimetría), Na y K totales y solubles (extracto p/v 1:5) por fotometría de llama, humedad (método gravimétrico), cenizas por calcinación, lignina y celulosa por el método de digestión enzimática (Asp et al.1983), fenoles solubles por el método de Folin-Denis (Anderson & Ingram 1989), C soluble (Walkley & Black modificado) y N soluble mediante micro Kjeldahl previa extracción con agua a 80°C (Robertson et al.1999); y N-NH₄ y N-NO₃, por colorimetría.

Las variables biológicas fueron: actividad microbiana total por el método de respiración con captación de CO₂ en alcali (Alef 1995), abundancia de grupos funcionales de microorganismos amonificadores, celulolíticos, fijadores de N, nitrificadores y hongos totales (Lorch et al 1995; Dobereiner 1995) y bacterias indicadoras de riesgo sanitario: coliformes fecales y salmonellas (Guinea et al 1979).

El agua de riego fue muestreada en la acequia principal a la siembra del cultivo y cuando se realizó la medición del caudal. La caracterización de la misma se realizó mediante los siguientes parámetros: pH, salinidad total (conductividad eléctrica, residuo salino, cationes y aniones), RAS, MO, N total bacterias totales, coliformes y *Escherichia coli*, según las metodologías ya mencionadas. También se determinó nitratos, nitritos, amonio y fosfatos por metodologías colorimétricas.

La dotación de riego aportada al cultivo se estimó a través de la medición del caudal que recibía la unidad de riego utilizando un aforador con resalto en el fondo, en 3 oportunidades, durante el ciclo del cultivo.

Diseño de muestreo de suelo

El suelo fue muestreado tomando una muestra compuesta (5 submuestras) por parcela. Cada muestra consistió en suelo superficial (0-20 cm de profundidad) de aproximadamente 500 g. Las fechas de muestreos fueron: a) inicial: 1 semana antes de la aplicación de enmiendas y después de un riego (en esta fecha también se tomaron muestras de suelo mas profundo (20-40 cm) con el mismo diseño de muestreo, b) a los dos meses de la plantación (julio), y c) a cosecha (noviembre) después de realizar la misma. Los muestreos de julio y cosecha se realizaron sobre 3 repeticiones.

Las muestras de suelo se caracterizaron físico químicamente, determinándose: textura por volumen de sedimentación (Nijensohn y Pilasi, 1962), CE y pH en pasta saturada, MO total por Walkley y Black, N total por Kheldahl, NO₃, P disponible (1:10) con extracción carbónica (Mc George, 1939), K intercambiable (acetato de amonio, 1N pH 7), ácidos húmicos y fúlvicos según Sims and Haby (1971); y biológicamente a través de los mismos parámetros mencionados para las enmiendas.

Cosecha

Al final del ciclo del cultivo se cosecharon todas las plantas de las 5 hileras centrales de cada parcela, en las 5 repeticiones correspondientes a cada tratamiento. Las plantas arrancadas se dejaron 2 días en campo y posteriormente se hicieron atados de 20 plantas y se colocaron en caballetes para su secado. Luego de 30 días, las plantas se limpiaron (eliminaron de hojas y raíces), y se pesaron para determinar el rendimiento total de bulbos secos y limpios.

Posteriormente, se realizó para cada uno de los tratamientos, la separación de los bulbos normales según diámetro ecuatorial mayor (calibre), comprendidos entre 3 y 9, y se consignó el número y tipo de bulbos deformes (pera, dos pisos y forma irregular) como así también aquéllos con mala sanidad (Burba, 1989). El rendimiento comercial y exportable se estableció a través del cálculo del porcentaje del número de bulbos cuyos diámetros (calibres) se encontraban en las categorías de 6, 7 y 8 cm, para cada uno de los tratamientos.

Cálculos y análisis estadístico

Con los datos de suelo se realizaron los siguientes cálculos: Índice de mineralización de C (CO₂ -C/ OM-C) (Abril et al. 2005), Índice de humificación (HI: HA/OM), tipo de humus (HT: HA/FA) (Gennadiyev 1998; González et al. 2003), materia orgánica biodisponible (BOM), determinada como la diferencia entre MO y SH (sustancias húmicas). Los datos fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA para la comparación entre tratamientos, y con test de t entre fechas de muestreo. La comparación de medias se realizó por test de Tuckey $p \leq 0.05$.

En el caso del rendimiento y sus componentes, se efectuó la comparación de medias entre los tratamientos con el test de Duncan ($p \leq 0.05$). El porcentaje de calibres comerciales y exportables se transformó con una función arcoseno a fin de realizar el análisis estadístico.

RESULTADOS

Debido a la extensión del trabajo realizado, a continuación se presentarán y discutirán algunos de los resultados obtenidos.

Características químicas y biológicas de las enmiendas y el agua de riego

Las dos enmiendas orgánicas que se aplicaron en los ensayos fueron significativamente diferentes en la mayoría de los parámetros analizados. El GG presentó mayores contenidos en todas las variables químicas excepto en ácidos húmicos, lignina, humedad, cenizas, Ca y Mg totales que fueron mayores en el vermicompost. La abundancia de microorganismos fijadores de N, celulolíticos y nitrificadores también fue más alta en el GG, mientras que la cantidad de hongos fue mayor en el VE. Como era de esperar el VE no presentó organismos indicadores de riesgo sanitario a diferencia de GG que mostró la presencia de ambas: *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* (tabla 1).

El agua de riego proveniente de la planta de tratamiento de líquidos cloacales, con tratamiento secundario, presentaba altos contenidos de materia orgánica, N total y bacterias coliformes, además de elevados contenidos de fosfato, nitrato y potasio.

Desde el punto de vista de la aptitud físico química del agua para irrigación, la misma se clasifica como C3 (Riverside), de salinidad media y como C5 (Wainstein), francamente salina según la clasificación zonal (Avellaneda et al., 2004). Según Wainstein esta agua se puede utilizar en cultivos de tolerancia media como el ajo y en suelos medianamente permeables como son los del ensayo (tabla 2).

Características químicas y biológicas del suelo antes de la plantación

El suelo superficial (0-20 cm) de la parcela era franco a franco - arenoso, neutro a ligeramente alcalino, moderadamente salino y con escaso contenido de MO. Presentaba un Índice de Mineralización del Carbono (IMC) mayor a 1 (tendencia a perder C), un Índice de Humificación (HI) alto (alta proporción de humus en relación al contenido de MO) y el tipo de humus corresponde a humatos (tabla 3).

El contenido de nitratos del suelo superficial fue alto, al igual que la cantidad de poblaciones microbianas de todos los grupos funcionales analizados con dominancia de amonificadores y fijadores en igual magnitud, seguidos por hongos, celulolíticos, y en menor cantidad nitrificadores. Sorprendentemente también fue muy alta la cantidad de *E. coli* y *Salmonella* spp. (tabla 3).

Características químicas y biológicas del suelo antes de la plantación

El suelo superficial (0-20 cm) de la parcela era franco a franco - arenoso, neutro a ligeramente alcalino, moderadamente salino y con escaso contenido de MO. Presentaba un Índice de Mineralización del Carbono (IMC) mayor a 1 (tendencia a perder C), un Índice de Humificación (HI) alto (alta proporción de humus en relación al contenido de MO) y el tipo de humus corresponde a humatos (tabla 3).

El contenido de nitratos del suelo superficial fue alto, al igual que la cantidad de poblaciones microbianas de todos los grupos funcionales analizados con dominancia de amonificadores y fijadores en igual magnitud, seguidos por hongos, celulolíticos, y en menor cantidad nitrificadores. Sorprendentemente también fue muy alta la cantidad de *E. coli* y *Salmonella* spp. (tabla 3).

En los suelos más profundos (20-40 cm) las poblaciones microbianas también fueron muy abundantes, inclusive las exógenas, mientras que la respiración fue significativamente menor que en el suelo superficial. Los parámetros químicos también fueron muy semejantes en las dos profundidades, excepto los ácidos fúlvicos, el IMC, CE, Ca, Mg y

Na solubles que fueron más bajos a 20-40 cm de profundidad. Contrariamente el pH fue menor en el suelo superficial (tabla 3).

Efecto de los abonos y fertilizantes sobre el rendimiento

Al final del ciclo del cultivo, los suelos de todos los tratamientos tuvieron características químicas y biológicas similares, excepto los organismos fijadores de N que fueron menores en GG-2N, la respiración que fue menor en GG-4N, N y T y el contenido de nitratos que fue mayor en T (tablas 4 y 5). si bien las diferencias no fueron significativas a la cosecha, los tratamientos con valores más elevados en conductividad eléctrica, se encontraron en los suelos donde se hizo doble aplicación: GG-2N, 2GG-N, 2GG-2N.

El rendimiento total de bulbos de ajo se vió afectado en forma significativa ($P < 0,05$) por los tratamientos. Con las aplicaciones de VE8 y GG8 se alcanzó un rendimiento medio de 11435 kg ha^{-1} , un 19.5 % más que el rendimiento medio de T y 2GG-N (figura 1). No se detectaron diferencias significativas entre los distintos calibres, ni tampoco en ajos deformados y enfermos, para cada uno de los tratamientos ensayados. El rendimiento comercial no fue afectado significativamente por los tratamientos, sin embargo se observa que el porcentaje de calibres comerciales y exportables fue mayor en VE4-N y VE8 superando los tratamientos que tradicionalmente usan los ajeros en la zona (2GG-2N; 2GG-N y GG-2N) (figura 2).

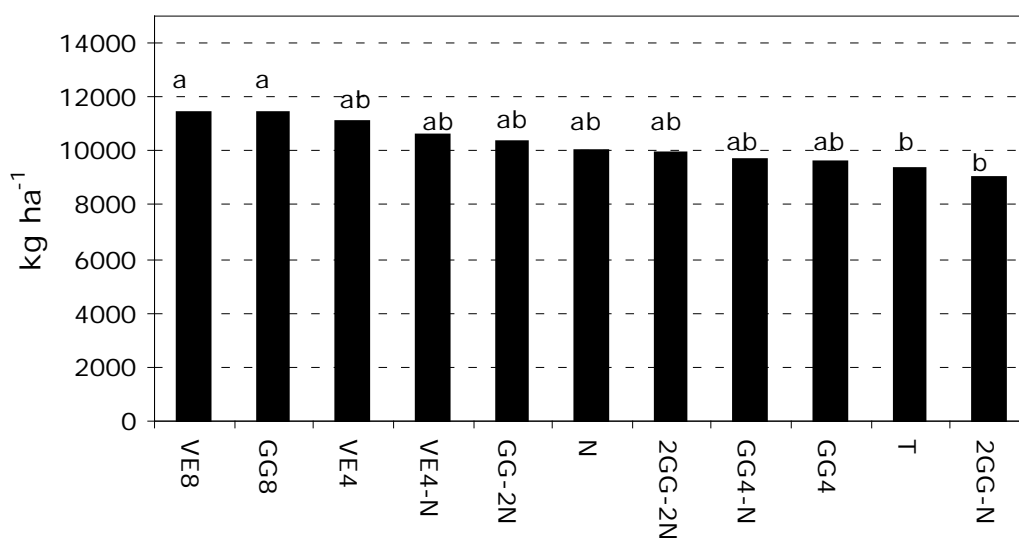


Figura 1. Efecto del abonado sobre el rendimiento total (kg ha^{-1}) de ajo blanco. Letras diferentes indican diferencias significativas a un $p \leq 0.05$ para el test de Duncan

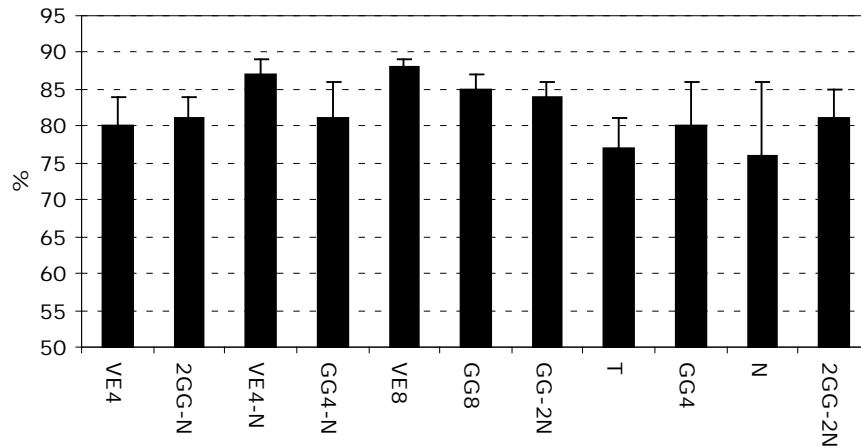


Figura 2. Efecto del abonado sobre el rendimiento exportable (% de calibres C6, C7, C8) en ajo blanco. Las barras verticales indican error estandar.

DISCUSIÓN

Características de las enmiendas y el agua de riego

Las enmiendas orgánicas utilizadas presentan las características esperables para cada caso particular. La cama de pollo parrillero (broiler) tiene alta proporción de material celulósico proveniente de la cáscara de arroz y alto contenido de N soluble propio de las deyecciones de las aves con dietas fortificadas con aminoácidos y proteínas. El tipo de alimentación y crianza también influyen en la alta proporción de nutrimentos totales tales como P, K, Na. El pH netamente alcalino y su elevada EC se deben también a la importante cantidad de ácido úrico que poseen las heces, el cual rápidamente libera amoníaco formando compuestos amoniacales y en menor proporción nitratos. Además presenta *Salmonella* spp. y *E. coli* lo cual indica que estos microorganismos persisten en los desechos, lo que justifica las normas de la EPA (1999) de prohibir la utilización de estiércoles sin compostar, por lo menos 3 meses antes de su utilización (Ndegwa & Thompson 2001)

Contrariamente, el vermicompost previamente compostado para eliminar patógenos, no presenta ni *Salmonella* spp. ni *E. coli*, lo que otorga un alto grado de seguridad de uso. Asimismo las características químicas del vermicompost indican que se trata de un material estable debido al alto contenido de humus y cenizas. Este último valor, algo elevado, estaría asociado al manejo de las camas durante el proceso de vermicompostaje, ya que las mismas fueron construidas directamente sobre el terreno. Los valores obtenidos en este trabajo son coincidentes con la literatura, respecto a vermicompost de buena calidad realizados con los mismos materiales u otro tipo de estiércoles (Filippini y Lipinski 1989; Cony 2005; Rearte et al 2006).

El agua de riego demuestra ser un agua escasamente tratada en la planta de tratamiento municipal debido al alto contenido de MO y N y gran abundancia de microorganismos indicadores de contaminación cloacal. Este hecho desvirtúa la preocupación por utilizar enmiendas sin riesgo sanitario, debido a que el agua de riego aporta permanentemente bacterias contaminantes al suelo.

La presencia de alta cantidad de bacterias coliformes y salmonellas en el suelo antes de la plantación se debería a que previo al muestreo, la parcela recibió un abundante riego por inundación (para favorecer el lavado de sales) que provocó la acumulación de gran cantidad de bacterias entéricas en el suelo incluso a profundidad (40cm).

La disminución en la cantidad de bacterias entéricas a los dos meses y el aumento al final del ciclo del cultivo podría deberse a las condiciones ambientales. Las bajas temperaturas invernales provocan alta mortandad de los microorganismos que quedan expuestos en el agua de riego, lo que no sucede en la primavera donde se vuelven a detectar en el suelo. El hecho de que a cosecha no se detectaron *E. coli* tendría relación con la susceptibilidad y resistencia diferencial de ambas especies. Es bien conocido que *E. coli* representa el organismo entérico de menor resistencia y por lo tanto de mayor utilidad como indicador de contaminación reciente.

Efecto de las enmiendas y la fertilización en el suelo y el rendimiento

Sorprendentemente nuestros resultados muestran que, aunque se trabajó con situaciones muy contrastantes en cuanto a dosis, y tipos de enmiendas y fertilizantes, ninguno de los tratamientos tuvo un efecto diferencial sobre las características de fertilidad del suelo.

Estos resultados podrían deberse a los siguientes factores: a) el manejo del cultivo propio de los oasis regadío b) las condiciones climáticas y c) la calidad del agua de riego. Estos tres factores definen una dinámica muy particular en los suelos la cual permite interpretar nuestros resultados focalizando en los dos objetivos que se persiguen cuando se aplican enmiendas y fertilizantes: aumentar la MO del suelo y la disponibilidad de nutrientes para el cultivo.

La escasa significancia en la respuesta a la fertilización encontrada en relación al rendimiento y sus componentes, podría atribuirse a las características edáficas del agroecosistema. El suelo destinado al cultivo de ajo, ha sido fuertemente fertilizado durante muchos años, por lo cual el tenor medio P disponible es de 42.9 mg kg^{-1} . Lipinski (1999) en un ensayo realizado en ajo tipo blanco, no encontró respuesta a la fertilización fosforada cuando el P disponible edáfico fue de 9.75 mg kg^{-1} . En esta prueba, el testigo tuvo un rendimiento total (ajo limpio y seco) de 17.8 t ha^{-1} y la aplicación de P en dosis de 30, 60 y 120 kg ha^{-1} produjo un efecto detrimental en los rendimientos, siendo menores al testigo. En otro trabajo citado por este mismo autor se ha encontrado respuesta a la fertilización fosforada con la aplicación de 30 kg ha^{-1} de P, cuando el suelo contenía menos de 5 mg kg^{-1} de este elemento.

En un estudio realizado para evaluar el comportamiento de nuevas cultivares de ajo tipo blanco a la fertirrigación con nitrógeno, se concluyó que las dosis aplicadas de N que provocaron los rendimientos totales máximos, se encontraban entre 75 y 150 kg ha^{-1} , según la variedad, mientras dosis de 225 a 300 kg ha^{-1} provocan en algunas variedades una disminución de los mismos (Gaviola et al. 2006).

Es de esperar que las altas dosis de N aplicadas con los abonos orgánicos solos o complementados con fertilizantes químicos, partiendo de un suelo muy bien provisto de N (2%), provoquen escasas diferencias o como citan Gaviola et al. (1995) quienes no encontraron aumento en los rendimientos de ajo cuando en el suelo encontraron niveles de N superiores a 900 mg kg^{-1} .

Además, otro aspecto a tener en cuenta es el valor fertilizante del agua de riego utilizada. En función a la dotación hídrica que recibió el cultivo, ca 8560 m^3 . se ha calculado un aporte de 170 kg ha^{-1} de N, 41 kg ha^{-1} de P y 120 kg ha^{-1} de K, teniendo en cuenta la eficiencia media de uso interno (EUI= 20 %) (Chambouleyron et al 1989), y una lámina real almacenada en todo el perfil de 685 mm durante todo el ciclo cultural. Fasciolo et al. (2006), en un cultivo de ajo regado durante 3 años con efluentes domésticos tratados,

lograron un aumento del 19% respecto al testigo (9.33 t ha⁻¹) regado con agua de perforación.

Para una densidad de 170.000 plantas por ha, se estudió la extracción total de N, P y K en ajo blanco cuando se realizaba una fertilización órgano mineral aplicándose 200, 60 y 80 kg ha⁻¹ de N, P, K y 15 t ha⁻¹ de estiércol de gallina. La extracción total de N, P, K fue de 161, 14 y 112 kg ha⁻¹ de N, P, K respectivamente, obteniéndose un rendimiento de 11.8 t ha⁻¹. Cabe señalar que en este mismo estudio se determinó que la absorción total de nutrimentos es intensa a partir de los 100 días después de plantación y que durante los primeros 45 días la planta vive de las reservas del “diente semilla” (Gaviola et al 1989). Así, esta especie absorbe el 81% del K total que extrae la planta, desde fines de setiembre y hasta cosecha, a razón de 6.6 mg día⁻¹ planta⁻¹., razón por la cual se observa una disminución de este elemento en la totalidad de los tratamientos ensayados.

Esto explicaría por qué la dotación de nutrimentos primarios obtenida a través del agua de riego cubriría en gran parte los requerimientos nutricionales del ajo, proveyendo en forma continua a través de cada uno de los riegos la necesidad de elementos tales como el P, cuyo requerimiento y ritmo de absorción diario son muy bajos.

Dinámica de la MO del suelo

Los cultivos intensivos en lo oasis de regadío son sometidos a continuos riegos y laboreos que favorecen la actividad microbiana debido a la mezcla y trituración de los residuos, el aumento de aireación y humedad en el suelo que provoca grandes pérdidas de MO. Esta situación explica porque, aunque en algunos tratamientos se aplicó gran cantidad de C orgánico (por ej. 4680 kg ha⁻¹ en 2GG-2N y 2GG-N), no se encuentran diferencias en el contenido de MO del suelo. Parecería que todo el C del suelo independiente de su cantidad, sometido a dichas condiciones de manejo es metabolizado y transformado en CO₂.

Sin embargo, cuando se analiza la dinámica de la MO durante el ciclo del cultivo se observa un gran incremento en el contenido de C total a cosecha, de manera homogénea en todos los casos. Además se observa que este aumento no se corresponde con un incremento en la fracción humificada, lo que estaría indicando que el aumento de MO total se debe a la mayor cantidad de la fracción de C lábil. La única explicación posible es el gran aporte de MO en el agua de riego que fue continua y similar en todas las parcelas, (lo que justifica la falta de diferencias entre tratamientos) y el carácter lábil (lo que justifica la falta de aumento en los compuestos húmicos)

Si se tiene en cuenta la cantidad de riegos (14), la cantidad de agua en cada riego (612 m³/ha) y el contenido de MO que tienen el agua de riego (1%), se podría estimar que las parcelas han recibido aproximadamente 85 t de MO por ha. Dicha cantidad claramente explica el aumento de MO registrado durante el ciclo del cultivo. Como consecuencia con la mayor cantidad de compuestos lábiles en la MO del suelo, aumenta la respiración edáfica en la mayoría de los tratamientos y disminuyen los hongos y del IH. Es decir que el aporte diferencial de MO humificada en el VE (1.23%) y humificable en el VE y GG (lignina 18.5%, celulosa 59%) queda enmascarado por la gran magnitud de la MO lábil del agua de riego que homogeneiza todos los tratamientos.

Otro aspecto a señalar es que siendo el ajo un cultivo invernal, el periodo de barbecho coincide con el verano, lo que ocasiona que el aporte de MO lábil proveniente del agua de riego, sea rápidamente respirada por actividad microbiana y que al comienzo del otoño se

vuelve a tener la escasa cantidad de MO que se detecto en los suelos previo a la implantación del cultivo que es típica de los suelos de los oasis de riego de Mendoza (Hudson et al 1990).

Hay que destacar que los establecimientos regados con aguas residuales en Mendoza son minoría, por lo que los valores obtenidos de MO durante el periodo de riego son sorprendentemente altos para el resto de las zonas donde se riega con agua de deshielo. Por tal motivo nuestros resultados no son extrapolables a dichas condiciones donde se presume la dinámica de la MO ha de ser muy diferente.

Disponibilidad de N

La disponibilidad de NO₃, tampoco presento grandes variaciones entre tratamiento en relación a las diferentes dosis de N aplicadas. Sorprendentemente, al final del ciclo del cultivo el tratamiento que presentaba mayor contenido de NO₃ en el suelo fue el testigo que no había recibido N adicional.

El suelo previo a la plantación tenía alta cantidad de nitratos probablemente debido a la mayor mineralización durante el verano (como lo indican la abundancia de nitrificadores) y a falta de consumo por la vegetación (los suelos estaban en barbecho). Estos factores también justifican la gran disminución en el contenido de nitratos durante el ciclo del cultivo por consumo por el cultivo y por las condiciones climáticas que disminuyen la actividad nitrificadora en el suelo.

Los resultados de los rendimientos estarían asociados más con la capacidad de liberación gradual de nutrientes que con la cantidad de N aportado. Así los mayores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos con 8 t de VE y 8 t de GG, mientras que en los tratamientos con fertilizantes químicos la rápida disponibilidad de nitratos favorece las pérdidas por lavado y lixiviación, a causa de la alta frecuencia de riegos. De esta manera, los rindes en los tratamientos fertilizados no se diferencian del testigo aunque recibieron muy altas dosis de N (2GG-2N y 2GG-N recibieron 746 y 678 kg N ha⁻¹ respectivamente).

Además de alto contenido de nitrato, las dos enmiendas orgánicas presentan elevada cantidad N orgánico de mayor residualidad que el nitrato y el amonio aportado por la fertilización química. Esto hace que la combinación de GG con altas dosis de fertilizantes favorezca una mayor actividad microbiana que degrada la MO y libera el N de la enmienda con las consecuentes pérdidas de MO y NO₃.

Debe destacarse que si bien el agua de riego tiene escasa cantidad de NO₃, también tiene alta cantidad de N total, lo que estaría indicando alta inmovilización de N en biomasa microbiana. Por tal motivo, el agua de riego es otra importante fuente de N durante el ciclo del cultivo que podría haber contribuido a homogeneizar la distribución de N disponible y ocasionar la falta de diferencia entre tratamientos.

Se concluye que ni las prácticas empíricas utilizadas por los productores ni la aplicación de vermicompost consiguen aumentar la MO estable en el suelo. Parecería que se dada la dinámica tan particular de estos suelos y el tipo de agua de riego, se necesita un manejo con menos disturbio y mayor cantidad de material humificable. Para estos fines sería recomendable favorecer el aumento de humus durante el periodo de barbecho cuando no se requieren riegos ni laboreos y eliminar la aplicación de fertilizantes químicos que no

modifican los rindes, no dejan N residual en el suelo y favorecen la pérdida de MO. De esta manera se podría intentar un sistema de agricultura orgánica sustentable

Bibliografía

- Abril A, Salas P, Lovera E, Kopp S, Casado-Murillo N. 2005. Efecto acumulativo de la siembra directa sobre las características del suelo en la región semiárida central de Argentina. *Ciencia del Suelo* 23: 179-188.
- Atiyeh RM, Dominguez J, Subler S, Edwards CA. 2000. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworm (*Eisenia andrei*, Bouche) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia* 44: 709-724.
- Atiyeh, R.M.; Subler, S. Edwards, C.A.; Bachman, G.; Metzger, J.D. and W. Schuster. 2000 a. Effects of vermicompost and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*, 44, 579-590.
- Argerich, C.A., L.M. Poggi, y V.M. Lipinski. 1999. The influence of poultry manure and irrigation during fruit-setting critical period on processing tomatoes. Part. 2. Proc. Workshop on Irrigation and Fertigation of processing Tomato. *Acta horticulturae*, 487:557-562
- Avellaneda M O; Bermejillo A. I.; Mastrantonio L. 2004 . Aguas de riego calidad y evaluación de su factibilidad de uso. EDIUNC Mendoza – Argentina .ISBN: 950-39-0030-1
- Benitez E, Melgar R, Sainz H, Gomez M, Nogales R. 2000. Enzyme activities in the rhizosphere of pepper (*Capsicum annuum*, L) grown with olive cake mulches. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 1829-1835.
- Bermejillo A y Filippini M F. 2007. Abonos orgánicos una práctica agronómica revalorizada In: X Curso Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo. Mendoza, 26 al 29 de junio. Pp. 79-86.
- Burba, J. 1989. Cosecha, preparación y almacenamiento del ajo semilla, I Curso Taller de sobre producción, comercialización e industrialización de ajo. La Consulta, Mendoza.
- Cabrera A. 1976. Regiones fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Buenos Aires: Editorial Acme.
- Chambouleyron J.; Morabito J.; Mirabile C.; Salatino S; Drovandi A. 1989. Riego en ajo: valores de eficiencia y parámetros de manejo medidos a campo en la provincia de Mendoza. 1er y 2do Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo Agro de Cuyo Jornadas I: 17-22.
- Chee LC, Ferrera-Cerrato R, Etchevers-Barra JD, Echegaray-Aleman A, Santizo-Rincon JA. 1999. Microbial groups kinetics of the composting and vermicomposting processes. *Agricicultura* 33: 375-380

- Cony, Mariano. 2005. Humus de lombriz. Un abono orgánico para la horticultura sustentable. Revista Tach. (4) 21 – 27.
- Del Monte R. F., Mathey C.A., Quiroga M.E. 1994. Eficiencia comparativa entre sistemas de labranza y coberturas de flora natural en viticultura regadía. Horticultura Argentina 13: 87-98.
- Edwards C.; Burrows I.; Fletcher K. and B. Jones. 1985. The use of earthworms for composting farm wastes. In: Gasser, J.K. (Ed.). Composting agricultural and other wastes. Elsevier, London and New York, pp. 229-241.
- Environment Protection Agency (EPA) 1999. Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States. U.S. Environmental Protection Agency. Municipal and Industrial Solid Waste Division. Office of Solid Waste. EPA 530-R-99-009. 81 pp
- Fasciolo G.E.; Gabriel E.; Morabito J., Tozzi F. 2006. Impacto agroeconómico del riego con efluentes domésticos tratados en cultivos de ajo y cebolla. 19° Congreso Nacional del Agua: Libro de Resúmenes vol I, p. 109
- Filippini, M.F. y Lipinski, V. 1989. Caracterización del humus de lombriz y su aplicación en horticultura. 3ra Jornadas de Investigación y Docencia de la FCA – UN de Cuyo. N° 87.
- Filippini, M.F. y Bermejillo, A. 2006. Abonos Orgánicos: 1 parte. Revista Tach - Todo ajo y cultivos hortícolas. (1) 23 – 25.
- Granval, N y Gonzalez, M. 2003. Efectos de la aplicación de humus y estiércol de gallina en diferentes cultivares de ajo en sistema de producción orgánica. VIII Curso Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. Mendoza.
- Gaviola de Heras S.; Filippini de Zuluaga M.F.; Lipinski V. 1989. Ritmo de crecimiento y absorción de nutrientes en ajo (*Allium sativum* L.): Efecto de la fertilización sobre componentes del rendimiento en los tipos colorado y blanco 1er y 2do Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo Agro de Cuyo Jornadas I: 105 -112.
- Gaviola S.; Lipinski V.; Matinez C.; Alaria A.; & Maza M. 2003. La fertirrigación con nitrógeno y su influencia sobre el rendimiento y la calidad de distintos cultivares de ajo blanco. En VIII Curso Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo. Mendoza INTA EEA La Consulta pp. 93 - 94.
- Hudson R.R.; Alaska A.; Masotta H.T. y Muro A. 1990. Atlas de suelos de la República Argentina. Provincia de Mendoza. Escala 1:1.000.000. Es. AR. INTA-CIRN/PNUD, Buenos Aires. Tomo II, 71-106.
- Instituto de Desarrollo Rural (IDR). 2007. Programa Relevamiento Hortícola Provincial. Superficie cultivada de ajo ciclo 2007/2008.

- Lipinski, V y Filippini, MF. 1985. Efecto de dosis crecientes de lombricompuesto sobre el crecimiento y absorción de nutrientes en plantas de tomate. Congreso Nacional de Horticultura. Mar del Plata.
- Lipinski, V; Filippini M.F. y Gaviola de Heras, S. 1995. "Efecto de un fertilizante químico, guano e caballo y tratamiento mixto sobre el rendimiento y absorción de nutrientes en tomate para industria. Jornadas de Investigación de UNCuyo.
- Lipinski, V.M. y S. Gaviola de Heras 1997. Manejo de la fertilización y el abonado en cultivos de ajo de Mendoza. Vol.3:120-130. Ed. J.L. Burba. Proyecto ajo. EEA La Consulta. Centro Regional Cuyo.
- Lipinski, V. M. y A. López Frasca. 1999. Efecto del fósforo y del nitrógeno sobre el rendimiento de diferentes cultivares de ajo blanco. En VI Curso Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo. Mendoza INTA EEA La Consulta, , p. 119-120
- Lipinski V. M. 1999. Efecto del fósforo sobre el rendimiento de ajo blanco. VI Curso Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo. Mendoza INTA EEA La Consulta, pp. 115 -116.
- Ndegwa PM, Thompson SA. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and biocontrol of biosolids. *Bioresources Technology* 76: 107-112.
- Parr, J.F. & G.B. Willson, 1980. Recycling organic waste to improve soil productivity. *Hort. Science* 15 (2): 162-166.
- Rearte, E; Filippini, M.; Cony, M.; Maffei, J.; Mastrantonio, L.; Bonomo, V.; Alfonso. A.2006. Producción de humus de lombriz a partir de subproductos y efluentes de la industria del aceite e oliva. III Jornadas de Actualización en Riego y Fertiriego 10 -11 de Agosto. Mendoza, Argentina. CD 1-15 pp.
- Roy RN, Ram VM, Montanez A. 2002. Decreasing reliance on mineral nitrogen: yet more food. *Ambio* 31: 177-183.
- Sanchez-Monedero MA, Cegarra J, Garcia D, Roig A. 2002. Chemical and structural evolution of humic acids during organic waste composting. *Biodegradation* 13: 361-371
- Singh A, Sharma S. 2002. Composting of a crop residue through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting. *Bioresource Technology* 85: 107-111.
- Subler S.; Edwards C. and Metzger J. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *ByoCycle*, 39: 63-66
- Wolfe AH, Patz JA. 2002. Reactive nitrogen and human health: acute and long term implications. *Ambio* 31: 120-125.

Tabla 1: Propiedades químicas y biológicas de los abonos orgánicos usados (medias \pm SD) GG: estiércol de gallina, VE: vermicompost ($P>0.05$). na: no analizado

	GG	VE	P
humedad (%)	17.23 \pm 0.49	37.40 \pm 0.08	0.0003
cenizas (g kg ⁻¹)	348 \pm 55.6	650.6 \pm 19.2	0.0184
pH	8.69 \pm 0.06	7.64 \pm 0.06	0.037
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	11.53 \pm 0.07	3.22 \pm 0.10	0.0001
C orgánico (g kg ⁻¹)	195 \pm 1.0	146 \pm 2.0	<0.0001
C soluble (g kg ⁻¹)	14 \pm 0.5	0.5 \pm 0.05	<0.0001
Ácidos húmicos HA (g kg ⁻¹)	na	2.7	
Ácidos fúlvicos FA (g kg ⁻¹)	na	9.6	
Lignina (g kg ⁻¹)	0.0	185 \pm 5.0	<0.0001
Celulosa (g kg ⁻¹)	597 \pm 3.0	175 \pm 1.0	<0.0001
N total (g kg ⁻¹)	26.4 \pm 0.2	10.8 \pm 0.1	0.0009
N soluble (mg kg ⁻¹)	132 \pm 1.00	3.6 \pm 0.10	<0.0001
Fenoles solubles (g kg ⁻¹)	62.5 \pm 2.5	7.5 \pm 1.01	<0.0001
Nitratos (mg kg ⁻¹)	6635 \pm 14.14	2370 \pm 7.07	<0.0001
Amonio (mg kg ⁻¹)	548 \pm 73.48	4.22 \pm 0.48	0.009
C/N	7.38 \pm 0.20	13.53 \pm 0.30	0.0180
P total (g kg ⁻¹)	15.9 \pm 1.9	7.1 \pm 0.8	0.0264
K total (g kg ⁻¹)	25.9 \pm 1.1	4.8 \pm 0.3	0.0013
Na total (g kg ⁻¹)	5.5 \pm 0.7	3.8 \pm 0.1	0.0794
Ca total (g kg ⁻¹)	14.9 \pm 4.3	66.4 \pm 3.4	0.0056
Mg total (g kg ⁻¹)	5.9 \pm 0.3	12.1 \pm 1.3	0.0233
Na soluble (g kg ⁻¹)	4.8 \pm 0.3	1.4 \pm 0.01	0.0034
K soluble (g kg ⁻¹)	18.1 \pm 0.9	1.6 \pm 2.0	0.008
<i>Escherichia coli</i> (log g ⁻¹)	2.3 \pm 0.80	0	<0.0001
<i>Salmonella</i> spp. (log g ⁻¹)	2.7 \pm 0.07	0	<0.0001

Tabla 2: Propiedades químicas y biológicas del agua de riego. Media de 3 mediciones

EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1850		
Residuo salino (mg/L)	1330		
Iones totales (mg/L)	1328.74		
pH	7.77		
Calcio (mg L^{-1})	204	Carbonatos (mg L^{-1})	0
Magnesio (mg L^{-1})	31.6	Bicarbonatos (mg L^{-1})	420.9
Sodio (mg L^{-1})	59.8	Cloruros (mg L^{-1})	198.8
Potasio (mg L^{-1})	18.8	Sulfatos (mg L^{-1})	364.8
RAS	2,7		
N total (mg L^{-1})	24.8		
N-NO ₃ (mg L^{-1})	17.6	Dureza total °F	64
N-NO ₂ (mg L^{-1})	0.23	Dureza temporaria °F	34.5
N-NH ₄ (mg L^{-1})	2.27	Dureza permanente °F	29.5
P-PO ₄ (mg L^{-1})	6.07		
Materia orgánica (g L^{-1})	10.4		
Aerobic heterotrophic bacteria ($\log \text{g}^{-1}$)	4.43		
Coliform bacteria ($\log \text{g}^{-1}$)	2.11		
<i>Escherichia coli</i>	0.0		

Tabla 3: Propiedades químicas y biológicas antes plantación (medias \pm SD)

Propiedades químicas	pH	7.77 \pm 0.17	
	Conductivitas eléctrica (dS m^{-1})	3.67 \pm 0.72	
	Materia orgánica (g kg^{-1})	7.4 \pm 1.1	
	Ácidos húmicos (g kg^{-1})	0.6 \pm 0.3	
	Ácidos fúlvicos (g kg^{-1})	0.6 \pm 0.3	
	Materia orgánica biodisponible (g kg^{-1})	6.20 \pm 0.6	
	Índice de humificación (%)	8.11 \pm 3.79	
	Tipo de humus	1.00 \pm 1.94	
	N total (g kg^{-1})	2.0 \pm 0.5	
	Nitratos (mg kg^{-1})	142 \pm 25.15	
	P disponible (g kg^{-1})	44.63 \pm 6.33	
	Propiedades biológicas	Ntrificadores ($\log \text{g}^{-1}$)	4.42 \pm 0.27
		Amonificadores ($\log \text{g}^{-1}$)	6.48 \pm 2.39
Celulolíticos ($\log \text{g}^{-1}$)		4.78 \pm 0.49	
Hongos ($\log \text{g}^{-1}$)		5.83 \pm 0.36	
Fijadores de N ₂ ($\log \text{g}^{-1}$)		6.54 \pm 1.00	
<i>Salmonella</i> spp. ($\log \text{g}^{-1}$)		2.57 \pm 0.72	
<i>Escherichia coli</i> ($\log \text{g}^{-1}$)		1.64 \pm 1.58	
Respiración del suelo ($\text{mg CO}_2 \text{g}^{-1} 7\text{d}^{-1}$)	0.40 \pm 0.06		
Índice de mineralización de C	2.59 \pm 0.67		

Tabla 4: Propiedades biológicas del suelo en los distintos tratamientos en el momento de la cosecha de ajo. GG4: 4 Mg GG ha⁻¹; GG8: 8 Mg GG ha⁻¹; VE4: 4 Mg VE ha⁻¹; VE8: 8 Mg VE ha⁻¹; e) GG4-N: 4 Mg GG ha⁻¹+80 kg N ha⁻¹; VE4-N: 4 Mg VE ha⁻¹+ 80 kg N ha⁻¹; N:160 kg of N ha⁻¹; 2GG-2N: 14 Mg GG ha⁻¹+ 45 kg N ha⁻¹+ 115 kg P ha⁻¹/10 Mg GG ha⁻¹+ 65 kg N ha⁻¹; GG-2N: 14 Mg GG ha⁻¹ + 45 kg N ha⁻¹ + 115 kg P ha⁻¹/65 kg N ha⁻¹; and 2GG-N: 4 Mg GG ha⁻¹+ 45 kg N ha⁻¹ +115 kg P ha⁻¹/10 Mg GG ha⁻¹. Para cada parámetro, letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey test P>0.05).

	GG4	GG8	VE4	VE8	GG4-N	VE4-N	N	T	2GG-2N	GG-2N	2GG-N
nitrificadores (log g ⁻¹)	2.85	2.58	3.42	2.67	2.48	2.48	2.71	2.48	3.20	2.79	2.83
amonificadores (log g ⁻¹)	5.99	5.75	6.21	4.13	5.52	5.97	6.13	5.95	6.17	4.48	4.71
celulolíticos (log g ⁻¹)	3.24	4.94	7.15	3.65	5.33	5.74	4.78	5.65	4.74	3.85	3.95
hongos (log g ⁻¹)	4.68	4.62	4.58	3.98	4.57	3.21	4.59	4.04	4.10	4.57	4.36
Fijadores de N ₂ (log g ⁻¹)	6.12 a	5.92 a	6.14 a	6.07 a	6.13 a	5.87 a	5.89 a	5.98 a	6.01 a	3.85 b	6.28 a
<i>Escherichia coli</i> (log g ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salmonella</i> spp. (log g ⁻¹)	1.10	2.36	2.10	1.16	1.00	1.00	1.00	0.00 b	0.00	1.16	1.00
respiración del suelo (mg CO ₂ g ⁻¹ 7d ⁻¹)	0.80 a	0.86 a	0.72 a	0.67 a	0.50 b	0.68 a	0.43 b	0.51 b	0.79 a	0.83 a	0.75 a
Índice de mineralización C	2.51 a	2.33 ab	2.28 ab	2.14 ab	1.77 b	2.32 ab	1.24 ab	1.61b	2.45 a	2.18 ab	2.25 ab

Tabla 4: Propiedades químicas del suelo en los distintos tratamientos en el momento de la cosecha de ajo. GG4: 4 Mg GG ha⁻¹; GG8: 8 Mg GG ha⁻¹; VE4: 4 Mg VE ha⁻¹; VE8: 8 Mg VE ha⁻¹; e) GG4-N: 4 Mg GG ha⁻¹+80 kg N ha⁻¹; VE4-N: 4 Mg VE ha⁻¹+ 80 kg N ha⁻¹; N:160 kg of N ha⁻¹; 2GG-2N: 14 Mg GG ha⁻¹+ 45 kg N ha⁻¹+ 115 kg P ha⁻¹/10 Mg GG ha⁻¹+ 65 kg N ha⁻¹; GG-2N: 14 Mg GG ha⁻¹+ 45 kg N ha⁻¹+ 115 kg P ha⁻¹/65 kg N ha⁻¹; and 2GG-N: 4 Mg GG ha⁻¹+ 45 kg N ha⁻¹+115 kg P ha⁻¹/10 Mg GG ha⁻¹. Para cada parámetro, letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey test P>0.05).

	GG4	GG8	VE4	VE8	GG4-N	VE4-N	N	T	2GG-2N	GG-2N	2GG-N
pH	8.0	8.1	8.0	7.9	7.9	7.9	7.9	8.1	8.0	7.9	8.0
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	2.08	1.95	2.49	2.38	2.82	2.37	2.57	1.99	3.14	2.93	3.03
Materia orgánica (g kg ⁻¹)	15.0	17.4	14.9	14.7	12.9	14.5	16.2	14.9	14.9	17.9	16.0
Ácidos húmicos (g kg ⁻¹)	0.5	0.3	0.7	0.3	0.2	0.4	0.7	0.4	0.6	0.9	0.2
Ácidos fúlvicos (g kg ⁻¹)	0.6	0.7	1.0	0.9	0.6	0.5	0.7	0.7	0.7	0.4	0.5
Materia Orgánica biodisponible (g kg ⁻¹)	13.7	16.5	13.2	13.5	12.1	13.5	14.9	13.8	13.5	16.5	15.3
Índice de Humificación (%)	3.3	1.7	4.7	2.0	1.5	2.7	4.3	2.7	4.2	5.2	1.2
Tipo de humus	0.8	0.4	0.7	0.3	0.3	0.8	1.0	0.5	0.8	2.2	0.4
N total (g kg ⁻¹)	1.4	1.7	1.9	1.7	2.0	1.1	2.1	1.5	1.7	1.7	2.1
Nitratos (mg kg ⁻¹)	40.7 c	53.0 b	41.7 c	43.7 c	46.5 c	31.8 c	62.7 b	102.5 a	65.0 b	95.2 b	62.7 b
P disponible (mg kg ⁻¹)	43.9	40.7	40.3	41.2	42.5	45.6	45.3	45.3	47.73	48.07	45.63

