



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

“Trabajo Final Presentado  
Para Optar por el Grado de Ingeniero Agrónomo”

**PRODUCCIÓN DE AJO BAJO RIEGO POR GOTEO CON  
EFLUENTES URBANOS TRATADOS,  
FERTILIZACIÓN LIQUIDA Y USO DE BIOSÓLIDOS**

**ALFONSO ESTEBAN TESTA**

**DNI: 25429111**

DIRECTOR: Ing. Agr. Diego Fernando Ramos

CO-DIRECTOR: Ing. Agr. Fabricio Salusso

Río Cuarto-Córdoba

Mayo 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Título del Trabajo Final**

PRODUCCIÓN DE AJO BAJO RIEGO POR GOTEO CON EFLUENTES URBANOS  
TRATADOS, FERTILIZACIÓN LÍQUIDA Y USO DE BIOSÓLIDOS.

**Autor:** ALFONSO ESTEBAN TESTA

**DNI:** 25429111

**Director:** Ing. Agr. DIEGO FERNANDO RAMOS

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador

Ing Agr. Guillermo Cerioni: \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Fabricio Salusso: \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Diego Fernando RAMOS \_\_\_\_\_

Fecha de presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Aprobado por la Secretaría Académica: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Secretario Académico

## INDICE GENERAL

	Página
Certificado de aprobación	I
Índice general	II
Índice de tablas	IV
Índice de figuras	V
Resumen	VI
Summary	VII
Introducción	1
La producción de ajo	2
Contexto internacional	2
Contexto nacional	3
Importancia del uso de efluentes tratados y aguas residuales	3
Importancia de la producción y utilización de biosólidos	6
Fertilización nitrogenada	7
Efecto de los biosólidos en la producción de hortalizas	9
Hipótesis	10
Objetivos	10
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
Materiales y métodos	11
Reutilización de efluentes urbanos	15
Sistema de riego por goteo	16
Plantación	17
Fertilización	18
Manejo fitosanitario del cultivo	19
Cosecha	20
Resultados y discusión	21
Balance híbrido	23

Productividad del cultivo de ajo	24
Calibre y peso individual de los bulbos	25
Rendimiento	25
Parámetros edáficos del suelo ensayado	28
Conclusiones	30
Apreciaciones finales	31
Bibliografía	32

## INDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Determinaciones analíticas del efluente domiciliario. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	15
Tabla 2	Características agroecológicas de los biosólidos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	15
Tabla 3	Calidad del agua residual. Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	21
Tabla 4	Porcentaje de bulbos comerciales: normales y con anomalías según los distintos tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	24
Tabla 5	Calibre y peso de bulbos normales. Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	25
Tabla 6	Rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), dosis de agua ( $\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y EUA ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) para cada uno de los tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	27
Tabla 7	Muestra de suelo comparativa (0-20) cm de profundidad al inicio y al final del ciclo del cultivo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba (2010).	28

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Trabajos previos de interconexión de la red cloacal. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	12
Figura 2 Cámara concentradora de los efluentes urbanos tratados. Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	12
Figura 3 Canasto de acero inoxidable de 0.075 m <sup>3</sup> . Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	13
Figura 4 Tanque sedimentador de lodos. Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	13
Figura 5 Tratamientos convencionales de los efluentes. Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	14
Figura 6 Biodigestador vertical y descarga de biosólidos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	14
Figura 7 Equipo de bombeo y centro de control de riego. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	16
Figura 8 Línea principal, líneas portagoteros y detalle del cabezal de riego. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	17
Figura 9 Plantación de ajo. Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	17
Figura 10 Riego por goteo en cultivo de ajo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	18
Figura 11 Descarga, acopio y aplicación de biosólidos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	18
Figura 12 (izq.)Estado general del cultivo a los 110 días del ciclo. (Der) Cultivo a los 180 días de ciclo. Planta Piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	19
Figura 13 Labores culturales durante el ciclo del cultivo. Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	19
Figura 14 Desenterrado de ajos. Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	20
Figura 15 Recolección de ajos. Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	20
Figura 16 Reducción de coliformes totales durante el tratamiento del agua residual. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	22
Figura 17 Remoción de nutrientes luego del tratamiento del agua residual. Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	22
Figura 18 Aportes de Pp, Pp efectiva y agua de riego durante el ciclo de cultivo. Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	23
Figura 19 Rendimiento del cultivo de ajo (t.ha <sup>-1</sup> ) según los diferentes tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.	26

## RESUMEN

La reutilización de aguas residuales tratadas y biosólidos, constituyen un valioso recurso para la producción hortícola. Con el objetivo de evaluar el rendimiento y la calidad sanitaria, el 26/03/2010 se plantaron ajos “blanco” cultivar Unión, en un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones: las dosis de biosólidos aplicadas al suelo fueron de 25 t.ha<sup>-1</sup> **BIO25** y 50 t ha<sup>-1</sup> **BIO50** con 91 % de humedad y la de fertilizante químico fue de 85 kg de nitrógeno y 16 kg de azufre para **N85-S16** y 170 kg de nitrógeno y 32 de azufre para **N170-S32** más un testigo sin fertilización.

La aplicación de fertilizante líquido SolMIX (28% N y 5.2% S) fue por chorreo entre las líneas del cultivo.

El marco de plantación fue de 30 plantas/m<sup>2</sup> y se aplicó por goteo una lámina de 426 mm durante el ciclo del cultivo, siendo la precipitación efectiva de 234 mm. Los aportes de nutrientes del efluente fueron: 136 kg.ha<sup>-1</sup> N, 19 kg.ha<sup>-1</sup> P y 68 kg.ha<sup>-1</sup> K; del **BIO25**: 27 kg.ha<sup>-1</sup> N y 18.5 kg.ha<sup>-1</sup> P. Y del **BIO50**: 54 kg.ha<sup>-1</sup> N y 37 kg.ha<sup>-1</sup> P. Los rendimientos medios del cultivo de ajo con calidad comercial fueron: **N170-S32**, 19.1 t ha<sup>-1</sup>; **BIO50**, 19.0 t ha<sup>-1</sup>; **N85-S16**, 18.7 t ha<sup>-1</sup>; **BIO25**, 18.4 t.ha<sup>-1</sup> y **T**, 17.4 t.ha<sup>-1</sup>; estas diferencias resultaron significativas al nivel de 5% (LSD Fisher).

Los análisis bacteriológicos de los bulbos confirmaron ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, demostrándose que estas tecnologías permitieron aumentar el rendimiento sin afectar la calidad sanitaria.

**Palabras claves:** agua residual, abono, rendimiento, calidad sanitaria, efluentes urbanos.

## SUMMARY

The reuse of treated wastewater and biosolids, are a valuable resource for horticultural production. In order to evaluate the performance and health quality, 26/03/2010 garlic "white" cultivar were planted Union, in a design of randomized complete block design, with five treatments and four repetitions: the biosolids applied to the soil were 25 t.ha<sup>-1</sup> **BIO25** and 50 t ha<sup>-1</sup> **BIO50** with 91 % humidity and chemical fertilizer was 85 kg of nitrogen and 16 kg sulfur for **N85 -S16** and 170 kg of nitrogen and 32 sulfur for **N170 - S32** plus a control without fertilization.

The application of liquid fertilizer Solmix (28 % N and 5.2 % S) was blasted between the lines of the crop.

The planting was 30 plants/ m<sup>-2</sup> and applied dropwise a sheet of 426 mm during the crop cycle, being the effective precipitation of 234 mm. The effluent nutrient inputs were 136 kg ha<sup>-1</sup> N, 19 kg ha<sup>-1</sup> P and 68 kg ha<sup>-1</sup> K; the **BIO25**: 27 kg ha<sup>-1</sup> N and 18.5 kg ha<sup>-1</sup>. And the **BIO50**: 54 kg ha<sup>-1</sup> N and 37 kg ha<sup>-1</sup> P. Means garlic crop yields were merchantable quality: **N170 - S32**, 19.1 t ha<sup>-1</sup>; **BIO50** 19.0 t ha<sup>-1</sup>; **N85 -S16**, 18.7 t ha<sup>-1</sup>; **BIO25**, 18.4 t ha<sup>-1</sup> and T, 17.4 t ha<sup>-1</sup>; these differences were significant at the 5% level (Fisher LSD).

Bacteriological analysis confirmed bulbs absence of *Escherichia coli* and *Salmonella sp.*, showing that these technologies allowed to increase performance without affecting the health quality.

**Keywords:** wastewater, manure, yield, quality healthcare, urban effluents.



## INTRODUCCIÓN

La preocupación y el interés que se ha despertado en el mundo por la utilización de aguas regeneradas, radica principalmente, en que la agricultura es el sector que más demanda y por ello, vistas las difíciles expectativas futuras del suministro de agua, tienen que buscar nuevas fuentes de suministro de aguas alternativas a las ya existentes en la actividad (López Gracia, *et al.*, 1999).

En muchos países del mundo, particularmente en aquellos en vías de desarrollo como Argentina, el uso irracional de recursos no renovables, su sobreexplotación y la destrucción del ecosistema parece ser el denominador común. No obstante, es preciso proyectar y trabajar atendiendo el concepto de “sustentabilidad” para usar racionalmente los recursos a fin de maximizar los beneficios agrícolas del presente, sin comprometer el bienestar de las próximas generaciones. En tal sentido, debe entenderse que la reutilización de los efluentes es una alternativa válida toda vez que se comprenda que constituyen “un recurso” y no “un desperdicio” (Fulhage, 1993); su implementación es considerada segura y aceptable produciendo importantes incrementos de rendimientos en cantidad y calidad (Grosso *et al.*, 2005).

El método físico de desinfección más empleado a nivel comunitario, es la inactivación de los microorganismos mediante radiación ultravioleta (UV). La radiación UV inactiva los microorganismos por la absorción de la luz, que causa una reacción fotoquímica que altera los componentes moleculares esenciales para la función de las células. Cuando los rayos de radiación UV penetran la pared celular del microorganismo, la energía reacciona con los ácidos nucleicos y otros componentes vitales de la célula, produciendo lesión o muerte de las células expuestas.

El ajo es un cultivo que responde fundamentalmente a la fertilización nitrogenada, absorbiendo éste nutriente principalmente en la etapa de mayor expresión vegetativa, extrayendo valores que oscilan entre 120-240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno (Huez López *et al.*, 2010).

Gaviola y Lipinski (2008) con el objetivo de evaluar el comportamiento del rendimiento a determinadas dosis de nitrógeno, mediante una ecuación de regresión determinaron una dosis óptima de 215 kg ha<sup>-1</sup> para maximizar el rendimiento en un cultivar fuego.

Grosso, *et al.*, (2010) evaluaron la fertilización líquida con N y S (SolMIX) por la facilidad de aplicación de los fertilizantes líquidos, por la alta uniformidad en la distribución de los nutrientes, las formulaciones permiten ajustar las dosis de N y S requeridas por el cultivo, ofrecen la posibilidad de inyectar el fertilizante en el equipo de riego, sin necesidad de dilución previa. Se utilizó la mezcla líquida SolMIX, cuya formulación contenía, 28% de nitrógeno y 5,2 % de azufre.

Las formulaciones SolMIX (12-0-0 +26 % S) 12 % N - Amoniacal, 26 % Azufre; densidad: 1,32 kg.L<sup>-1</sup>, 100 % de N inmediatamente disponible, aumenta la disponibilidad de P, Ca, Fe y Zn, y mejora la infiltración del agua en el suelo. Ideal para aplicaciones en ajo, cebolla, poroto, alfalfa (SolMIX, 2012).

## **La producción de ajo**

### **Contexto internacional**

La dinámica de exportaciones a Brasil, en el año 2009, ha sido muy similar a la campaña del año 2008 en lo que respecta a volúmenes, comenzando de manera lenta los meses de noviembre y diciembre y tomando forma a partir de enero y febrero. Pero los precios han sido superiores a la campaña anterior. Por otro lado productores brasileiros denuncian que la mitad del ajo proveniente de China no paga la tasa antidumping de 5,20 USD la caja de 10 kg además el gobierno brasileiro ha impuesto un sistema de licencias no automáticas para la entrada de ajo desde Argentina, lo que ha dificultado los envíos (Pereyra y Potaschner, 2010).

A pesar de que los volúmenes de comienzo de campaña (2009) del mercado mexicano son similares a los de la temporada anterior (que a su vez fueron bajos respecto a campañas anteriores), los precios que está pagando este mercado son altos, lo que genera una buena expectativa por parte de exportadores locales (Pereyra y Potaschner, 2010).

En el mercado de Taiwán se mantienen los valores y volúmenes de envío desde hace varias temporadas, pero se debe recordar que a este mercado se envían ajos de calibres chicos como el (4) cuatro (Pereyra y Potaschner, 2010).

El principal destino en la Unión Europea continúa siendo Francia, seguido de España e Italia. Francia y España redujeron los volúmenes con respecto a la temporada anterior (2008). La disminución en los envíos de la campaña 2008-2009 se explica por una menor

compra por parte de la mayoría de los países de la comunidad excepto Italia. En cuanto a la oferta exportable de ajos blancos para la temporada 2009-2010 disminuyó nuevamente en cuanto a producción debido a menor superficie y rendimientos, es la menor oferta de ajos blancos de las últimas ocho campañas (Pereyra y Potaschner, 2010).

### **Contexto nacional**

Las superficies cultivadas de ajo para la temporada 2009-2010 de las principales provincias Argentinas, se estiman alrededor de las 11.200 ha. La provincia de Mendoza continúa liderando la superficie cultivada del país con 8.727 ha. La provincia de San Juan presenta unas 1.700 ha de ajo cultivadas, mostrando una reducción de 300 ha respecto de la temporada anterior, volviendo a valores de la temporada 2002-03, según datos de informantes calificados. Los ajos blancos predominan con un 70 % de la superficie, seguido de los morados con el 30 %, sin presencia de colorados. Los datos de superficie para la provincia de Buenos Aires que corresponden a la temporada 2009-2010 registran 750 ha, ubicadas en la zona sur de la Provincia. Todo el ajo cultivado fue del tipo colorado. Por tercera temporada consecutiva la superficie de ajo de la provincia ha disminuido. En la provincia de Córdoba la superficie cultivada también ha disminuido en las últimas temporadas hasta alcanzar las 100 ha desde la temporada 2005-2006. Se trata del ajo tipo rosado que se comercializa exclusivamente en el mercado interno (Pereyra y Potaschner, 2010).

Argentina es el segundo país exportador de ajo, luego de China, destinando al mercado externo entre el 70 % y el 80 % de la producción, estimada entre 80.000 y 120.000 t.año<sup>-1</sup>. Las provincias de Mendoza y San Juan concentran el 80 % de la producción y el 95% de las exportaciones (Burba, 2005).

### **Importancia del uso de efluentes urbanos tratados y aguas residuales**

El crecimiento exponencial puesto de manifiesto en todos los núcleos poblacionales del mundo, trae aparejado la generación de efluentes en forma directamente proporcional, que aunado a la incontrolada industrialización y sobre todo urbanización, determinaron la saturación de la capacidad asimiladora de la naturaleza conduciendo, en muchos casos, a perturbaciones irreversibles del equilibrio ecológico. Por esto, es importante tomar conciencia que la contaminación es un problema de todos los habitantes de cualquier comunidad, independientemente de su tamaño, y que es uno de los principales desafíos con que se enfrentará la humanidad en este siglo. Argentina haciéndose eco de lo establecido en

la Cumbre Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sustentable, reunida en Johannesburgo en el 2002, se comprometió a reducir para el 2015 en 2/3 partes el porcentaje de personas sin acceso al agua potable y a un adecuado sistema de saneamiento respecto a indicadores del año 1991 (Jáuregui y Schifini, 2004).

La puesta en marcha de nuevas instalaciones de tratamiento; depende, básicamente, más allá de la capacidad técnica, económica y operativa, de una decisión institucional que involucre políticas explícitas para una planificación integral a nivel nacional, provincial y municipal. Ahora bien, cuando se ejecutan proyectos de esta naturaleza (Asano, 1991), es preciso saber que hay que ajustarse a ciertas normas de regulación y hacer un seguimiento de estas aguas de calidad marginal (Crespi, 2005), ya que no siempre es bien conocido el impacto ambiental que pueden causar su uso continuado en el tiempo, tratando de introducir y llevar a la práctica el concepto de “sustentabilidad del sistema” para asegurar la supervivencia del presente sin comprometer las necesidades del futuro” (Hansen, 1996).

A nivel del sur de Córdoba, la red pública de servicios cloacales sólo la poseen tres municipios del área y la falta de tratamiento de los efluentes domiciliarios se ha diagnosticado como uno de los problemas más serios de la región; similares antecedentes pueden encontrarse en varias partes del país, por lo que evidentemente este es un problema real, acuciante y que requiere urgente solución, ya demostrándose algunos adelantos para pequeñas muestras de población (Crespi *et al.*, 2005a).

El uso de aguas marginales en agricultura, además de aprovecharse para mitigar la aridez, está visto como una alternativa para la disposición final de los efluentes domésticos, lo que permite evitar la contaminación de los cauces receptores con los efluentes. Está reconocido que los efluentes domésticos tratados tienen un importante valor de uso directo cuando son utilizados como insumo en la producción agrícola, lo que incluye su potencial fertilizante (Moscoso Cavallini, 1999).

La creciente demanda del recurso hídrico obliga a priorizar el uso de aguas de primera calidad para el abastecimiento público y aprovechar aguas de menor calidad en usos menos exigentes, como es el riego agrícola. Cabe destacar que, además del potencial que ofrecen los efluentes domésticos como oferta de agua para riego, son una importante fuente de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio) y de materia orgánica para cultivos (Moscoso y Merzthal, 2001).

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. Para el caso del cultivo de ajo con aplicaciones de riego de  $9.000 \text{ m}^3$  de efluente  $\text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$  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  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$  (OMS, 1989).

La calidad bacteriológica del agua residual se establece a partir del número de coliformes fecales y de la presencia de bacterias patógenas como *Salmonella*, *Shingella* y *Cholera*. No hay un consenso sobre el número máximo de coliformes para el agua de riego (Bouwer e Idelovitch 1987).

La Organización Mundial de la Salud (1989), establece que para el riego "sin restricción" (es decir para cualquier tipo de cultivo) el agua no debe tener más de  $100$  coliformes fecales/100 ml., mientras que en California y Arizona, las aguas residuales depuradas para el riego de cultivos que se consumen crudos (por ejemplo: la lechuga) no pueden tener una media geométrica superior a  $20$  coliformes fecales/100 ml, y ninguna muestra puede tener más de  $23-25$  coliformes fecales/100ml (Bouwer e Idelovitch, 1987).

La carga de coliformes totales del agua residual cruda es  $9 \times 10^{10}$  NMP/100mL de agua, a la salida lodo activado es de  $7 \times 10^{10}$  NMP/100mL de agua y a la salida de la laguna de maduración es de  $3.3 \times 10^5$  NMP/100mL de agua residual; siendo esta la carga de coliformes fecales del agua a la salida del riego. El principal agente responsable de esta reducción es la luz ultravioleta (UV) generada naturalmente por el sol, estos datos fueron recolectados en la planta piloto y analizados en la facultad de Microbiología de la UNRC (Crespi *et al.*, 2007).

Así para proteger a los agricultores y sus familias contra la infección de enfermedades bacteriales y virales se recomienda considerar un número de Coliformes fecales  $\leq 10000/100$  ml (Fasciolo *et al.*, 2001).

En cuanto al uso agrícola de aguas residuales tratadas se puede mencionar el aumento de rendimiento debido a los nutrientes que aportan. En México, el rendimiento de tomates regados con agua residual fue de  $35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  contra  $18 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  regado con agua limpia. En Perú,

la papa regada con efluentes de lagunas de estabilización secundaria rindió 45 t.ha<sup>-1</sup> mientras que la que se regó con agua limpia solo rindió 12 t.ha<sup>-1</sup> (Sáenz-Forero, 2006).

Reportan Fasciolo *et al.*, (2002) que en cultivo de ajo, el riego con efluentes se comportó como una fertilización nitrogenada aumentando los rendimientos por hectárea en un 15 % y los calibres de los bulbos en un 9 % y sin afectar la calidad comercial del ajo. Además indican que en los suelos regados con efluentes domésticos tratados se aumentó la velocidad de infiltración, el contenido de materia orgánica y de fósforo; se produjeron modificaciones positivas en la estructura del suelo.

Sandoval y Misset, (2004) evaluaron la producción de las hortalizas (lechuga, rábano, cebolla y cilantro) al ser regadas con distintas calidades de agua, concluyeron que la productividad de las hortalizas fue equivalente entre las aguas de pozo y las provenientes de un tratamiento secundario con o sin desinfección.

Cultivares de ajo “blanco” y “morado” fueron regados con dos calidades de agua, efluentes urbanos tratados y agua de perforación, no hallaron diferencias entre ambos tipos de calidades de agua para producción (kg.ha<sup>-1</sup>), el peso y calibre de los bulbos y no se modificó la proporción de anomalías en la bulbificación, además los bulbos de ajo regados con el efluente resultaron seguros para la salud humana, no se detectó *Escherichia coli* y *Salmonella sp.* (Grosso *et al.*, 2004; Grosso *et al.*, 2005).

### **Importancia de la producción y utilización de biosólidos**

Los biosólidos son principalmente materiales orgánicos producidos durante el tratamiento de aguas residuales, los cuales pueden ser utilizados en diversos usos beneficiosos. Un ejemplo de tales usos es la incorporación de biosólidos al terreno para abastecerlo de nutrientes y para renovar la materia orgánica del terreno. El reciclaje de los biosólidos a través de la aplicación al terreno tiene varios propósitos; mejoran las características del suelo, tales como la textura y la capacidad de absorción de agua, las cuales brindan condiciones más favorables para el crecimiento de las raíces e incrementan la tolerancia de la vegetación a la sequía (EPA, 2000).

La aplicación de biosólidos también provee algunos micronutrientes esenciales, como el níquel, el zinc y el cobre. Además los biosólidos pueden servir como una alternativa o sustituto de los costosos fertilizantes químicos. Los nutrientes contenidos en los biosólidos

ofrecen diversas ventajas en comparación con los fertilizantes inorgánicos debido a que son orgánicos y pueden ser incorporados lentamente por las plantas en crecimiento. Estas formas orgánicas de nutrientes son menos solubles en agua y, por lo tanto, tienen una menor probabilidad de lixiviarse al agua subterránea o ser arrastradas a las aguas superficiales (EPA, 2000).

El actual incremento en el volumen de residuos sólidos urbanos en el nivel nacional e internacional, de acuerdo con datos del Ministerio de Salud y Medio Ambiente (1996), genera un impacto ambiental desfavorable por lo que se hace necesaria la búsqueda de alternativas de gestión para los residuos sólidos que permitan evacuarlos favorablemente y obtener de éstos alguna utilidad.

La digestión anaerobia, definida como la utilización de microorganismos, en ausencia de oxígeno, para estabilizar la materia orgánica por conversión a metano y otros productos inorgánicos, incluido el dióxido de carbono (Kiely, 1999), es una opción para el tratamiento de la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos urbanos, ya que con su implementación se disminuye el riesgo de generar polos infecciosos a causa de su carácter anaerobio. Como resultado de la digestión anaeróbica se produce biogás (esencialmente metano y dióxido de carbono) (Pavlostathis y Giraldo Gómez, 1991), que puede ser utilizado como fuente de energía (Flotats *et al.*, 1997) y un efluente líquido que puede utilizarse como acondicionador de suelos por sus características físicoquímicas.

### **Fertilización nitrogenada**

En ajo, la extracción de nutrientes acompaña el crecimiento de la planta, siendo prácticamente insignificante en los primeros 45 a 60 días después de la brotación, ya que la planta se nutre de las sustancias de reserva provenientes del diente (Arboleya *et al.*, 1997).

La absorción de nitrógeno se divide en dos etapas bien marcadas, la primera abarca desde la brotación hasta los 90 días después de iniciada la misma, donde el consumo de nitrógeno promedio por la planta es de  $1 \text{ mg N.día}^{-1}.\text{planta}^{-1}$ , siendo este valor el 13% del total requerido mientras que en la segunda etapa que abarca desde los 90 días después de la brotación hasta madurez de cosecha, la tasa de absorción promedio es de  $11 \text{ mg N.día}^{-1}.\text{pl}^{-1}$ , siendo este valor el 87% restante (Arboleya *et al.*, 1997).

De acuerdo a estos resultados se recomienda que el periodo óptimo para el suministro fraccionado del nitrógeno estuviera comprendido entre los 30 días después de la brotación y los 140 días después de la misma (Arboleya, *et al.*, 1997).

El ajo es un cultivo que responde fundamentalmente a la fertilización nitrogenada, absorbiendo este nutriente principalmente en la etapa de mayor expresión vegetativa, extrayendo valores que oscilan entre 100-200 kg.ha<sup>-1</sup> (Arboleya, *et al.*, 1997).

La fertilización con urea a las dosis de 100 y 200 kg ha<sup>-1</sup> ya sea que se la aplique en una sola vez o se las fraccione hasta tres veces, no afecta el rendimiento del ajo mientras se incremente la densidad de plantas de 137.000 a 274.000 por ha (Portela y Dalmaso, 1998).

Sotomayor (1975) encontró que se aumenta significativamente el rendimiento total de ajos al incrementar la dosis de nitrógeno (0, 64, 128, 192, y 256 kg de N.ha<sup>-1</sup>). Al mismo tiempo, informa de un mayor porcentaje de las categorías flor y primera (mayor de 53 mm y de 45-52mm, respectivamente) y señala que este elemento no afectó la conservación del producto en la etapa de post-cosecha.

Campillo y Toro (1999) encontraron que las mayores producciones totales y de calibre flor (mayores a 53mm) se obtuvieron con 120 kg de N.ha<sup>-1</sup>, esto comparado con dosis de 0,60 y 240 kg de N.ha<sup>-1</sup>.

La fertirrigación con nitrógeno sobre cultivares de ajo fue evaluada por Gaviola *et al.*,(2003) quienes reportan que los testigos con 0 de N aplicado obtuvieron los menores rendimientos en todos los cultivares. El mayor rendimiento se encontró en Perla INTA con 150 y 225 kg de N.ha<sup>-1</sup>. Para el caso de Lican INTA y Nieve INTA con una dosis de 75 Kg de N se lograron los máximos rendimientos.

Gaviola y Lipinski (2001), en Mendoza, evaluaron 3 densidades de plantación de ajo “blanco” (20, 30 y 40 pl/m<sup>2</sup>) y cuatro dosis de N incorporadas como Sol-UAN (75, 150, 225, y 300 kg.ha<sup>-1</sup>). Los máximos rendimientos de ajo seco y limpio (13 t.ha<sup>-1</sup>) se obtuvieron con densidades de plantación de 40 plantas.m<sup>-2</sup>, dosis de fertilización de aproximadamente 225 kg. N.ha<sup>-1</sup>.

Cantidades excesivas de N provocan el aumento de deformaciones de los bulbos disminuyendo su valor comercial (Gaviola *et al.*, 1991).

Cultivares de ajo “blanco” y “morado” fueron evaluados en Río Cuarto (Grosso *et al.*, 2006) bajo riego de agua de perforación, con efluentes urbanos tratados y con distintas dosis de fertilización nitrogenada (100 kg de N.ha<sup>-1</sup>) y (150 kg. de N.ha<sup>-1</sup>), sin lograr aumentos en los rendimientos.



## **Efectos de los biosólidos en la producción de hortalizas**

La aplicación al suelo de biosólidos sola o en combinación con otros materiales, ha sido reportada en varias publicaciones por contribuir al aumento en el rendimiento de varias hortalizas, las cuales incluyen tomate (*Lycopersicon esculentum*), calabaza (*Cucurbita maxima*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). En Florida, las dosis de aplicación se realizan en el nivel más bajo es de 3 a 6 ton.acre<sup>-1</sup> (6.7 a 13.5 t.ha<sup>-1</sup>) y reflejaron un incremento del rendimiento de los cultivos de tomate, calabaza y frijol (Ozores-Hampton *et al.*, 1994a, 1994b).

Los biosólidos se utilizan en el cultivo de chile pimiento (*Capsicum annuum*) para reducir la dosis de N en un 50% lográndose alcanzar el mismo rendimiento comercial que un cultivo de chile pimiento con la aplicación del fertilizante (Ozores-Hampton *et al.*, 2000). La biomasa de la planta fue mayor con la aplicación de biosólidos que el control al cual no se había aplicado biosólidos. El pH del suelo, la prueba de fósforo extraíble Mehlich 1, potasio, calcio, magnesio, zinc, manganeso, hierro y cobre fueron mayores en las parcelas con aplicación de biosólidos que la parcela control. La concentración de materia orgánica en el suelo fue tres veces mayor donde se les aplicó los biosólidos comparado con el suelo al cual no le fue aplicado.

La combinación de biosólidos y fertilizantes inorgánicos generalmente ha sido más efectiva para producir una respuesta positiva en el cultivo que la aplicación de fertilizante y biosólidos por separado (Ozores-Hampton *et al.*, 2000; 1999).

Existen varios beneficios para los productores a través del uso de biosólidos como la mejora física (capacidad de retención de agua), química (reducción de la aplicación de fertilizante) y propiedades biológicas del suelo las cuales incrementan la población microbiana (Gallardo-Lara y Nogales, 1987).

## **HIPÓTESIS**

Se plantea que el riego con los efluentes urbanos tratados y el abonado con los biosólidos, puede reemplazar en gran medida la fertilización química, favoreciendo la producción del cultivo de ajo sin pérdida de la calidad sanitaria.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES**

- Evaluar el comportamiento del ajo regado por goteo, con efluentes urbanos tratados, la capacidad fertilizante de los componentes orgánicos e inorgánicos de los biosólidos, y la respuesta del cultivo a la fertilización líquida nitrogenada y azufrada.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar bulbos normales y anormales, calibre, peso individual y rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) para cada uno de los tratamientos.
- Analizar y determinar la presencia de microorganismos dañinos para la salud, tales como *Salmonella spp* y *Escherichia coli*.
- Evaluar el cambio de los nitratos en el perfil de suelo al final del ensayo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la temporada 2010 se efectuó el ensayo en la Planta Piloto de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), (33° 07' lat. Sur; 64° 14' long. Oeste; 421 m.s.n.m), Departamento de Río Cuarto, Córdoba, Argentina, con ajo blanco (*Allium sativum* L.). El suelo utilizado para el ensayo es un Haplustol típico.

Este trabajo se desarrolló en la Planta Piloto de Tratamientos y Reutilización de Efluentes Urbanos de la UNRC para tratar un caudal de 25000 Ld<sup>-1</sup> de efluentes urbanos, generados por un complejo habitacional de 208 habitantes. El proceso general de manejo de los efluentes puede explicarse partiendo de la Figura 1, donde se presentan una serie de operaciones que son las desencadenantes del mismo; todo comienza en la interconexión de los 50 departamentos de las llamadas Residencias Estudiantiles Universitarias (REU) ubicadas a 33° 07' LS, 64° 14' LO y a 421 m sobre el nivel del mar.

La recolección del efluente se hizo mediante una red domiciliaria que capta directamente los residuos de los baños y “baipaseando” las cámaras sépticas se conducen hacia su tratamiento. El sistema de tuberías y accesorios fueron de PVC, las tuberías secundarias o colectoras de 110 mm de diámetro se ubicaron a una profundidad de 0.60 m para recoger los efluentes de cada departamento y luego descargarse en la tubería principal de 45 m de longitud y 160 mm de diámetro que conduce todo el caudal con una pendiente de 1.5 % hacia una cámara receptora de cemento de 1.5 m de ancho por 2.5 m de largo por 5 m de profundidad (Figura 2). En principio, el material pasa a través de un disco de acero inoxidable de 0.30 m de diámetro con 40 perforaciones de 15 mm de diámetro -que actúa como un primer prefiltro de material grueso- y luego se vierte por gravedad en un canasto de acero inoxidable de 0.075 m<sup>3</sup> cubierto de perforaciones que actúa como “un colador” y que hace las veces de segundo prefiltro, reteniendo la mayor cantidad del material más grueso que podría haber pasado en el paso anterior, semanalmente se retrae el canasto para su limpieza, se lava y se introduce nuevamente en su lugar (Figura 3).

## Pretratamiento



Figura 1: REU y trabajos previos de interconexión cloacal. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

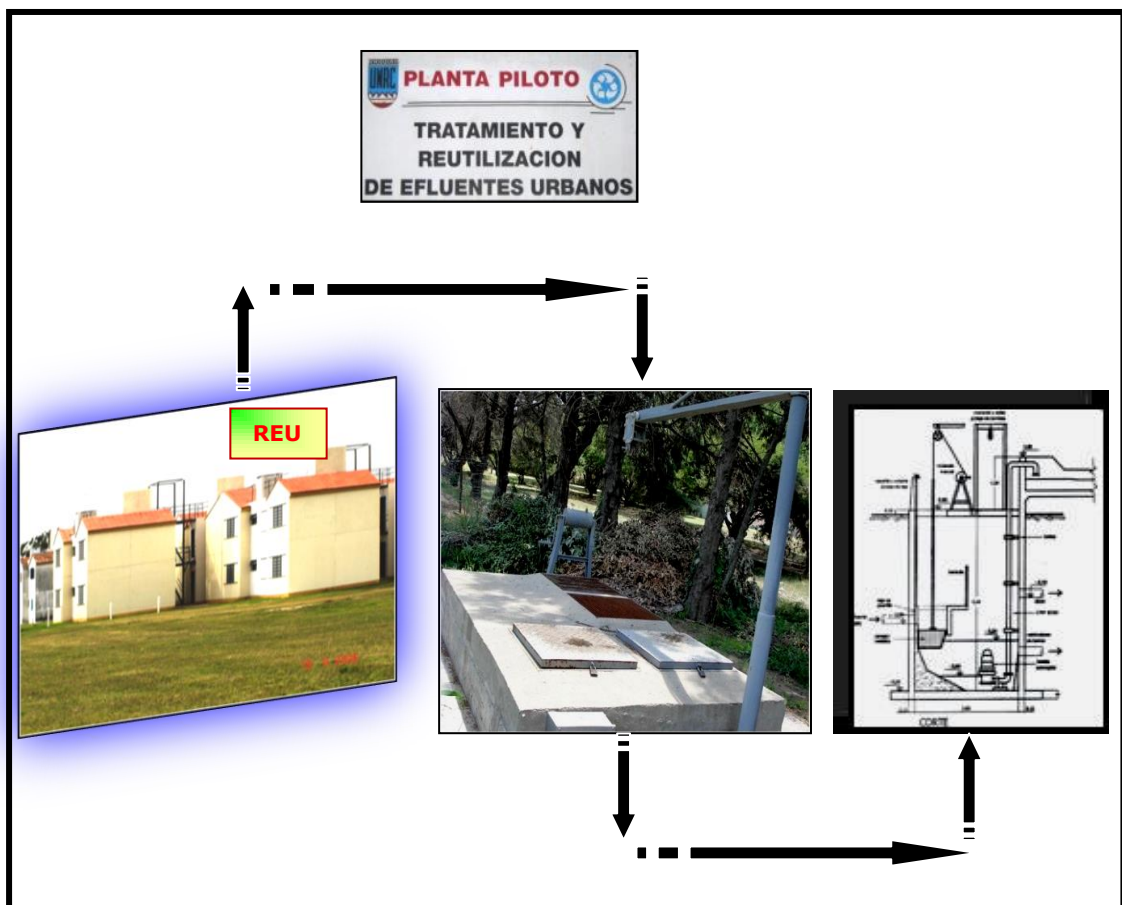


Figura 2: Cámara concentradora de los efluentes urbanos tratados. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.



Figura 3: Canasto de acero inoxidable de  $0.075 \text{ m}^3$ . Planta Piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Cuando se almacena en la cámara concentradora de cemento un volumen de efluentes de 4000 L, éste es impulsado a un tanque sedimentador de lodos de 12000 L de capacidad a través de una bomba centrífuga.

Desde el tanque sedimentador se deriva a cierta cota hacia un reactor biológico circular de 9,1 m de diámetro con una capacidad de 78000 L, donde se baja la demanda biológica de oxígeno (DBO) (Figura 4), y se pasa luego del tiempo de depuración a un tanque de mayor volumen de 15,75 m de diámetro y con una capacidad de 136310 L que actúa a modo de laguna de maduración para eliminar gérmenes patógenos a límites permisibles haciendo uso de la luz ultravioleta generada naturalmente por el sol (Figura 5).

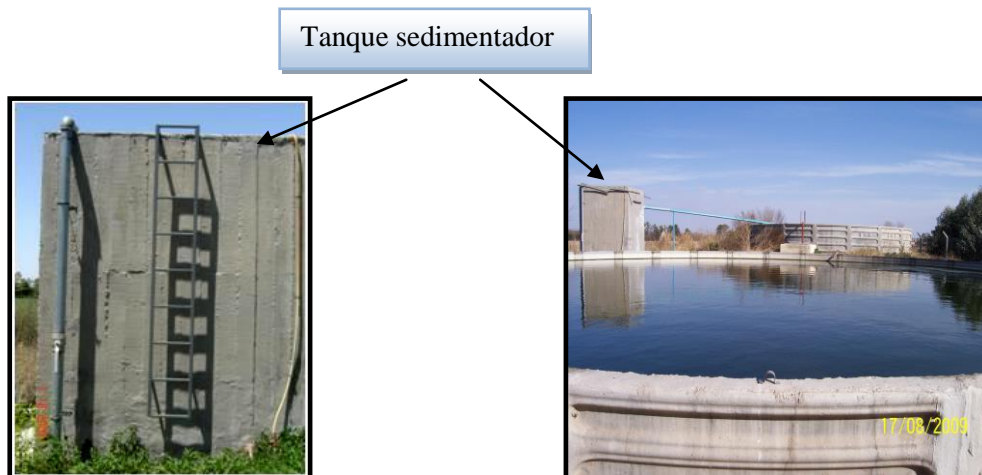


Figura 4: Tanque sedimentador de lodos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.



Figura 5. Tratamiento convencional de los efluentes. Planta Piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Luego de cumplirse el tiempo de residencia hidráulico en la laguna de maduración; con el auxilio de flotadores, se capta el efluente urbano desde la parte superior y haciendo uso de una bomba centrífuga se conduce a través de una tubería de PVC de 40 mm de diámetro hasta la parcela bajo riego por goteo (Crespi *et al.*, 2007).

Hay amplia evidencia para concluir que si las dosificaciones de UV son suficientes, se puede lograr desinfectar el agua al grado que se requiera (EPA, 1999).

Los lodos obtenidos en el tanque sedimentador fueron transportados en bidones de 50L hasta un digestor vertical, en que se realizó el tratamiento de los lodos por destrucción de la materia orgánica mediante el proceso biológico de anaerobiosis de los sólidos procedentes del tratamiento de los efluentes, el digestor consiste en un tanque enterrado de 300 L de capacidad, que es alimentado desde la parte superior por una tubería de PVC que llega hasta el fondo del recipiente (Figura 6).



Figura 6: Biodigestor vertical y descarga de biosólidos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

## REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES URBANOS

El agua residual tratada (ART) y los biosólidos (91 % de humedad) se utilizaron para la producción de dos cultivos hortícolas; la carga de coliformes totales del agua residual cruda fue de  $9 \times 10^8$  NMP/100 mL y la composición física-química del agua residual se muestra en forma resumida en la Tabla 1.

Tabla 1. *Determinaciones analíticas del efluente domiciliario. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.*

pH	CE (dSm <sup>-1</sup> )	Nt (mgL <sup>-1</sup> )	Pt (mgL <sup>-1</sup> )	K (mgL <sup>-1</sup> )	Alcalinidad (mgL <sup>-1</sup> )	DBO (mgL <sup>-1</sup> )
7,8	1,1	108,5	8,1	16,0	350,0	112,5

Tabla 2. *Características agroecológicas de los biosólidos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba*

Parámetros	Unidad	2010		
		30-mar	10-may	09-oct
Cenizas	%	52,9	62,5	61,25
Materia orgánica	%	47,1	37,5	38,75
Nitrógeno total	%	2,2	2,15	1,85
Fósforo	%	1,28	1,05	1,41
Potasio	%	0,65	0,58	0,71
Carbono	%	20,15	22,51	18,91
C/N		9,16	10,47	10,22

Antes de realizar la experiencia, se realizó un muestreo compuesto para determinar la composición química del suelo en cuestión.

El análisis de suelo para una profundidad de muestreo de 0.20 m, para determinar materia orgánica, nitrógeno de nitratos, fósforo disponible, pH y CE; se emplearon los métodos de: Walkley-Black, Reducción por cadmio, Método de Bray y Kurtz I, Método del potenciómetro 1:2.5 y suspensión 1/1 respectivamente.

En este trabajo se tomaron muestras de suelo al inicio de la plantación para poder evaluar al final del cultivo como fue evolucionando el perfil de suelo. El objetivo de este análisis va ser comparar el estado del suelo al final del ciclo del cultivo con el análisis

realizado al inicio del trabajo, para comparar si la fertilización fue mayor, menor o igual a la demanda del cultivo (tabla 7).

### **Sistema de riego por goteo**

De la laguna maduración y con la ayuda de flotadores se capta el agua para riego desde la parte superior, luego de cumplirse el TRH y mediante el uso de una bomba centrífuga de  $11 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  y 30 m de altura manométrica, se conduce a través de una tubería de 35 m de longitud y 40 mm de diámetro, de PVC, K6 hasta la parcela de ensayo.

Como se observa en la figura 7, el sistema de riego está compuesto en una primera parte por la electrobomba centrífuga y el cabezal de riego, que consta de una llave esférica de 1 ½” de PVC, un filtro de malla de 2” con los correspondientes manómetros antes y después del mismo de  $2 \text{ kg cm}^{-2}$ . A los fines de reducir el exceso de presión y garantizar la vida útil de la instalación, se instaló un regulador de presión de 15 p.s.i. de ¾”.



Figura 7. Equipo de bombeo y centro de control de riego. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El otro componente del sistema fue la red de distribución de tuberías, que consta de una línea secundaria de PVC de 50 mm Clase 6 de 15 m de longitud ubicada en cabecera, sobre la que se insertaron las líneas portagoteros mediante el uso de conectores gromet, fueron 16 laterales que llevaron goteros “in line” tipo laberinto dispuestas en el medio de las hileras de plantación, con tres emisores por metro lineal erogando un caudal unitario de  $1,48 \text{ L h}^{-1}$ . La lámina aplicada fue de  $7,3 \text{ mm h}^{-1}$ .



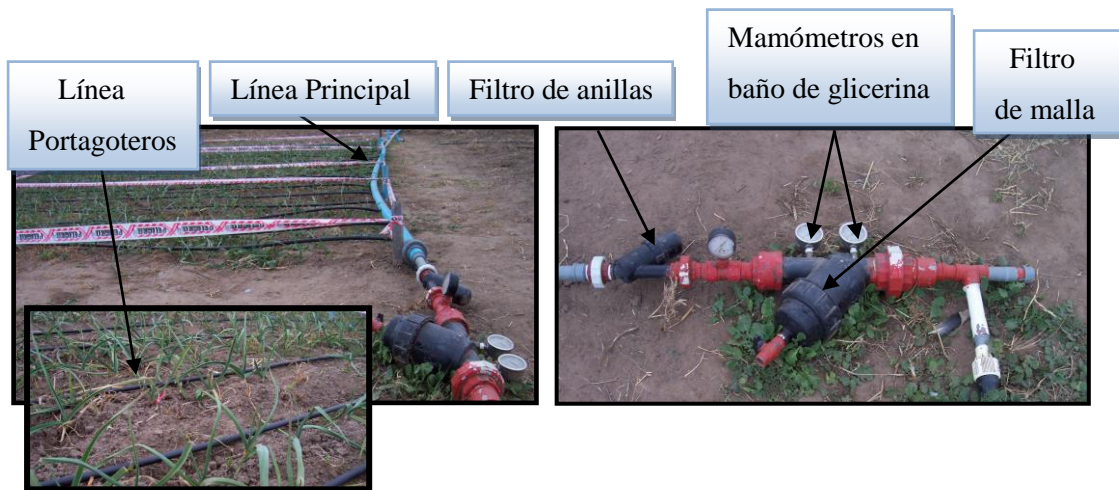


Figura 8: Líneas portagoteros, línea principal y detalle del cabezal de riego. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

### Plantación

El ajo (*Allium sativum*): se plantó el ajo tipo comercial “Blanco” cultivar Unión el 26/03/2010, a una densidad de 30 plantas m<sup>-2</sup>, los bulbillos “semilla” poseían un peso promedio de 4 g y provenían de bulbos calibre 5. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones; el cultivo recibió 426 mm de ART (agua residual tratada) a través de riego por goteo. Los tratamientos se realizaron mediante dosis crecientes de biosólidos y de fertilización química nitrogenada y azufrada:

1) 25 t.ha<sup>-1</sup> (**BIO25**), 2) 50 t ha<sup>-1</sup> (**BIO50**), 3) 85 kg de nitrógeno y 16 kg de azufre para (**N85**) y (**S16**), 4) 170 kg de nitrógeno y 32 de azufre para (**N170**) y (**S32**), 5) testigo sin fertilización.



Figura 9. Plantación de ajo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba



Figura 10. Riego por goteo en cultivo de ajo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

La unidad experimental fue de 4 surcos a 0,30 cm por 3 m de largo lo que nos da una superficie de  $3,6 \text{ m}^2$  (1.2m x 3m lineales). Para establecer el riego se utilizó un sistema de riego por goteo con gotero cilíndrico integrado (Irritec Siplast Júnior), colocando tubería integrada de riego por goteo en el medio de las hileras de plantación, con tres emisores por metro lineal, quedando una hilera de plantas de ajo a cada lado. El caudal de la tubería integrada fue de  $1.48 \text{ L. h}^{-1}$ .

### **Fertilización**

Las fertirrigaciones líquidas con N-S se realizaron mediante el chorreado en las interlíneas del cultivo de ajo en 10 aplicaciones, el 20 % de las dosis de N-S entre el 30/06/2010 y el 26/08/2010 previo a la etapa de bulbificación y el 80% entre el 09/09/2010 y el 15/10/2010, al comienzo de la etapa de bulbificación, siendo en esta, el momento de mayor absorción. Las aplicaciones se realizaron cada 15 días.

La aplicación de biosólidos se realizó en forma manual, incorporándolo a una profundidad de 5 cm entre los surcos (Figura10). Las dosis de biosólidos fueron distribuidas en dos aplicaciones a los 110 días y 180 días de ciclo (Figura 11). Las dosis de nitrógeno líquido fueron distribuidas en 10 aplicaciones durante el ciclo del cultivo con una frecuencia de 15 días, a partir de los 42 días del ciclo.



Figura 11: Descarga, acopio y aplicación de biosólidos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.



Figura 12: Estado general del cultivo a los 110 días del ciclo (izquierda).  
Estado general del cultivo a los 180 días del ciclo (derecha). UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

### **Manejo fitosanitario del cultivo**

Para evitar la incidencia de enfermedades foliares, principalmente el ataque de Roya (*Puccinia allii*) que ocasiona importantes pérdidas en el cultivo, se aplicó en forma preventiva Azoxistrobina “Amistar”  $0,5 \text{ l/ha}^{-1}$  (fungicida de contacto y mesosistémico). El control de malezas se efectuó manualmente mediante el uso de azadas en dos oportunidades, el 19 de septiembre y el 25 de octubre respectivamente.



Figura 13. Labores culturales durante el ciclo del cultivo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba

La calidad sanitaria de los bulbos se realizó mediante análisis bacteriológicos realizados en laboratorios de la U.N.R.C.

## Cosecha

En la cosecha se evaluaron 50 plantas de cada tratamiento, extraídas de los cuatro surcos centrales de cada unidad experimental, las cuales se secaron naturalmente durante 60 días y luego se procedió a su limpieza y pesado para expresar los resultados en rendimiento total (RT) de bulbos secos y limpios, se determinó calibre, y porcentaje de bulbos normales y anormales.



Figura 14. Desenterrado de ajos. Planta Piloto.  
UNRC. Córdoba.



Figura 15. Recolección de ajos. Planta Piloto  
UNRC. Córdoba.

En el momento de la cosecha, se retiraron 5 bulbos de cada tratamiento (de los cuatro surcos centrales) para su posterior evaluación microbiológica sobre la superficie de las catáfilas para determinar la presencia o ausencia de *Escherichia coli* o *Salmonella* sp.

El control de malezas se realizó mediante la aplicación de un herbicida preemergente, en este caso se utilizó herbadox a razón de 4 litros por hectárea y mediante control manual durante el ciclo de crecimiento hasta cosecha.

Los datos se analizaron estadísticamente con el programa Infostat para Windows, aplicando análisis de varianza del modelo factorial, ANOVA y análisis de regresión y comparación de medias con el test LSD Fisher ( $P < 0.05$ ). Se analizó la relación entre los rendimientos, el riego por goteo con los efluentes, las dosis de nitrógeno y azufre y las dosis de Biosólidos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características del agua residual

En relación a la presencia de microorganismos patógenos se determinó la carga microbiana del agua residual, lo cual se realizó en el Laboratorio de Microbiología de la UNRC para cuantificar los valores con que se contaba en el agua residual cruda (ARC) y como evolucionaban los mismos a través de las etapas de tratamiento. La calidad físico-química del agua residual se muestra en la Tabla 3 (Crespi, 2012).

Tabla 3. *Calidad del agua residual. Planta piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.*

Determinaciones químicas	Unidades	Valor
Sólidos sedimentables (10 min)	mlL <sup>-1</sup>	0,50
Sólidos sedimentables (120 min)	mlL <sup>-1</sup>	0,80
Sólidos totales	mlL <sup>-1</sup>	842,00
Sólidos totales fijos	mlL <sup>-1</sup>	298,00
Sólidos totales volátiles	mlL <sup>-1</sup>	544,00
Sólidos disueltos totales	mlL <sup>-1</sup>	590,00
Sólidos disueltos fijos	mlL <sup>-1</sup>	380,00
Sólidos disueltos volátiles	mlL <sup>-1</sup>	210,00
Sólidos suspendidos totales	mlL <sup>-1</sup>	252,00
PH		7,82
Conductividad eléctrica	dSm <sup>-1</sup>	1,13
Turbiedad	FAU	263,50
Alcalinidad total	mgL <sup>-1</sup>	350,00
Nitrógeno total	mgL <sup>-1</sup>	108,50
Fósforo total	mgL <sup>-1</sup>	8,10
Potasio	mgL <sup>-1</sup>	16,00
Sodio	mgL <sup>-1</sup>	158,00
Magnesio	mgL <sup>-1</sup>	11,60
Calcio	mgL <sup>-1</sup>	50,00
Sulfatos	mgL <sup>-1</sup>	14,50
Demanda Biológica de Oxígeno	mgL <sup>-1</sup>	112,57

En la Figura 16, se puede observar los muestreos correspondientes de coliformes totales en tres lugares diferentes; a la entrada del reactor biológico (ARC), a la salida del reactor biológico (SRB) y por último a la salida de la laguna de maduración (SLM). Por efecto del tratamiento combinado de lodos activados con laguna de maduración se logró la eliminación de patógenos hasta límites permisibles para riego por goteo.

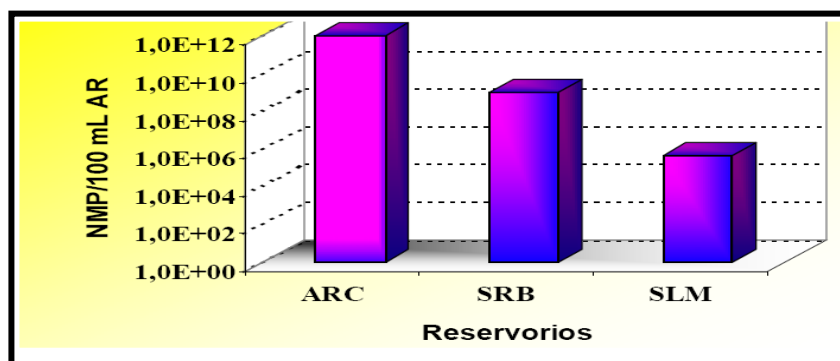


Figura 16. Reducción de coliformes totales durante el tratamiento del agua residual. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Los resultados del agua residual analizada, muestran que los porcentajes de remoción de nutrientes se encuentran dentro de los límites normales para lo que significa un tratamiento secundario. Para el caso de los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio después del tratamiento del agua residual y cumpliendo el tiempo de residencia correspondiente en la laguna de maduración, se produjo una remoción del 70%, 44% y 0% respectivamente, mientras que la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) indicó un porcentaje de remoción del 60%.

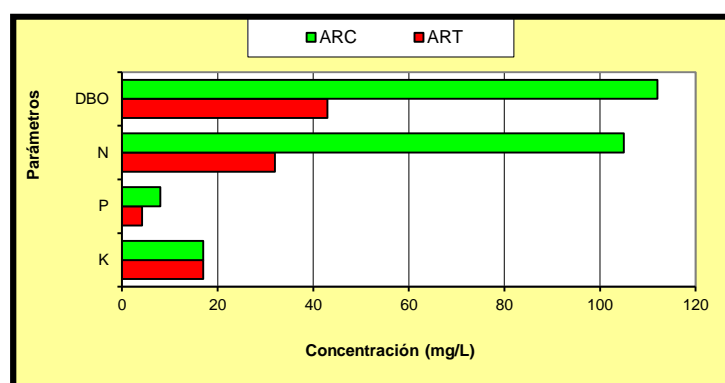


Figura 17. Remoción de nutrientes luego del tratamiento del agua residual. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

## Balance hídrico

La deficiencia y/o el mal manejo del agua en un cultivo puede ocasionar mermas importantes de rendimiento y calidad de producto, a la vez puede favorecer el ataque de ciertos patógenos, plagas y enfermedades aprovechando este estado de deficiencia hídrica en la planta.

Teniendo en cuenta que en esta latitud, las precipitaciones en los meses donde se desarrolla el cultivo son insuficientes para satisfacer la demanda hídrica, es imprescindible contar con el aporte del riego para cubrir estos requerimientos.

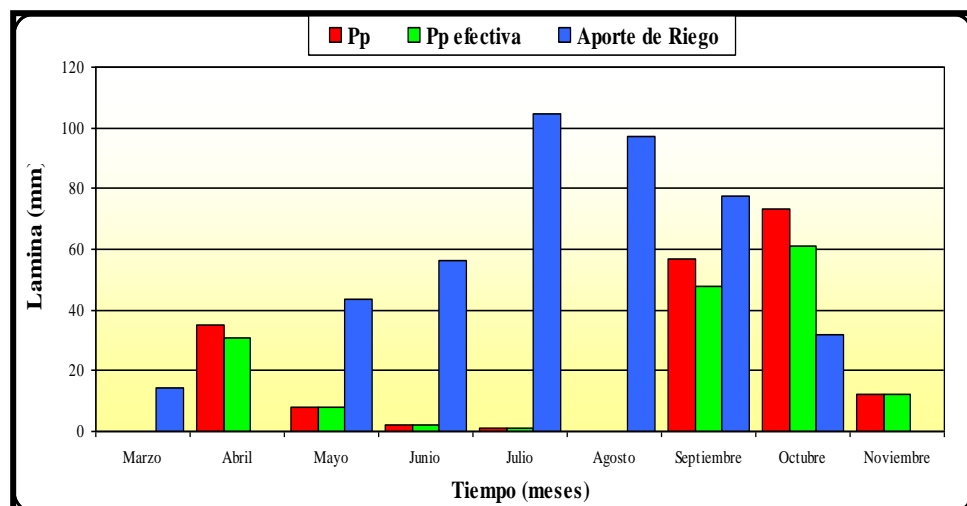


Figura 18. Aportes de Pp, Pp efectiva y aporte de riego durante el ciclo del cultivo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El cultivo recibió durante el ciclo 660 mm, siendo el aporte más importante el del riego (65 %) para una lámina neta de 426 mm; mientras que la precipitación efectiva fue de 234 mm, que representó el 35%.

La lámina total de agua suministrada fue igual a la mínima necesaria para lograr óptimos rendimientos en ajo, coincidente con Burba, (1993); que indican valores entre 600 y 1000 mm mientras que si se pretende obtener altos rendimientos de ajo (Lipinski y Gaviola, 2008) y Lipinski *et al.*, (2009) recomiendan valores entre 800 y 850 mm.

Los rendimientos logrados por el cultivo de ajo tanto en calidad como en cantidad por hectárea, fueron muy buenos para esta región del país, no solo por la alta densidad de plantas por hectárea, sino también por la implementación de nuevas tecnologías siendo relevante el

aporte de nutrientes en la solución con aguas residuales tratadas, aplicadas mediante riego por goteo.

La técnica de riego por goteo con alta frecuencia, permitió dosificar mejor la lámina de riego en el ciclo del cultivo, con una mejor utilización del agua, evitando prácticamente pérdidas de agua por evaporación, escurrimiento superficial y percolación profunda.

## **PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE AJO**

### **Bulbos normales y con anomalías**

Al analizar el porcentaje de bulbos con calidad comercial (bulbos normales con calibre igual o mayor a 4 mm) y anormales (bulbos deformados, martillos y chicos) se encontraron diferencias estadísticas entre algunos tratamientos. Entre los tratamientos de Biosólidos (Bio 25 y Bio 50) se presentaron diferencias significativas en la producción de bulbos normales y anormales, siendo la tendencia a producir un mayor porcentaje de bulbos normales en el tratamiento de Bio 50. Los tratamientos de fertilización líquida con N-S, N 85-S16, N 170-S32 y un testigo no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre sí, ni tampoco con el tratamiento de Bio 25 (Tabla 6).

Respecto a la condición de anomalía de los bulbos, se observó una tendencia positiva, con una reducción de los porcentajes a mayores dosis de nitrógeno y biosólidos. En la Tabla 6, se indican los distintos tratamientos con sus valores en porcentaje de bulbos normales y bulbos anormales.

Tabla 4. *Porcentaje de bulbos comerciales: normales y con anomalías, según los distintos tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.*

Tratamientos	Normales (%)	Anormales (%)
Bio 25	85,23 b	14,78 b
Bio 50	95,23 a	4,78 a
N 85-S16	89,40 ab	10,06 ab
N 170-S32	92,95 ab	7,05 ab
Testigo	88,48 ab	11,55 ab

\*En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según en test de Fisher.



### **Calibre y peso individual de bulbos normales**

Al momento de analizar estadísticamente los subcomponentes (calibre y peso) del rendimiento (Tabla 7), el calibre de bulbos normales en el tratamiento Bio 25 se diferenció estadísticamente del resto, obteniendo un calibre promedio de 6,04 mm, mientras que al analizar los resultados obtenidos en peso individual de bulbos normales, si bien no existieron diferencias estadísticas significativas, se manifestó una clara tendencia a lograr mayor peso individual de bulbos a medida que se aumentaron las dosis de nitrógeno y biosólidos.

Tabla 5. *Calibre y peso de bulbos normales. Planta Piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba*

Tratamientos	Calibre de bulbos normales en mm	Peso individual de bulbos normales en gr.
Bio 25	6,04 b	63,22 a
Bio 50	5,72 a	63,90 a
N 85-S16	5,74 a	63,12 a
N 170-S32	5,81 a	65,13 a
Testigo	5,82 a	59,63 a

\*En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según el test de Fisher.

### **Rendimiento**

En este trabajo, valiéndose de la tecnología aplicada, al utilizar una correcta dosis de riego durante todo el ciclo con agua residual urbana tratada, se cubrieron por un lado, los requerimientos hídricos del cultivo de ajo y, por otro, una gran parte de los requerimientos nutricionales del mismo al incorporar en solución en cada riego de alta frecuencia una dosis de nitrógeno de 136 kg ha<sup>-1</sup>, 17 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo y 6,8 kg ha<sup>-1</sup> de potasio; se ha logrado incorporar una dosis de fertilizantes bien equilibrada y distribuida en el tiempo logrando cantidad y calidad de producto que garantizan firmeza, color y conservación.

Mediante el riego por goteo de alta frecuencia se permitió realizar un aporte nutricional constante, siendo una ventaja al suplir las demandas del cultivo en el corto plazo. De esta manera y atendiendo el nivel hídrico óptimo que tuvo el cultivo durante todo el

período de crecimiento, permitió hacer un mejor ajuste del nitrógeno aportado, logrando una mayor movilidad de este elemento desde el suelo hacia la planta (flujo masal).

Adicionalmente a este aporte, debe contabilizarse otro de origen orgánico como es la aplicación de biosólidos, como un importante proveedor de nutriente a los suelos, registrando, en este caso, una entrega de nutrientes de 54 kg ha<sup>-1</sup> N y 37 kg ha<sup>-1</sup> P para Bio 50, y 27 kg ha<sup>-1</sup> N y 18,5 kg ha<sup>-1</sup> P para Bio 25.

Los mayores rendimientos (t.ha<sup>-1</sup>) se lograron con los tratamientos que tuvieron mayor disponibilidad de nutrientes, especialmente de nitrógeno, como es Bio 50 y N 170, mostrando diferencias estadísticas con respecto al testigo. Los tratamientos Bio 25 y N 85 tuvieron un rendimiento intermedio entre el testigo, Bio 50 y N 170, no presentando diferencias estadísticas.

En la Figura 18, se presentan los resultados experimentales del efecto de los tratamientos de fertilizante químico (N 85 y N 170), biosólidos (Bio 25 y Bio 50) y testigo sobre el rendimiento.

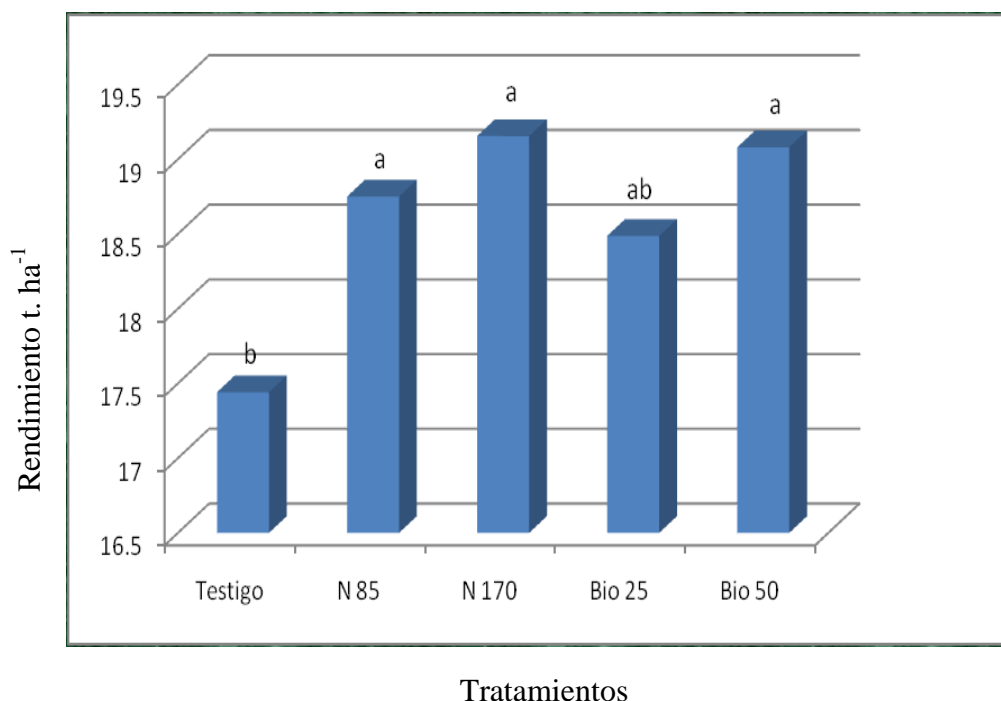


Figura 19. Rendimiento del cultivo del ajo (t.ha<sup>-1</sup>) según los diferentes tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En la tabla 6 se muestra las diferencias en los rendimientos a favor de los tratamientos con biosólidos y fertilización química en detrimento del tratamiento sin fertilización, el N170-S32 fue el de mayor rendimiento y eficiencia en el uso del agua mostrando diferencias significativas con el testigo sin fertilizante.

Tabla 6. Rendimiento ( $t.ha^{-1}$ ), dosis de agua ( $mm.ha^{-1}$ ) y EUA ( $kg.m^{-3}$ ) para cada uno de los tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Tratamientos	Rendimiento $kg.ha^{-1}$	Lámina de agua aplicada $mm. ha^{-1}$	EUA $kg. m^{-3}$
Bio25	18.487	660	2.80 ab
Bio 50	19,086	660	2,89 a
N85-S16	18.750	660	2.84 ab
N170-S32	19.155	660	2.91 a
Testigo sin fertilizante	17.441	660	2.65 b

\*En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según en test de Fisher (Infostat, 2004).

Los resultados son superiores a los encontrados por Grosso *et al.*, (2010) que obtuvo rendimientos de  $16 t.ha^{-1}$ ,  $15.7 t.ha^{-1}$ ,  $15.8 t.ha^{-1}$ ,  $14.5 t.ha^{-1}$ ,  $16.7 t.ha^{-1}$  para los tratamientos: Testigo, N 150, N 300, Bio 5,5 t y Bio 11 t respectivamente, con una lámina de agua total de 592 mm; en este trabajo, si bien el aporte de nitrógeno químico fue superior al trabajo que se presenta, el aporte de agua fue levemente inferior (680 mm).

Lipinski *et al.*, (2008) durante dos años consecutivos (2006 y 2007), entre otras cosas evaluó la eficiencia de uso del agua en el cultivo de ajo, para una densidad de  $29,27 pl m^{-2}$ , obtuvieron valores de 1,98 y  $1,51 kg m^{-3}$ , con una lámina de riego total de 893 mm y 880 mm respectivamente.

Estos valores más altos de eficiencia de uso del agua encontrados en los tratamientos N 150 y Bio 50, que si bien la lámina de agua aportada fue la misma para todos los tratamientos, estos tuvieron un mayor rendimiento en  $kg ha^{-1}$  por el aporte de nutrientes, lo que permitió lograr una mayor eficiencia el uso del agua.

Al momento de explicar los rendimientos obtenidos, es importante destacar que los resultados son muy buenos para la región, superando claramente la media nacional, esto se debe, a la incorporación de nuevas tecnologías (riego con efluentes y aplicación de biosólidos) y un manejo agronómico preciso y adecuado.

En los rendimientos observados, las diferencias no son muy amplias, esto puede deberse al que el agua residual tratada lleva una importante carga de nutrientes, con este sistema de riego se realiza una entrega dosificada en el tiempo, cubriendo las necesidades del cultivo y obteniendo el buen rendimiento logrado.

### **Parámetros edáficos del suelo ensayado**

Diferentes autores investigaron sobre la fertilización en cultivo de ajo con el objetivo de ajustar la dosis óptima más adecuada, Gaviola y Lipinski (2008) determinaron la dosis óptima para maximizar el rendimiento, mediante una ecuación de regresión se estimó una dosis entre 180 y 200 kg N ha<sup>-1</sup>, resultados similares fueron encontrados por Huez López *et al*, (2010) quienes evaluaron la respuesta de ajo a varios niveles de fertilización nitrogenada y determinaron una dosis óptima de 180 kg N.ha<sup>-1</sup>, la aplicación de dosis mayores implicaría un costo adicional en la producción de ajo. La tabla 7 muestra los resultados de pH, CE, N-NO<sub>3</sub> y NO<sub>3</sub> al final del ciclo del cultivo en comparación con los valores obtenidos antes de la plantación del ajo.

Tabla 7. *Muestra de suelo comparativa (0-20) cm de profundidad al inicio y al final del ciclo del cultivo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba (2010).*

Tratamientos	Parámetros			
	pH	CE	N-NO <sup>-3</sup>	NO <sup>-3</sup>
Valores a la plantación	6,37	0,40	36,09	159,9
BIO 25	7,16	0,70	4,10	18,16
BIO 50	7,26	0,06	6,71	29,73
N85-S16	7,56	0,056	5,65	25,03
N170-S32	7,23	0,70	6,34	28,09
Testigo	7,64	0,057	6,50	28,8

Al realizar el análisis de suelo al final del cultivo se pudo apreciar una gran diferencia en la concentración de nitratos y un aumento en la conductividad eléctrica, esta diferencia se debió a la gran precipitación efectiva del mes de octubre que lavó el perfil de suelo y como la muestra de suelo se realizó hasta los primeros 20 cm no pudo detectarse a qué profundidad se encontraban dando un resultado muy inferior al análisis inicial.

## CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en este ensayo de investigación, en cuanto a la producción comercial del cultivo de ajo, se consideran muy buenos para la región central del país bajo riego de alta frecuencia con efluentes urbanos tratados.
2. Los nutrientes aportados por las aguas residuales urbanas y los biosólidos, fueron suficientes para lograr rendimientos similares a los obtenidos con el agregado de fertilizantes químicos lo que implica una reducción significativa en los costos de producción.
3. La calidad comercial de los bulbos, no fue afectada por el riego con los efluentes y la aplicación de biosólidos, obteniendo buen calibre y adecuada calidad exportable.
4. La investigación realizada sugiere que el riego con efluentes y el uso de biosólidos es seguro para ser aplicado como enmienda orgánica para este cultivo ya que los bulbos de ajos de todos los tratamientos resultaron libres de bacterias, garantizándose de esta manera la calidad sanitaria y su aptitud para el consumo humano dado que no se registraron sobre la superficie de las catáfilas externas la presencia de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*

## **APRECIACIONES FINALES**

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo podemos decir que mediante el uso de efluentes urbanos tratados y el aporte de biosólidos es posible obtener una excelente producción de ajo en el cinturón verde de toda ciudad con red cloacal y así poder disminuir la contaminación ambiental y obtener agua para riego acompañada por los aportes de nutrientes. Además la aplicación de los biosólidos al suelo, sumado a la tecnología de riego con alta frecuencia nos permite ahorrar agua potable y fertilizantes químicos, dándonos una doble ventaja como la de ahorrar dinero en fertilizantes y tener mayor disponibilidad de agua para consumo humano, a esto hay que agregarle que con el tratamiento adecuado la producción resultó inocua para la salud humana y apta para consumo en fresco.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADESUR 1999. *“Asociación interinstitucional para el sur de Córdoba. Plan Director”*.  
Secretaría Técnica de Adesur. Universidad Nacional de Río Cuarto. Pág. 99.  
Córdoba. Argentina.
- ARBOLEYA, J., C. GARCIA y C. SUÁREZ. 1997. **Consideraciones generales sobre la nutrición, el riego y la densidad de plantación en ajo**. 50 Temas sobre Producción de ajo. p. 112-119. Vol. 3 Mendoza
- ASANO, T. 1991 *“Planning and implementation of water reuse projects”*. Wat. Sci. Tech. 24(9), pp. 1-10.
- BOUWER, H. y E. IDELOVITCH. 1987. **Quality requirements for irrigation with sewage water**. J. Irrig. & Drainage Eng. 113: 516-535.
- BURBA, J. L. 1993. **Producción de “semilla” de ajo**. Manual de Producción de Semillas Hortícolas. Ed. J. Crnko. Fascículo 5. INTA. E.E.A. La Consulta, Mendoza, Argentina. Pp 163.
- BURBA, J. L. 2005. **INFORAJO 2**. Ediciones INTA. – EEA. La Consulta Mendoza.
- CAMPILLO, R; C. TORO. 1999. Capítulo 3. Manejo de la fertilización. En: [www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR29008.pdf](http://www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR29008.pdf). Consultado: 08/08/2012.
- CRESPI, R. 2005. **El Biodiesel. Combustible del futuro**. Reunión técnica. Eª. La Amalia. Grupo productores CREA. Washington-Mackenna. Córdoba. Argentina
- CRESPI, R. 2005 a. *“Reutilización de Aguas Residuales en la Producción Agrícola”*. Rev. HYDRIA. Programa de Participación Social en la Gestión del Agua. Año I. Nº 3. Pág. 10. Argentina
- CRESPI, R; C. RODRÍGUEZ, O. PLEVICH; L. GROSSO; M. BOSSOLASCO; C. FRIGERIO; S. BETTERA; A. THUAR; J. BOEHLER; J. PUIATTI; O. BAROTTO; M. DEMAESTRI; A. RICOTTO; D. RAMOS y D. PICCA. 2005. **Tratamiento y reutilización de aguas residuales domiciliarias**. XX Congreso



Nacional del Agua. III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. Mendoza. P. 76.

CRESPI, R; O. PLEVICH; A. THUAR; L. GROSSO; C. RODRÍGUEZ, D. RAMOS O. BAROTTO; M. SARTORI; M. COVINICH y J. BOEHLER. 2007. **Manejo de aguas residuales urbanas**. Publicado en cd. Índice 001-19. Calidad de agua. Pág. 27. Conagua 2007. Tucumán.

CRESPI, RAÚL, J.; LILIANA E. GROSSO; J. OMAR PLEVICH; M. CLAUDIA RODRÍGUEZ; VIVIANA DEL ROSARIO REYNOSO; EDUARDO GROPELLI; ALICIA M. THUAR; MARINO A. PUGLIESE; CECILIA SAROFF y ALEJANDRO SARTORI. 2009. **“Desarrollo a escala piloto de tecnologías para el tratamiento y la reutilización de efluentes urbanos”**. En X Congreso Argentino de Ingeniería Rural y II del Mercosur CIGR Section V International Symposium. 8pp.

CRESPI, R; M. PUGLIESE, L. GROSSO, D. RAMOS, F. SALUSSO, E. SOLER, A. SOLTERMAN, A. SÁNCHEZ, y A. TESTA 2011. **Generación de biogás y disposición final de biosólidos**. 18 pp.

CRESPI, R. 2012. **Riego Subterráneo con Aguas Residuales Tratadas. Cultivos oleaginosos**. 1º Ed. EAE. Alemania. 198 pág.

CUEVAS, J., O.S. SEGUEL; E. ACHIM y J.F. DORNER. 2006. Efectos de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo con especial referencias a la adición de lodos urbanos. *En:* [www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v6n2/art01.pdf](http://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v6n2/art01.pdf)

EPA. (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). 1999. Alternative Disinfectants and Oxidants. (EPA 815-R990 14 April 1999).  
[www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd59/danilorios.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd59/danilorios.pdf). Consultado: 15/08/2013.

EPA. (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) 2000. Folleto informativo de tecnología de biosólidos. Aplicación de Biosólidos al terreno. EPA 832-F-00-064. USA. *En:* [http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2003\\_07\\_30\\_mtb\\_cs-00-064.pdf](http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2003_07_30_mtb_cs-00-064.pdf). Consultado: 22/11/2012.

- FASCIOLO, G. E. GABRIEL; M. MECA y D. LIPINSKI. 2001. Riego con efluentes tratados: Aceptabilidad sanitaria para un cultivo de ajo. **XXVIII Congreso interamericano de ingeniería sanitaria y ambiental**. Brasil.
- FASCIOLO, G. E.; E. GABRIEL; F. TOSI y M. I. MECA. 2002. Rendimiento de cultivo de ajo y cebolla regados con efluentes domésticos tratados. **XIX Congreso Nacional del Agua**. Agosto. Córdoba.
- FLOTATS, X; CAMPOS, E; BONMATI, A. 1997. **Aprovechamiento Energético de Residuos Ganaderos**. Curs d Enginyeria Ambiental. Aprofitament enegètic de residus orgànics (3º. 1997; Lleida). Memorias, 1-21.
- FOLLETOS INFORMATIVOS DE BIOSÓLIDOS DE LA EPA. Aplicación de biosólidos al terreno. Parte 1. [www.estrucplan.com.ar/producciones/entregaASP](http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entregaASP). Consultado 20-03-2009.
- FULHAGE, C. D. 1993. **Lagoon pumping and Irrigation Equipment**. Department of Agricultural Engineering. University of Missouri. Columbia.
- GALLARDO LARA, F. y R. NOGALES. 1987. Effect of the application of town refuse compost on the soil plant system: A review. *Biol. Wastes* 10:35-62.
- GAVIOLA, S; M. F. FILIPPINI, V. M. LIPINSKI. 1991. Ritmo de Crecimiento y Absorción de Nutrientes en Ajo (*Allium sativum* L.). Efecto de la fertilización sobre componentes del rendimiento en los tipos blancos y colorados. P. 105-112. I y II. **Curso Taller Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo**. 24 al 29 Junio 1991. INTA, Centro regional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- GAVIOLA, S. y V. M. LIPINSKI. 2001. Nitratos en ajo bajo sistema de fertirrigación. Evolución durante el ciclo. **VII Curso / taller de Ajo**. Mendoza. P. 113-114.
- GAVIOLA, S; LIPINSKI, V. M.; MARTÍNEZ, C.C; ALARIA, A y M. MAZA. 2003. La fertirrigación con nitrógeno y su influencia sobre el rendimiento y la calidad de distintos cultivares de ajo blanco. **VIII Curso / taller de ajo**. Mendoza. P 93-94.
- GAVIOLA, S. y V. M. LIPINSKI. 2008. Effect of nitrogen fertilization on yield and color of red garlic (*Allium sativum* L.) cultivars. *Cien. Inv. Agr.* 35 (1): 67-75

- GROSSO, L.; A. RICOTTO; D. RAMOS; A. THUAR; M<sup>o</sup>. S. GIACHERO; R. CRESPI. 2004. Efectos del riego con efluentes urbanos tratados e inoculados con *Azospirillum brasilense* en ajo (*Allium sativum* L.). Horticultura Argentina. **Revista de la Asociación Argentina de Horticultura**. Vol. 23 - Pág. 54. 197 Resúmenes. XXVII. Congreso Argentino de Horticultura.
- GROSSO, L.; D. RAMOS; V. BRIZUELA; M. RODRÍGUEZ; L. PENA; R. CRESPI. 2005. Cultivares de ajo (*Allium sativum* L.) regados con efluentes urbanos tratados. Horticultura Argentina. **Revista de la asociación Argentina de Horticultura**. Vol. 24. Pág. 54. 114 Resúmenes. XXVIII. Congreso Argentino de Horticultura.
- GROSSO, L.; A. RICAGNI; D. RAMOS; R. CRESPI. 2006. Cultivares de ajo (*Allium sativum* L.), riego con efluentes urbanos tratados y fertilizados con nitrógeno. **Revista de la asociación Argentina de Horticultura**. Vol. 25. Pág. 45. 84 Resúmenes. XXIV. Congreso Argentino de Horticultura. Catamarca.
- GROSSO, L.; R. CRESPI; D. RAMOS; F. SALUSSO y A. CHANADAY. 2010. **Uso de efluentes urbanos tratados y biosólidos en la producción de ajo**. Pág. 454. Congreso Argentino de Horticultura.
- HANSEN, J.W. 1996. *“Is Agricultural sustainability a useful concept”*. Agricultural System 50, pp. 117-143.
- HUEZ LÓPEZ M.A.; F.A. PRECIADO; J. LÓPEZ E.; A. ÁLVAREZ; J. JIMÉNEZ; P. VALENZUELA; C. J. RODRÍGUEZ. 2010. Productividad del ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo, México. *BIOtecnica*, Vol. XII, no. 3, septiembre-diciembre 2010.
- JÁUREGUI, L.U. y J.P. SCHIFINI. 2004. **“Gestión y financiamiento en agua potable y saneamiento ante los desafíos del milenio”**. ISA N° 77. AIDIS ARGENTINA. Pág. 16-19.
- KIELY, GERARD. 1999. **Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión**. Madrid: Mc Graw-hill, 870-872.
- LIPINSKI, V. M., y S. GAVIOLA. 1999. Fuentes y dosis de nitrógeno en fertirrigación de ajo cv. Fuego INTA. Horticultura Argentina 18:28-32.

- LIPINSKI, V. M., y S. GAVIOLA. 2008. Evaluación de cultivares de ajo (*Allium sativum* L) blanco bajo déficit controlado de riego. En: <http://www.ina.gov.ar/pdf/CRA-IVFERTI/CRA-RYD-14-Lipinski.pdf>. Consultado: 06/2012.
- LIPINSKI, V. M., S. GAVIOLA y J. A. PORTELA. 2009. Efecto del déficit de riego controlado en diferentes estadios del cultivo sobre el rendimiento de ajo colorado y castaño. En: <http://www.ina.gov.ar/pdf/CRA-VFERTI/CRA-RYD-16-Lipinski-2.pdf>. Consultado: 06/2012.
- LOPEZ GRACIA, S; A. MOYA MONDÉJAR; M.A. RODRIGUEZ GRANADOS y M. SOMOSIERRA LÓPEZ. 1999. **Reutilización de aguas regeneradas en el riego.** Escuela Técnico Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes
- MINISTERIO DE SALUD Y MEDIO AMBIENTE. 1996. Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Colombia: Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Series Análisis Sectoriales 8.
- MOSCOSO CAVALLINI, J. (1999). Uso agropecuario de las aguas tratadas en las lagunas de Estabilización de San Juan, Lima, Perú. (OPS/CEPIS/99). En: **Seminario Reúso de efluentes Tratados líquidos cloacales.** Bs. As, Argentina. 18/9/99.
- MOSCOSO J. y MERZTHAL. 2001. Módulo: Manejo sanitario de las aguas residuales domésticas en la Agricultura Urbana. Documento de la Sesión Ventajas y Desventajas del uso de Aguas Residuales Tratadas en la Agricultura Urbana.
- 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)
- OZORES-HAMPTON, M., H. H. BRYAN y R. MCMILLAN. 1994 a. **Suppressing disease in field crops.** BioCycle. 35(7):60-61.
- OZORES-HAMPTON, M., B. SCHAFFER, H. H. BRYAN, y E.A. HANLON. 1994b. **Nutrient concentrations, growth and yield of tomato and squash in municipal solid waste amended soil.** Hort Science 29:785-788.

- OZORES-HAMPTON, M., P. y T.A. OBREZA. 1999. **Composted waste use on Florida vegetable crops: A review.** Proceedings of the International Composting Symposium. September 19-23, Halifax/Dartmouth Nova Scotia, Canada, p. 827-838.
- OZORES-HAMPTON, MP, PA STANSLY y TA OBREZA. 2000. Biosolids and soil solarization effects on bell pepper (*Capsicum annuum*) production and soil fertility in a sustainable production system. *HortScience* 35(3): 443.
- PAVLOSTATHIS, S. G; GIRALDO-GOMEZ, E. 1991. **Kinetics of anaerobio Digestión.** *Water Science and Technology.* 24(8): 35-59.
- PEREYRA, M. y P. POTASCHNER. IDR 2010 Instituto de Desarrollo Rural.  
[http://www.idr.org.ar/wpcontent/uploads/2012/05/informe\\_coyuntura\\_Ajo2009\\_10\\_marzo\\_2010](http://www.idr.org.ar/wpcontent/uploads/2012/05/informe_coyuntura_Ajo2009_10_marzo_2010).
- PORTELA J. A y C. H. DALMASSO. 1998. Efecto de la fertirrigación con diferentes fuentes de nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad de ajo cv. Fuego – INTA. **XXI Congreso Argentino de Horticultura.** Octubre de 1998. San Pedro, Buenos Aires. Resúmenes, página 79.
- ROMOJARO, F., M. C. MARTINEZ MADRID y M. T. PRETIL. 2007. Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en poscosecha de productos agrarios. En: [www.horticom.com/pd/imagenes/65/906/65906.pdf](http://www.horticom.com/pd/imagenes/65/906/65906.pdf). Consultado: 04/2012.
- SAÉNZ FORERO, R. 2006. CEPIS/OPS- Introducción y uso de aguas residuales tratadas en agricultura y acuicultura. <http://www.cepi.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind53/rys/rys.html>. 15/08/06
- SANDOVAL YOVAL, L. y MISSET, J. (2004). Tratamiento integral de agua municipal, su desinfección y reúso en la agricultura. **XXIX Congreso Sanitario y Ambiental.** San Juan. Puerto Rico.
- SOTOMAYOR R, I. 1975. **Efecto de la fertilización nitrogenada y densidad de plantas en la producción de ajos.** *Agricultura técnica (Chile)* 35(4): 175-178

TANJI K., C. G. ONG, R. A. DAHLGREN AND M. J. HERBEL (1997) **“Trace element (Se, As, Mo, B) contamination of Evaporites in Hipersaline Agricultural Evaporation Ponds”** *Enviro. Sci. Technol.*, 31, p. 831-836