

RIEGO CON EFLUENTES TRATADOS: POTENCIAL FERTILIZANTE PARA UN CULTIVO DE AJO

Fasciolo, G*; E. Gabriel; Meca, M.I.***; Lipinski, V.****

* Investigadora del Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua y del Ambiente (CELAA) del Instituto Nacional del Agua y del Ambiente (INA); ** INTA-EEA – La Consulta; *** Mutual del Personal Jerárquico OSM)

Para evaluar el potencial fertilizante de efluentes domésticos tratados utilizados para riego, se realizó un ensayo a campo, durante 1998, en un cultivo de ajo, en Mendoza, Argentina. Utilizando un dispositivo experimental en bloques divididos, se compararon dos variedades de ajo, “Blanco” y “Colorado” y tres fuentes de agua de riego, efluente tratado en zanja de oxidación, agua de perforación sin fertilizante y agua de perforación con fertilizante. El efluente se comportó como una fertilización nitrogenada, mejorando la calidad del ajo y aumentando su rendimiento en un 10%, con respecto al del cultivo regado con agua de perforación sin fertilizante.

1. Introducción

El presente trabajo se ubica en el marco del Proyecto de Investigación denominado *Uso de efluentes tratados para riego*, que coordina el Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua y del Ambiente, del Instituto Nacional del Agua y del Ambiente (CELAA, INA), en el que participan el Centro Regional Andino (CRA-INA), la Estación Experimental Agropecuaria EEA - La Consulta, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Mutual del Personal Jerárquico y Profesional de Obras Sanitarias Mendoza y cuenta además con la colaboración del Ente Provincial del Agua y Saneamiento de la Provincia de Mendoza y de la empresa Obras Sanitarias Mendoza SA (OSMSA). Consiste en una serie de ensayos agrícolas, destinados a evaluar el potencial fertilizante de los efluentes tratados y la factibilidad sanitaria para el consumo, de su uso en riego de cultivos de interés comercial.

Los efluentes utilizados provienen de la planta depuradora de la ciudad de Junín, Mendoza, que consiste en una zanja de oxidación donde se tratan $630 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$. La planta y tiene anexada una propiedad agrícola, operada por la Mutual del Personal Jerárquico y Profesional de OSMSA, a través de un convenio con la empresa para el aprovechamiento y disposición del agua tratada.

Por el hecho de tratarse de ensayos a campo, las variables no controladas, como el caso de las climáticas, producen una importante variabilidad en las variables respuesta, en consecuencia, las conclusiones definitivas requieren de ensayos seriados en el tiempo (varios años). Asimismo, los cambios de contenidos de nutrientes y materia orgánica en el suelo, y los cambios en la capacidad de infiltración del suelo, requieren varios períodos de riego para que se manifiesten.

En esta presentación se dan los resultados de la evaluación del potencial fertilizante del efluente en el primer año de ensayo, 1998, en un cultivos de ajo. En forma complementaria se presenta la evaluación preliminar de la factibilidad sanitaria para el consumo (Fasciolo, G.; M.I. Meca y E. Gabriel, 2000). Para dar mayor claridad al texto se han informado por separado. Los resultados de los ensayos de infiltración se comunicarán luego de 3 ciclos de ensayos.

2. Importancia y marco teórico

Hay una gran cantidad de textos y publicaciones que mencionan las propiedades benéficas de las aguas residuales cuando son utilizadas para el riego de los cultivos (US EPA ,1981;US EPA, 1992; Moscoso Cavallini, J., 1999). Las aguas residuales tratadas tienen menor cantidad de nutrientes y materia orgánica que las sin tratar y deben ser evaluadas de acuerdo al tratamiento que han recibido. Fasciolo (1982) ha realizado una revisión de los criterios de calidad del agua de uso agrícola con énfasis en el

reuso de efluentes domésticos, sobre la base de bibliografía internacional y regional. Esos criterios se usan para evaluar la calidad del efluente en su condición de agua para riego, especialmente su influencia sobre la salinidad y permeabilidad del suelo, toxicidad específica para los cultivos y contaminación del acuífero.

Cuando el agua que se oferta es un volumen considerable, al elegir el cultivo, se deberá tener en cuenta las preferencias de los agricultores, que son en definitiva quienes adoptarán el efluente para el riego¹. Ello dependerá de sus conocimientos sobre los cultivos y de las posibilidades de una buena comercialización.

El ajo es uno de los cultivos comercialmente más requerido por los agricultores y el proceso de almacenaje de post cosecha puede ser suficiente para eliminar restos de patógenos (Fasciolo, G.; M.I. Meca y E. Gabriel, 2000).

La importancia del cultivo de ajo en la Argentina radica en el hecho de ser un tradicional rubro de exportación (45 al 55%), alcanzando hoy a valores de hasta 70 millones de pesos por este concepto en el trienio 1996/1998 (Burba, 1998). La provincia de Mendoza ha concentrado el 90% de la producción nacional, alcanzando una superficie cultivada de 11.814 hectáreas en 1977 y 12.998 hectáreas en 1998, con un valor exportado de 104,6 millones de dólares en 1998 (Estévez G.M. y Vanin, M, 1997; Gennari, A. y P. Eisenchlas, 1977 y Gobierno de Mendoza, 1998). El mayor volumen se comercializa en fresco en mercados locales e internacionales. En el primer caso Mendoza abastece al mercado nacional desde fin de noviembre hasta fin de agosto, entregando ajo en ristra a los principales centros de abastecimiento como Buenos Aires, Córdoba, Rosario y Tucumán. (Estévez G.M. y Vanin, M, 1997).

Con respecto a la fuente de nutrientes que puede resultar de un efluente tratado, se menciona en la literatura que, a una intensidad de riego de $20.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, aguas tratadas en estanques de estabilización, se asocian a tasas de aplicación de $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Nitrógeno y $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Fósforo, lo que puede reducir o eliminar la necesidad de aplicar fertilizantes. Además, la materia orgánica que se agrega, actúa como acondicionador del suelo (OMS, 1989).

Para el caso del cultivo de ajo con aplicaciones de riego de $9.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ de efluente tratado (láminas de $900 \text{ mm} \cdot \text{año}^{-1}$) y con valores promedios de concentración de nitrógeno de entre 20 y $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de nitrógeno total, se espera un aporte de entre 180 y $360 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$. Para Fósforo, concentraciones de alrededor de $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de fósforo total en el efluente significarían aportes de aproximadamente $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.

En el caso del ajo, la fertilización depende, en extremo, de las condiciones locales. Debido a las características de los suelos de Mendoza, no existe clara respuesta a la adición de fósforo y potasio (Burba, 1977, Lipinski y Gaviola, 1995). Numerosos trabajos destacan que la única respuesta del ajo es a la fertilización nitrogenada y que por lo general los suelos de la región de Cuyo tienen buena dotación de fósforo y potasio, por lo que habitualmente, no hay respuesta a la fertilización con estos elementos (Lipinski y Gaviola, 1997, Lipinski y Lopez F., 1999, González, O.A.; J.E.Bustos y C.A.Parera, 1999).

La decisión sobre el tipo de cultivo que se va regar con los efluentes, tiene que considerar, además de las características climáticas de cada región, las recomendaciones sanitarias asociadas al nivel de tratamiento (OMS, 1989). Por otro lado la consideración de los aspectos sanitarios está también asociada a las características climáticas de cada zona, que pueden afectar la persistencia de los microorganismos en las plantas (Fasciolo, G.; M.I. Meca y E. Gabriel, 2000).

¹ Distinto es el caso en que la propia empresa de saneamiento se hace cargo del uso para el riego y desarrolla su propia explotación agraria, pero en donde el principal objetivo es la disposición final del efluente.

3. Hipótesis de investigación y objetivos

Se planteó la siguiente hipótesis de investigación y los siguientes objetivos:

Hipótesis El nitrógeno y el fósforo y la materia orgánica contenidos en el efluente doméstico tratado mejoran el rendimiento del cultivo de ajo, actuando como fertilizante y mejorador de suelo respectivamente.

Objetivo general:

Conocer el efecto fertilizante y de aporte de materia orgánica del efluente doméstico tratado, cuando es utilizado para el riego del cultivos.

Objetivo del ensayo de riego:

- a) Comparar el rendimiento y la calidad de dos variedades de ajo, “blanco” y “colorado”, regado bajo tres fuentes de agua de riego: 1. efluente tratado; 2. agua de perforación con agregado de fertilizante; 3. agua de perforación sin agregado de fertilizante.
- b) Comparar el efecto en el suelo regado bajo tres fuentes de agua de riego: 1. efluente tratado; 2. agua de perforación más agregado de fertilizante; 3. agua de perforación sin agregado de fertilizante.

4. Metodología

4.1. Descripción del ensayo de riego

Se realizó un ensayo a campo durante el año 1998 en la propiedad agrícola anexada a la planta depuradora de la ciudad de Junín, Mendoza. Las parcelas de ajo fueron sometidas a un estudio de dos factores (experimento factorial) con 2 y 3 niveles cada uno. Los factores son: **Factor A, Variedad:** a_0 , ajo “blanco” Nieve INTA (‘ajo blanco’) y a_1 , ajo “colorado” Fuego INTA (‘ajo colorado’) y **Factor B, Fuente de agua de riego:** b_0 , efluente tratado (‘efluente’); b_1 , agua de la perforación existente en el predio sin agregado de fertilizante (‘agua de perforación sin agregado de fertilizante’) y b_2 , agua de la misma perforación con agregado de fertilizante nitrogenado (‘agua de la perforación con agregado de fertilizante’). La fertilización nitrogenada realizada, fue de 96 kg N.ha⁻¹ como urea. Tanto el efluente como el agua de la perforación provienen del mismo acuífero.

Los seis **tratamientos** que resultaron de la combinación de los niveles de los dos factores son: ajo “blanco” regado con efluente (a_0b_0); ajo “blanco” regado con agua de la perforación sin agregado de fertilizante (a_0b_1); ajo “blanco” regado con agua de la perforación más agregado de fertilizante (a_0b_2); ajo “colorado” regado con efluente (a_1b_0); ajo “colorado” regado con agua de la perforación sin agregado de fertilizante (a_1b_1) y ajo “colorado” regado con agua perforación más agregado de fertilizante (a_1b_2).

Los efectos estudiados responden a variables de rendimiento y de calidad, como también a algunos cambios que se producen en el suelo.

La unidad de análisis (o unidad experimental) fue de 5 surcos de 11 m de largo cada uno. Se realizaron 5 repeticiones para cada uno de los 6 tratamientos, lo que implica una superficie aproximada de 800 m², incluyendo las borduras. Las parcelas fueron regadas por surcos, sin pendiente, a través de un sistema de distribución por cañerías y mangas de polietileno perforado.

Los **tratamientos** fueron asignados al azar, mediante un diseño estadístico en bloques divididos (diseño con ambos factores en franjas). En este diseño las parcelas de cada factor se cruzan físicamente entre

sí. Esto resulta muy práctico pues permite que el riego, por surco, se aplique a lo largo del bloque del factor A, que es la **Variedad**, es decir que se facilitan las operaciones.

La densidad de plantación fue de 240.000 pl·ha⁻¹ en el caso del ajo blanco “blanco” y 280.000 pl·ha⁻¹ en el caso del ajo “colorado”.

La Figura 1 presenta un esquema de la distribución de las unidades en la parcela experimental.

La Foto 1 presenta una vista parcial del a parcela experimental.

Dentro de cada unidad experimental se tomó como parcela efectiva a las dos líneas de plantas centrales (11m²) dejando el resto como bordura.



Foto 1 – Vista parcial de la parcela experimental.
Medición de capacidad de infiltración en surco.

4.2. Los efectos estudiados

Los efectos estudiados fueron cuantificados mediante las siguientes variables:

4.2.1. Rendimiento en peso de la cosecha de ajo, luego del proceso de secado: peso seco, en kg

4.2.2. Calidad, por el tamaño del bulbo: diámetro, en intervalos, en mm.

4.2.3. Calidad, por ausencia de defectos: malformaciones, como presencia o ausencia.

4.2.4. Condiciones del suelo para:

4.2.4.1 Fertilidad

- a) Nitrógeno Total (inorgánico + orgánico), por método de Kjeldahl.
- b) Fósforo disponible, mediante extracción por método Arizona 1:10, seguido de colorimetría con sulfobanodato molíbdico.
- c) Potasio intercambiable, mediante extracción con acetato de amonio seguido de Fotometría de emisión de llama.
- d) Materia orgánica, por método Wakleg-Black
- e) Cinc, por espectrofotometría de Absorción Atómica

4.2.4.2. Salinidad

- a) Conductividad eléctrica,
- b) Calcio+Magnesio, mediante complexometría con EDTA.
- c) Sodio, mediante Fotometría de emisión de llama
- d) Cloruros, por método de Mohr
- e) RAS, en el extracto saturado
- f) pH, mediante Electrométrico

4.3. El análisis de datos

El modelo propuesto de diseño en franjas para cada una de las variables respuestas es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \gamma_{ij} + \beta_k + \theta_{ik} + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

En donde Y representa cada una de las observaciones de las variables respuestas, μ es su valor promedio, ρ es el efecto del bloque, α es el efecto de la variedad, β es el efecto de la fuente de agua, $\alpha\beta$ es el efecto de la interacción de ambos factores; γ , θ y ε son los errores no observables.

Las hipótesis estadísticas (hipótesis nula) que se probaron para las variables respuestas son:

Ho : $(\alpha\beta)_{jk} = 0$. No existe interacción entre **Fuente de agua de riego** y **Variedad** de ajo².

Ho : $\alpha_j = 0$ No existe efecto por la **Variedad** de ajo

Ho : $\beta_k = 0$ No existe efecto por la **Fuente de agua de riego** de ajo

Las hipótesis se probaron utilizando Análisis de la Varianza para efectos fijos y prueba de rangos múltiples de Duncan, para detectar que tratamientos son significativos. Estas pruebas se realizaron utilizando el software estadístico SAS, en su versión para PC. Se fijó como probabilidad del error de tipo I, 0,05 (nivel de significancia establecido $\alpha=0,05$).

Para el análisis de los efectos de suelo sólo se consideró el factor **Fuente de agua de riego**, no así la **variedad**.

5. Desarrollo del ensayo

5.1. Implantación del cultivo

La "semilla" de ajo utilizada proviene del INTA, EEA, La Consulta. Se utilizó para ajo "blanco" semilla de Nieve-INTA y para ajo "colorado", semilla de Fuego-INTA.

² Con los experimentos factoriales no es solo posible evaluar los efectos individuales de los factores (variedad de ajo y fuente de agua de riego, en este estudio) sobre la respuesta, sino que es posible también evaluar si el efecto de un factor es diferente para los distintos niveles de otro factor.

Por problemas meteorológicos se atrasó la implantación del ajo blanco siendo ambos implantados el 08/04/98. Debido a inconvenientes de infraestructura, en los 3 primeros meses no se aplicó el tratamiento de fuente de riego, regando todas las parcelas con el agua de la perforación. A partir de agosto se comenzó a regar diferencialmente, de acuerdo a la distribución de los tratamientos en las parcelas.

El ajo blanco se cosechó el 10/11/98 y el ajo colorado el 2/12 /98. El ajo fue trasladado a los secaderos verticales que posee el INTA, EEA-La Consulta. El proceso poscosecha fue de: 1^{ro}) secado a campo bajo sombra hasta “punto de curado” (72 horas) y 2^{do}) secado en secadero vertical en macrotunel: secado del ajo fresco en “rama”, bajo cubierta, en atados dispuestos en paredes verticales, con ventilación natural hasta “punto de secado”.

5.2. Medición de los efectos

Las mediciones de los efectos de rendimiento fueron realizadas luego del proceso de secado y limpieza del ajo, momento en que se pesó el ajo producido en cada parcela efectiva.

La variable más importante de calidad es el diámetro del bulbo. Este se midió con un calibre y se clasificaron por categorías de diámetros, todos los bulbos de cada parcela cosechada, obteniendo así su distribución de frecuencias. Para realizar el análisis de la varianza, se utilizaron las medias del diámetro de cada parcela cosechada.

Para la variable de calidad asociada a la ausencia de defectos, la medición realizada es la presencia de defecto en cada bulbo. La medida considerada es la proporción de bulbos con “defectos” o “malformaciones”. La observación se realizó luego del secado y limpieza del ajo. Se realizó análisis de la varianza para la variable proporción.

5.3. Calidad del agua de riego y del suelo

Las Tablas 1 y 2 muestran la composición media del agua de riego y del suelo.

Tabla 1. Composición media del efluente y del agua de la perforación utilizados para el riego.

Tratamiento	Fósforo Total mg.L ⁻¹	Nitrógeno Total mg.L ⁻¹	Potasio total mg.L ⁻¹	Sodio mg.L ⁻¹	Magnesio mg.L ⁻¹	Calcio mg.L ⁻¹	Conductividad Eléctrica dS·m ⁻¹	pH	Relación de Adsorción de Sodio
Efluente	2,6	36	26	144	32,6	140	1,9	7,4	3,24
Perforación	0	0	10	200	21	322	2,1	7,3	2,95

Tabla 2. Caracterización inicial del suelo

Muestra Compuesta	Nitrógeno total mg·kg ⁻¹	Fósforo disponible mg·kg ⁻¹	Potasio intercambiable mg·kg ⁻¹	Materia orgánica %	Volumen de sedimentación mL%g	Conductividad eléctrica dS·m ⁻¹	pH	Relación de adsorción de sodio
Inicial	1064	9.82	320	1.71	116	3.35	7.25	1.53

Clasificación: Franco limoso, moderadamente salino, no sódico.

5.4. Riegos y aporte de nutrientes durante el ensayo

El Tabla 3 indica las características de los riegos y el nivel de fertilizante aportado.

Tabla 3. Laminas de riego y aportes de Nitrógeno y de Fósforo

Fuente de riego	Lámina de riego* (mm)	kg N.ha ⁻¹	kg de P.ha ⁻¹
Efluente	540	106	10
Perforación más fertilizante	540	96	0
Perforación sin fertilizante	540	0	0

* A partir de julio en que se iniciaron los riegos diferenciados. Previamente, todas las parcelas recibieron 170 mm de lámina de riego del agua de la perforación. No se han incluido las precipitaciones

6. Resultados

6.1. Efectos sobre el Rendimiento: Peso del ajo limpio y seco

Los resultados de rendimiento en peso mostraron diferencias significativas para los efectos principales, **Variedad** y **Fuente de agua de riego**, no así para la interacción **Variedad por Fuente de agua de riego**.

Se puede inferir que:

No hay interacción entre los factores **Variedad** de ajo y **Fuente de agua de riego**. (F=3,21, Pr>F, 0,094); O sea, que no hay efectos en el rendimiento debido a la acción conjunta de una de las **Variedades** con alguna de las **Fuentes de riego**.

Hay diferencias significativas entre **Variedades** de ajo blanco y colorado (F=13,71 y Pr>F, 0,0208). El ajo "Blanco" rindió más que el ajo "Colorado". Esto era de esperar pues ya se conoce este comportamiento. Lo que se buscaba era ver si existía interacción con la **Fuente de agua de riego** lo que se demostró que resultó negativo.

En cuanto al factor, **Fuente de agua de riego**, se presentaron diferencias para el rendimiento de peso seco (F=14,22 y Pr>F, 0,0023). De acuerdo a los resultados de la prueba de rangos múltiples de Duncan, hay diferencias significativas en el rendimiento entre el 'agua de la perforación sin fertilizante', que resultó menor con respecto a las otras dos **Fuentes de agua de riego**, que son 'efluente' y 'agua de perforación con agregado de fertilizante'.

La media del rendimiento es ligeramente más baja en el riego con 'agua de perforación más fertilizante' que en el riego con 'efluente'. En este último hay también un importante aporte de Fósforo que no se ha traducido en diferencias significativas en el rendimiento.

Por lo tanto se considera que el efluente tratado, utilizado para el riego con aportes de Nitrógeno, de Fósforo y de otros nutrientes, se ha comportado, con relación al rendimiento, prácticamente igual que una fertilización nitrogenada.

Con base a los valores medios que figuran en la Tabla 4, se puede decir que los ajos (sin discriminar variedad) regados con 'efluente' y los ajos regados con 'agua de la perforación con fertilizante',

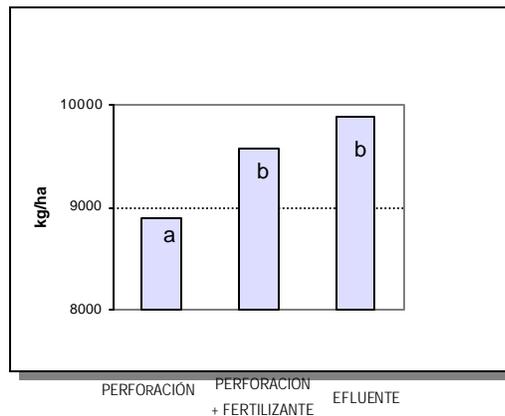
presentaron rendimientos superiores en un 10% que con respecto a aquellos ajos regados con ‘agua de perforación sin fertilizar’ .

En la Figura 2 y Tabla 4, se presentan los resultados expresados en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Tabla 4. Promedio de los rendimientos parcelarios*

Fuente de riego	$\text{Kg}\cdot\text{parcela}^{-1}$	$\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$
Efluente	10,87 b	9882
Agua de la perforación +fertilizante	10,53 b	9573
Agua de la perforación sin fertilizante	9,79 a	8900

* Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha = 0,05$)



Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha = 0,05$)

Figura 2. Rendimiento de ajo según fuente de agua

6.2.Efectos sobre la calidad: diámetro del bulbo

La variable más importante de calidad es el diámetro del bulbo. Las conclusiones derivadas del análisis estadístico de esta variable son semejantes a las de la variable rendimiento y son:

La interacción entre *Varietal* y *Fuente de riego* no es significativa con respecto al diámetro medio del bulbo.

Hay diferencias significativas en el tamaño del diámetro del bulbo para **Fuentes de agua** ($F=21,50$ y $Pr >F, 0,006$). La prueba de rangos múltiples de Duncan indica que las diferencias significativas son entre, ‘efluente’ y ‘agua de la perforación sin fertilizante’, y entre ‘agua de perforación con fertilizante’ y ‘agua de perforación sin fertilizante’.

La conclusión en relación con el diámetro de los ajos es que el riego con ‘efluente’ se comportó como una fertilización nitrogenada en cuanto a la producción de ajos de mayor diámetro, aumentando este en el orden del 5%. Es decir que el riego con el efluente tratado, además de aumentar el rendimiento, también incrementó el diámetro medio del bulbo, como componente del rendimiento, lo que representa un mayor valor económico por mayor calidad.

6.3. Efectos sobre la calidad: malformaciones

Los resultados son semejantes a aquellos obtenidos para el diámetro del bulbo:

No hay interacción entre **Variedad** y **Fuente de riego**.

Hay diferencias significativas entre los niveles de *Fuentes de riego*. El riego con 'agua de perforación sin fertilizar' se comporta significativamente diferente, con mayor proporción de bulbos con defectos, que el riego con 'agua de perforación más fertilizante' y que el riego con 'efluente'.

La conclusión con relación a la proporción de bulbos "con defectos" o "mal formados" es que el riego con "efluente" produjo ajos con menor número de defectos. Es decir que el riego con efluente tratado, además de mejorar el peso o rendimiento promedio con respecto a los ajos que no son fertilizado, también los mejoró con respecto al tamaño medio del bulbo y generó menor proporción de bulbos defectuosos. Esto último se contrapone un poco con los resultados obtenidos en ensayos de fertilización en ajo, en los que algunas veces se ha encontrado mayor proporción de bulbos deformes con mayor fertilización nitrogenada (Lipinski, V.M y S.Gaviola de Heras, 1997).

6.4. Efectos sobre las condiciones del suelo

Al finalizar el ensayo se realizó un estudio de suelo para comparar los efectos de los tratamientos en las variables asociadas a la fertilidad y a la salinidad del suelo que se presenta en la Tabla 4, en la que figuran los valores medios de dichas variables.

Se encontraron diferencias significativas en la variable conductividad eléctrica (CE) del suelo entre riego con 'efluente' y riego con 'agua de la perforación sin fertilizar', siendo en éste último tratamiento, mayor la Conductividad Eléctrica. Esto puede explicarse por la ligera mayor salinidad del agua de pozo. Por otro lado la concentración de Cinc resultó significativamente mayor en el suelo regado con 'efluente' con respecto a los suelos regados con 'agua de la perforación sin fertilizante' y con 'agua de la perforación con agregado de fertilizante'. Esto puede deberse al aporte de este elemento por el efluente tratado, el que puede incidir en forma positiva en los rendimientos. El resto de las variables no presentaron diferencias significativas.

Tabla 4. Estudio de suelo. Media de las variables según Fuente de agua de riego

Tratamiento	Nitrógeno Total (ppm)	Fósforo Total ppm	Potasio Intercambiable (ppm)	Conductividad eléctrica (dS.m ⁻¹)	Calcio + Magnesio (me·L ⁻¹)	Sodio (me·L ⁻¹)	Cloruro (me·L ⁻¹)
Efluente	1159	9,1	472	4,83 ^a	38,96	14,88	11,96
Agua de perforación + fertilizante	1114	9,0	486	5,08 ^b	40,80	16,94	11,96
Agua de perforación sin fertilizante	1114	8,8	436	5,14 ^b	39,68	17,14	11,42

Tabla 4 (continuación)

Tratamiento	Relación Adsorción Sodio	pH	Carbonatos (me·L ⁻¹)	Sulfatos (me·L ⁻¹)	Relación Adsorción Potasio	Materia Orgánica (%)	Cinc (mg·kg ⁻¹)
Efluente	3,35	7,62	3,1	44,0	0,33	1,92	1,38 ^b
Agua de perforación +fertilizante	3,77	7,64	3,6	43,7	0,33	1,86	1,28 ^a
Agua de perforación sin fertilizante	3,82	7,58	2,8	39,8	0,33	1,85	1,30 ^a

7. Conclusiones

De los resultados presentados, correspondientes a un año de riego con efluentes tratados, pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

El rendimiento del cultivo de ajo se comportó en forma semejante con el riego con efluente tratado que con el riego con agua de la perforación con agregado de fertilizante.

El riego con efluente tratado y el riego con agua de la perforación con agregado de fertilizante presentan rendimientos superiores y tamaños de bulbos mayores, que el riego con el agua de la perforación sin agregado de fertilizante. El riego con este efluente presentó, en el cultivo de ajo, rendimientos superiores en un 10% aquellos obtenidos en los cultivos regados con el agua de la perforación sin agregado de fertilizante.

Se considera que la respuesta del cultivo es debida al nitrógeno que aportó el efluente tratado y el agua de la perforación con agregado de la fertilización nitrogenada. Aparentemente, el cultivo no muestra respuesta al aporte de fósforo del efluente tratado, lo que es consistente con la falta de respuesta del cultivo de ajo en Mendoza a la fertilización con este elemento.

No se presentaron cambios en el suelo para la mayoría de las variables estudiadas luego de un ciclo de cultivo bajo riego, con efluente tratado en una zanja de oxidación. La única variable que presentó un aumento significativo, es la concentración de cinc.

Agradecimientos

Al Ing. José Luis Burba, por su asesoramiento para el manejo del cultivo.

Al Dr. Armando Bertranou y al Ing. Oscar Vélez, por el apoyo brindado para la concreción del proyecto en su calidad de promotores del mismo.

A Leandro Mastrantonio por su colaboración con las mediciones realizadas y con el procesamiento de los datos.

Referencias

Burba, J.L., 1997. *Situación del cultivo de ajo en la Argentina*. In: 50 Temas sobre producción de ajo. 1: Situación del cultivo y aspectos socioeconómicos. INTA, EEA. La Consulta, Mendoza, Argentina. Junio 1997. vol. I: 11.

Burba, J.L., 1998. *Ajo: cadena agroalimentaria*. Mimeografiado, EEA. La Consulta, INTA, Mendoza, Argentina. 19p.

- Estévez, G. M. y Vanin, M, 1997. *Producción de ajo en Mendoza*. En: 50 Temas sobre producción de ajo 1:Situación de cultivo y aspectos socioeconómicos. INTA, EEA-La Consulta, Mendoza, Argentina. Vol.I:16.
- Fasciolo, G. 1982. *Reuso de efluentes y criterios de calidad de agua de uso agrícola*. Mendoza, INCYTH. CELAA.
- Fasciolo, G.; Meca, M.I. y E.Gabriel;, L. 2000. *Riego con efluentes tratados: Aceptabilidad sanitaria para un cultivo de ajo*. (Inédito). (Presentado al 11º Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente).
- Gennari, Alejandro y P.Eisenhlas, 1997. *La comercialización del ajo mendocino ante los nuevos escenarios internacionales: un enfoque estratégico*. En: 50 Temas sobre producción de ajo. 1:Situación de cultivo y aspectos socioeconómicos. INTA, EEA-La Consulta, Mendoza, Argentina. Vol. I:69.
- Gobierno de Mendoza, 1998. *Ajo: Cadena Agroalimentaria*. CD. Del Gobierno de Mendoza.
- González, O. A., J.E. Bustos y C. A. Parera. 1999. *Efecto de la fertilización fosfatada en la producción de ajo "Blanco" en San Juan, Argentina*. In: Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo. (6, 1997). Mendoza, INTA EEA La Consulta p. 119-120. In: Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo. (6, 1997). Mendoza, INTA EEA La Consulta p. 117-118.
- Lipinski, V. M. y S. Gaviola de Heras. 1995. *Efecto de diferentes dosis de NPK sobre el rendimiento de ajo "Blanco"*. In: Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo. (4, 1995). Mendoza, INTA EEA La Consulta p. 120-130.
- Lipinski, V. M. y S. Gaviola de Heras. 1997. *Manejo de la fertilización y el abonado en cultivos de ajo de Mendoza*. In: Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo. (5, 1997). Mendoza, INTA EEA La Consulta p. 120-130.
- Lipinski, V. M. y A. López Frasca. 1999. *Efecto del fósforo y del nitrógeno sobre el rendimiento de diferentes cultivares de ajo "Blanco"*. In: Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo. (6, 1997). Mendoza, INTA EEA La Consulta p. 119-120.
- Lipinski, V. M. 1999. *Efecto del fósforo sobre el rendimiento de ajo "Blanco"*. In: Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo. (6, 1999). Mendoza, INTA EEA La Consulta p. 115-116.
- Moscoso Cavallini, J. 1999. *Uso agropecuario de las aguas tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan de Miraflores, Lima, Perú*. (OPS/CEPIS/99). En: Seminario Reuso de efluentes tratados de líquidos cloacales. Bs.As. Arg. 18/9/99.
- OMS, Organización Mundial de la Salud, 1989. *Directrices Sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura*. Informe. Ginebra, OMS (Informes Técnicos, 778)
- U.S. Environmental Protection Agency, 1981. *Process design manual for land treatment of municipal wastewater*. Cincinnati, Ohio. (EPA 625/1-81-013).
- U.S. Environmental Protection Agency, 1992. *Guidelines for water reuse*. Manual. Washington (EPA/625/R-92/004).