



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO

FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

Trabajo final presentado para optar el grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

**Evaluación del comportamiento del cultivo de ajo bajo riego con
efluentes urbanos tratados, fertilización nitrogenada y
aplicación de biosólidos**

Sanchez Arroyo Abel Hernán

DNI: 32.083.514

Director: : Dr. Ing. Agr. Crespi, Raúl

Co-director: MSc. Ing. Agr. Grosso, Liliana

Río Cuarto - Córdoba

Diciembre / 2012

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE AJO BAJO RIEGO CON EFLUENTES URBANOS TRATADOS, FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS”**

Autor: Sanchez Arroyo, Abel hernan

DNI: 32.083.514

Director: Dr. Ing. Agr. Crespi, Raúl

Co-Director: Ing. Agr. Grosso, Liliana

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Ing. Agr. Ana Rivetti _____

Ing. Ftal. Marcela Demaestri _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICACIÓN

La presente tesis ha sido dedicada a mí familia:

A mi Papá por la confianza y apoyo absoluto, que comprendió y desde pequeños nos inculcó la importancia del estudio y con su esfuerzo, sacrificio, dedicación y trabajo permitió que mis hermanas y yo termináramos de estudiar; logrando así alcanzar nuestro y su mismo sueño.

A mi Mamá, que con su alegría de siempre brindó energía para seguir adelante y poder hacerle frente a las distintas circunstancias de la vida, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor incondicional, su ternura y generosidad del día a día y cómo olvidarme de las encomiendas bien envueltas y por tantas cosas más.

A mi hermanas Cecilia y Belén, por ser un soporte y guiarme siempre en esta etapa que culmina, que desde la distancia aportaron su incondicional e inquebrantable cariño y el amor que las caracteriza.

Al resto de la flia: abuelos, tíos, madrina y primos que siempre me apoyaron y acompañaron e hicieron posible que logre ésto tan ansiado.

AGRADECIMIENTOS

“Si confieres un beneficio, nunca lo recuerdes; si lo recibes, nunca lo olvides”

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Río Cuarto y en especial a la Facultad de Agronomía y Veterinaria que me cedió la oportunidad de realizar mi formación universitaria y ser parte de una generación de nuevos profesionales.

A mi director Raúl Crespi por su apoyo y orientación durante todo este proceso que mediante su sabiduría y dedicación incansable a la investigación me ayudaron a culminar este trabajo de forma exitosa. A mi co-directora Liliana Grosso por sus apropiados consejos y la dedicación que siempre le brindó a este trabajo, por sus conocimientos y enseñanzas que siempre la caracterizan.

A mis dos profesores, AMIGOS, compañeros y ahora colegas: Fabricio y Diego, por compartir lindos momentos y dar su opinión experta siempre, por ayudarme en el proceso de revisión y proponer ideas útiles para esta tesis, por brindarme su apoyo incondicional, simpatía, cariño y amistad.

A mis padres adoptivos que encontré en Río IV: Pire y Consuelo, que me vieron crecer y madurar todo este tiempo, gracias por sus consejos tan valiosos para la vida que siempre me serán útiles y los llevaré conmigo.

A mi novia Arletta, por haberme apoyado siempre y por su compañía en diferentes momentos y estados nerviosos antes de rendir, que con su simpatía y alegría permitía bajar los niveles y poder seguir estudiando.

A mis compañeros y amigos con los que viví y compartí toda la carrera: Juan y Darío, dos grandes personas, que gracias a ellos logré llegar hasta el final del camino y que hasta este momento seguimos siendo amigos. En estos años hice grandes amigos que me brindaron un apoyo invaluable. Es un orgullo tenerlos a mi lado y haber compartidos momentos tan lindos: Pini, Lichi, Fran, Mati, Maren, Flaco, Walter, Felippa, Mauro, Alci, Charly, Anto, Laura, Marina, siempre estarán en mi corazón.

A todos mis amigos de San Juan que siempre me apoyaron.

A todas y cada una de las personas que aquí no he nombrado y que en algún momento me dieron su aliento para seguir adelante. A todos MUCHAS GRACIAS!!!!

INDICE GENERAL

Índice general.....	IV
Índice de tablas.....	VI
Índice de figuras.....	VII
Resumen.....	IX
Summary.....	X
I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	1
1-Origen de los Biosólidos.....	5
2-Antecedentes.....	7
3-Hipótesis.....	9
4- Objetivo General.....	9
5-Objetivo específico.....	9
II. MATERIALES y MÉTODOS.....	10
1-Instalación de la red cloacal.....	11
2-Tratamiento del agua residual.....	12
3-Generación de biosólidos.....	14
4-Características del ensayo de investigación.....	16
5-Sistema de riego por goteo.....	18
6-Determinación del contenido hídrico del perfil.....	19
7-Eficiencia del uso del agua.....	19
8-Fertilización nitrogenada.....	20
9-Manejo fitosanitario del Cultivo.....	21

10-Cosecha	21
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
1- Características del agua residual.....	23
2- Balance hídrico.....	24
3- Evolución hídrica del agua en el suelo.....	25
4-Productividad del cultivo de ajo.....	27
5.1 Bulbos Normales y con anomalías.....	27
5.2 Calibre y peso individual de bulbos normales.....	27
5.3 Rendimiento.....	28
6-Eficiencia en el uso del agua.....	31
7- Aspectos sanitarios.....	32
IV. CONCLUSION.....	33
V. BIBLIOGRAFIA.....	34

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de tratamientos de aguas residuales. UNRC. Río Cuarto. Córdoba	2
Tabla 2. Composición de aguas residuales urbanas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	3
Tabla 3. Determinaciones analíticas del efluente domiciliario. UNRC. Río Cuarto Córdoba.....	12
Tabla 4. Características químicas de los biosólidos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	15
Tabla 5. Características físicas del perfil del suelo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	16
Tabla 6. Calidad del agua residual. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	23
Tabla 7. Porcentaje de bulbos Normales y con Anormalidades, según los distintos tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	27
Tabla 8. Calibre y peso de bulbos normales. Planta Piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	28
Tabla 9. Eficiencia para los diferentes tratamientos, expresados en Kg. por milímetro aportado y Kg. por metro cúbico. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	31

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Precipitación registrada durante el ciclo del cultivo de ajo 2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	10
Figura 2. REU y trabajos previos de interconexión cloacal. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	11
Figura 3. Conducción de los efluentes y pretratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	12
Figura 4. Efluente crudo y tanque sedimentador de lodos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	13
Figura 5. Tratamiento convencional de los efluentes. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	13
Figura 6. Proceso de biodigestión de lodos urbanos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	14
Figura 7. Captación de biosólidos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	14
Figura 8. Determinación de la dosis de biosólidos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	15
Figura 9. Aplicación de biosólidos en ajo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	16
Figura 10. Plantación del cultivo de ajo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	17
Figura 11. Desinfección de los bulbillos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	17
Figura 12. Equipo de bombeo y centro de control de riego. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	18
Figura 13. Línea secundaria y laterales de riego por goteo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	19
Figura 14. Secuencia de operaciones en la toma de muestras de suelo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	19

Figura 15. Curvas de absorción de nitrógeno y momentos de fertilización más adecuados según los requerimientos del cultivo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	21
Figura 16. Labores culturales durante el ciclo del cultivo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	21
Figura 17. Reducción de coliformes totales durante el tratamiento del agua residual. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	23
Figura 18. Remoción de nutrientes luego del tratamiento del agua residual. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	24
Figura 19. Aportes de agua durante el ciclo del cultivo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	24
Figura 20. Evolución del contenido de humedad del suelo y momentos de riego. Planta Piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	26
Figura 21. Rendimiento del cultivo del ajo (Kg ha-1) según los diferentes tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	29

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 de Marzo del 2010 se plantaron ajos "blanco" cultivar Unión, en un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones: dosis de biosólidos 50 t ha⁻¹ (**BIO50**) y 25 t ha⁻¹ (**BIO25**) con 91 % de humedad; dosis del fertilizante químico SolMix; 75 kg ha⁻¹ (**N75**) y 150 kg ha⁻¹ (**N150**) y un testigo (**T**). La densidad fue de 30,3 plantas m⁻² y se aplicó por goteo una lámina de 426 mm, siendo la precipitación efectiva de 234 mm. Los aportes de nutrientes del efluente fueron: 136 kg ha⁻¹ N, 19 kg ha⁻¹ P y 68 kg ha⁻¹ K; del **BIO50**: 54 kg ha⁻¹ N y 37 kg ha⁻¹ P y del **BIO25**: 27 kg ha⁻¹ N y 18.5 kg ha⁻¹ P. Los rendimientos de calidad comercial fueron: **N150**, 19.1 t ha⁻¹ (a); **BIO50**, 19.0 t ha⁻¹(a); **N75**, 18.7 t ha⁻¹ (ab); **BIO25**, 18.4 t ha⁻¹ (ab) y **T** , 17.4 t ha⁻¹ (b); 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.

SUMMARY

The reuse of treated wastewater and biosolids are a valuable resource for horticultural production. In order to evaluate the performance and sanitary quality of water, on 26th March, 2010 white garlic – Union cultivate- has been planted, in a design of a randomized complete blocks with five treatments and four repetitions: 50 t biosolids ha⁻¹ (BIO50) and 25 t ha⁻¹ (BIO25) with 91% of humidity; SolMix dose of chemical fertilizer, 75 kg ha⁻¹ (N75) and 150 kg ha⁻¹ (N150) and a control (T). The density was of 30.3 plants m⁻² and it was applied by dropping a sheet of 426 mm, being the effective precipitation of 234 mm. The effluent nutrient inputs were 136 kg ha⁻¹ N, 19 kg ha⁻¹ P and 68 kg ha⁻¹ K, the BIO50: 54 kg ha⁻¹ N and 37 kg ha⁻¹ P and BIO25: 27 kg ha⁻¹ N and 18.5 kg ha⁻¹ P. The quality trading performance was: N150, 19.1 t ha⁻¹ (a); BIO50, 19.0 t ha⁻¹ (a), N75, 18.7 t ha⁻¹ (b), BIO25, 18.4 t ha⁻¹ (ab) and T, 17.4 t ha⁻¹ (b), these differences were significant at the 5% (Fisher LSD). The bacteriological analyses of the bulbs confirmed the absence of *Escherichia coli* and *Salmonella sp.*, showing that these technologies allowed an increase in the performance without affecting the sanitary quality of water.

INTRODUCCIÓN

Los principales países productores de ajo se encuentran en el centro asiático, representados principalmente por China, que produce el 83% del ajo del mundo. El centro Sudamericano, conformado por Brasil y Argentina, aporta alrededor del 1,5% de la producción global siendo significativa su participación en el comercio mundial ya que Brasil es el principal comprador. Las variedades producidas en el país se caracterizan por tener bulbos regulares con pocos dientes y mucho requerimiento de frío (Pereyra, 2011).

Argentina es el segundo exportador mundial de ajo después de China. Esta producción se destina a varios países de la Unión Europea, América y Japón (Burba, 2005).

La superficie cultivada de ajo para la temporada 2010-2011 en las principales provincias argentinas, alcanzaron las 14050 ha. Los rendimientos por hectárea posicionan en primer lugar al ajo morado con una media de 14,29 t ha⁻¹, en segundo termino el ajo colorado con 10,53 t ha⁻¹ y en tercer lugar el ajo blanco con 10,37 t ha⁻¹ de ajo limpio y seco, es decir sin ramas ni raíces (Potaschner, 2010). Los ajos blancos predominan con un 55 % de la superficie, seguido de los morados con el 45 %, siendo insignificante la presencia de ajos colorados.

La producción principal se localiza en dos provincias de la región de cuyana; Mendoza lidera la superficie cultivada del país con 11550 ha (82 %) de todos los tipos comerciales difundidos mientras que la provincia de San Juan presenta unas 1900 ha (13,5 %), principalmente ajo blanco. Ambas provincias están fundamentalmente dedicadas al ajo de exportación para consumo en fresco, con escaso valor agregado. En el resto del país, Buenos Aires registró para la misma campaña 700 ha (4,9 %), con ajo cultivado del tipo colorado y Córdoba alrededor de 100 ha, un 0,7 % de la superficie nacional. Estas dos provincias son abastecedoras tradicionalmente del mercado interno (Pereyra, 2011).

En la provincia de Córdoba se produce ajo en la zona de Jesús María, Villa Dolores y en el Departamento de Cruz del Eje siendo ésta ultima la zona más importante de producción de ajos tempranos del país, que pese a no contar con la calidad de los ajos de Mendoza o San Juan, su carácter de primicia, le permite ser comercializado e inclusive lograr muy buenos precios en el mercado (I. F-H, 2001).

Muchos países tienen el problema de un severo desequilibrio hídrico. Este desequilibrio por la demanda de agua y su suministro es debido, principalmente, a la desigual distribución de las precipitaciones, altas temperaturas y excesiva demanda para riego.

El agua dulce es un recurso vital pero cada día es más escaso debido al crecimiento demográfico, la urbanización y la industrialización, a lo que se suman los conflictos asociados

a los cambios climáticos, esto obliga a priorizar el uso del agua 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 tratados como oferta de agua para riego, son una importante fuente de nutrientes y materia orgánica para los cultivos (González y Rubalcaba, 2011).

En muchos lugares del mundo y en este país, los efluentes urbanos son vertidos directamente a un cauce natural, argumentando que los lechos de los ríos constituyen un excelente dispositivo natural de filtración, sin tener en cuenta, en la contaminación que se está produciendo aguas abajo, no solo por el impacto en sí misma sino también por la proliferación de todo tipo de roedores e insectos transmisores de enfermedades (Crespi *et al.*, 2007).

En función de lo expresado, una práctica que se tiene que tomar seriamente es el tratamiento de las aguas residuales, con el objetivo de disminuir el impacto ambiental y realizar un aprovechamiento de las mismas para uso agrícola.

El tratamiento de las aguas residuales es generalmente un proceso que se realiza en varios pasos, en los que se utilizan tratamientos químicos y biológicos. Los posibles tratamientos para aguas residuales urbanas, se muestran en la Tabla 1 y se clasifican en preliminar, primario, secundario y terciario.

Tabla 1. Clasificación de tratamientos de aguas residuales. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

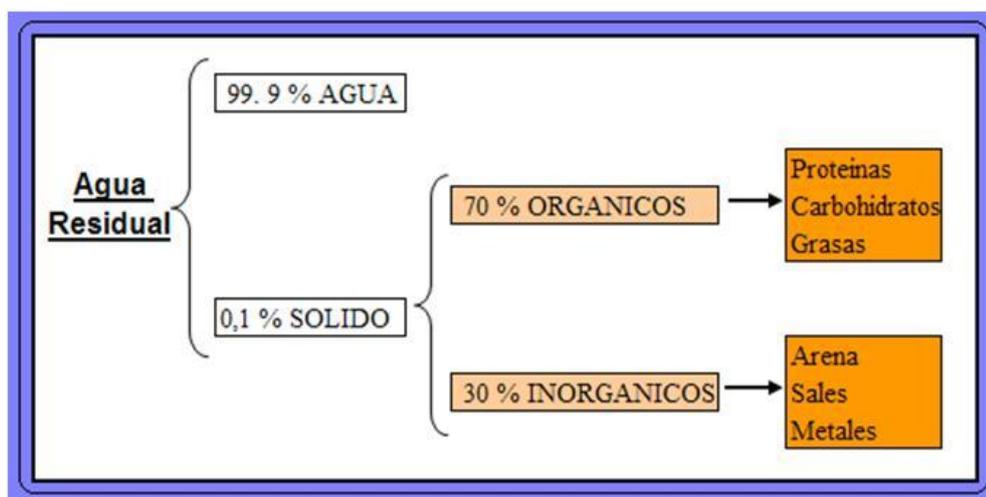
Preliminar	Desbaste y eliminación de partículas con tamaño superior a 0,2 mm.
Primario	Consiste en separaciones físicas. Eliminación de materia flotante (grasas y espuma), se deja reposar durante varias horas para permitir que se sedimenten los sólidos. Se elimina un 25-50% de la DBO ₅ .
Secundario	Eliminación hasta un 85-95 % de la DBO ₅ , materia en suspensión y la mayor parte de metales pesados. Proceso netamente microbiológico.
Terciario	Eliminación de otros componentes. Desinfección y eliminación de patógenos presentes. Estos métodos son pocos difundidos por el alto costo que implica el tratamiento.

La reutilización de efluentes es una alternativa válida toda vez que se comprenda que constituyen “un recurso” y no un “desperdicio”, su implementación es considerada segura y aceptable produciendo importantes incrementos de rendimiento en cantidad y calidad de los cultivos (Migani y Crespi, 2010).

La reutilización de efluentes residuales tratados en el riego agrícola garantiza una fuente constante y segura de líquido aún en años secos, un aporte continuo de nutrientes y microelementos para las plantas, ahorro en gastos de fertilización, y sobre todo coadyuvar en la eliminación de aguas residuales y la sustentabilidad del sistema (Crespi, 2009).

Respecto a la composición típica de las aguas residuales, es importante tener presente en general, que contienen 99,9 % de agua y solo 0,1 % corresponde a la fracción sólida; de los cuales, aproximadamente el 70 % son orgánicos (proteínas, grasas, etc.) y el resto son inorgánicos (arcilla, arenas, etc.). En la Tabla 2, se muestra la composición típica de las aguas residuales (Cortez Cadiz, 2003).

Tabla 2. Composición de aguas residuales urbanas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.



El uso en la agricultura de efluentes tratados, esta basada en aprovechar los nutrientes contenidos en el agua para el desarrollo de los cultivos, además éste riego preserva la fertilidad y la estructura de los suelos. Por otro lado, en muchos países en vías de desarrollo, es la única opción de fertilización agrícola y además permite la disminución de los organismos patógenos en las aguas excedentes de riego por el proceso de retención que se produce en el suelo, con lo cual resulta un tratamiento adicional de depuración de las aguas (Esteller, 2002).

Aunque los efluentes son un recurso muy valioso, alguno contienen microorganismos que pueden llegar a ser patógenos, por lo tanto se debe poner especial cuidado en minimizar el riesgo que su uso presenta para la salud de quienes consumen los productos regados y los agricultores que manejan estos cultivos (Fasciolo *et al.*, 2005).

El uso de efluentes domésticos deberá considerar la calidad del agua en sus tres dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental. Atendiendo las recomendaciones para la reutilización del agua residual en agricultura por la Organización Mundial de la Salud, la calidad sanitaria está determinada por la concentración de parásitos, representado por los huevos de helmintos y los coliformes fecales, como indicadores de formadores de colonias de bacterias y así se presenta una guía en que se pueden clasificar los riegos en tipos A, B y C para riegos no restrictivos, restrictivos y localizados respectivamente (Blumenthal *et al.*, 2000) incluyendo estos últimos cintas de goteo, tuberías de goteo y borboteadores no habiendo

ningún tipo de restricción para este caso y solo exigiendo un pretratamiento y tratamiento primario. La calidad agronómica estará relacionada con la cantidad de nutriente (N, P, K y oligoelementos), elementos tóxicos, salinidad y metales pesados. Finalmente la calidad ambiental en principio involucra todos los mencionados anteriormente con énfasis en aquellos impactos negativos en los cuerpos receptores (Veliz Lorenzo *et al.*, 2009).

Las aguas residuales urbanas tratadas, no solo son un complemento o una solución estratégica para cubrir los requerimientos de riego, sino que también son una importante fuente de elementos nutritivos. En este sentido, Silva *et al.* (2008), expresa que los efluentes urbanos tratados aportan macro-elementos en cantidades suficiente como para reducir o eliminar la necesidad de fertilizar, además de agregar materia orgánica como acondicionador de suelo. La concentración de nutrientes de las aguas residuales tratadas varía entre 10 a 100 mg L⁻¹ de N, de 5 a 25 mg L⁻¹ de P y 10 a 40 mg L⁻¹ de K. Estas cantidades de nutrientes aportadas por el efluente pueden cubrir en muchos casos las necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio de un cultivo.

La fertilización en ajo ha sido estudiada en la provincia de Mendoza (Argentina), bajo riego por superficie, en los que se determinó el efecto de los fertilizantes sobre los componentes del rendimiento, las dosis y los momentos óptimos en los biotipos blancos y colorados (Gaviola *et al.*, 1991; Lipinski y Gaviola, 1999).

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⁻¹ (Huez Lopez *et al.*, 2009).

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⁻¹ para maximizar el rendimiento en un cultivar Fuego.

Origen de los Biosólidos

Los biosólidos son principalmente materiales orgánicos estabilizados ricos en nutrimentos producidos durante el tratamiento de aguas residuales urbanas, los cuales pueden ser utilizados en diversos usos benéficos (Merli y Ricciuti, 2009).

Los biosólidos se obtienen por medio del tratamiento de los lodos de los efluentes urbanos, dichos tratamientos pueden ser primarios (sin digestión), basado en procedimientos de separación física, secundarios (con digestión), que comprende procedimientos físicos y biológicos, en los cuales se reduce la presencia de patógenos, parásitos y el contenido de compuestos carbonados lábiles en los biosólidos, y terciarios, en los cuales se suman tratamientos químicos. Dentro de las alternativas disponibles para la disposición final de los biosólidos se destaca el reciclaje del residuo (Lavado y Taboada, 2002).

La aplicación de lodos residuales sobre el suelo se presenta como una alternativa de aporte de nutrientes a los cultivos (Grosso *et al.*, 2007), ya que se han encontrado resultados beneficiosos tanto de tipo ambiental como económico, debido a que éstos lodos proporcionan material orgánico, mejoran la estructura del suelo y ofrecen un gran potencial para el reciclaje de macronutrientes y micronutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas (Caldera *et al.*, 2007).

El reciclaje de biosólidos a través de la aplicación al terreno mejora las características del mismo, tales como su 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. La aplicación de biosólidos también provee algunos micronutrientes esenciales, tales como el níquel, el zinc y el cobre (Pesinova, 2008).

El efecto beneficioso del uso de biosólidos en la agricultura no se limita sólo a las propiedades químicas de los suelos. Ha sido demostrado por numerosos autores que además de estas, las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos también se ven mejoradas con la adición de los residuos (Utria *et al.*, 2008; Valdés Méndez *et al.*, 1999.)

Debido a los problemas ecológicos y económicos provocados por el uso intensivo e inadecuado de los fertilizantes sintéticos, la agricultura mundial en los últimos años esta encaminada a lograr una agricultura sostenible, con el objetivo de obtener altos rendimientos con aplicación de bajos insumos y en lo posible el uso de productos de origen orgánico (Utria *et al.* 2008).

Crespi *et al.* (2012) después de varios años de ensayos en ajo regados con aguas residuales, aplicación de fertilizantes nitrogenados e incorporando biosólidos como fuente

nutricional para el cultivo, menciona que ésta última tecnología constituye un aporte significativo en sustitución de los fertilizantes sintéticos.

La aplicación de biosólido al suelo incrementa la producción de biomasa y el rendimiento del cultivo, sin embargo, dicha aplicación presenta algunos aspectos negativos tales como la presencia de metales pesados y microorganismos patógenos, siendo los metales pesados su principal factor limitante (Lavado y Taboada, 2002); no obstante, atendiendo a la procedencia de los efluentes domiciliarios con que se condujo éste ensayo de investigación, solo debe prestarse atención a la presencia de patógenos.

ANTECEDENTES

Israel comenzó a aplicar el riego con aguas residuales en forma masiva a comienzos de los años 70 para la producción de algodón. Este país esta avanzando fuertemente en el uso de aguas residuales tratadas, planteando que un 70 % del agua que demandará la agricultura en el 2040 va a ser obtenida mediante el tratamiento de efluentes (Veliz Lorenzo, 2009; Quipuzco Ushñahua, 2004).

En América Latina y el Caribe el uso directo de aguas residuales en agricultura se inició en algunos países en el siglo pasado y actualmente casi todos los países de la región las utilizan, en la mayoría de los casos como práctica no programada ni controlada (Saéñz Forero, 1996).

Se citan en México ejemplos de producciones mayores debido a los nutrientes de las aguas residuales, así el rendimiento del tomate, regado con agua residual fue de 35 t ha⁻¹ y regado con agua limpia de 7 t ha⁻¹, la comparación de rendimientos obtenidos en Tacna, Perú, para el caso del cultivo de papa con riego con efluentes de lagunas de estabilización secundarias fue de 45 t ha⁻¹ y el rendimiento con aguas blancas de 12 t ha⁻¹ (Saéñz Forero, 2006).

Utria *et al.* (2008) con el objetivo de evaluar el impacto del uso agrícola de los biosólidos, demostró que la aplicación de éstos obtenidos mediante digestión anaeróbica incrementa los contenidos de materia orgánica, fósforo y calcio, mientras que las poblaciones de patógenos fueron mínimas y en algunos casos nulas en el suelo, también observó el efecto positivo en la producción de plantas de tomate, sin alterar la calidad de frutos. Concluye que los biosólidos con fines agrícolas es una alternativa viable y económica.

Los resultados logrados en soja regada con aguas residuales, indican que en éste cultivo, pierden importancia relativa la técnica de inoculación, es aconsejable que bajo estas condiciones, no se realice esta práctica, ahorrando mano de obra y costo del inoculante (Crespi *et al.*, 2009).

Crespi (2005) demostró que en la zona central Argentina es posible reutilizar los efluentes municipales tratados mediante riego por goteo superficial aprovechando un importante recurso hídrico, reduciendo el impacto ambiental y maximizando los beneficios agrícolas de diversos cultivos.

Cultivares de ajo “blanco” y “morado” fueron regados con dos calidades de agua, efluentes urbanos tratados y agua de perforación, no se encontraron diferencias estadísticas entre ambos tipos de calidades de agua para la producción (kg ha⁻¹), el peso y el calibre de los bulbos, los bulbos de ajo regados con efluentes resultaron seguros para la salud humana, por

tal motivo en éste cultivo el riego con el efluente urbano tratado puede remplazar el uso del agua limpia, sin afectar su producción y calidad sanitaria (Grosso *et al.*, 2004; Crespi *et al.*, 2005).

Reportan Fasciolo *et al.*, 2002 que en el cultivo de ajo, el riego con efluentes se comportó como una fertilización nitrogenada aumentando los rendimientos por ha en un 15%, los calibres de los bulbos en un 9 % y no afectó la calidad comercial del ajo. Además indican que en los suelos regados con efluentes urbanos tratados se aumentó la velocidad de infiltración, el contenido de materia orgánica y de fósforo, y se produjeron modificaciones positivas en la estructura del suelo.

Valdés Méndez *et al.* (1999) evaluó el comportamiento del ajo porro (*Allium porrum* L.) a diferentes tratamientos de bioabonos (humus y biosólido), el mayor rendimiento (kg ha^{-1}) fue con la aplicación de biosólidos obtenidos por digestión anaeróbica siendo un 64 % mayor que el testigo. El biosólido produce un efecto estimulante en la fisiología y desarrollo de plantas de ajo porro, comportándose como un fertilizante de liberación lenta y acondicionador de suelo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de un cultivo de ajo tipo blanco regado con efluentes urbanos tratados, abonado con biosólidos y fertilizado con diferentes dosis de nitrógeno, para determinar el potencial fertilizante de los efluentes urbanos y sus derivados en la respuesta productiva de éste cultivo.

HIPÓTESIS

El riego con efluentes urbanos tratados y la aplicación de biosólidos, podría reemplazar a la fertilización química, mejorando el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de ajo sin afectar la calidad comercial y sanitaria del producto.

OBJETIVO GENERALES

- Evaluar el comportamiento y rendimiento del ajo regado por goteo con efluentes urbanos tratados, abonado con biosólidos y fertilizado con nitrógeno.
- Evaluar aspectos sanitarios y calidad comercial del cultivo de ajo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Representar la evolución hídrica del perfil del suelo en relación a las constantes hídricas del mismo.
- Determinar la eficiencia del uso del agua para cada uno de los tratamientos evaluados.
- Verificar la calidad en la bulbificación del ajo.
- Determinar el rendimiento en peso (kg ha^{-1}) para cada tratamiento.
- Determinar en poscosecha la presencia o ausencia de *Salmonella sp* y *Escherichia coli*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto próximo a las Residencias Estudiantiles Universitaria, (33°07' LS, 64° 14' LO y a 421 metros sobre el nivel del mar), donde está instalada una Planta experimental para el tratamiento y la reutilización de aguas residuales urbanas con un potencial de captación del efluente erogado por el complejo habitacional, en el Departamento de Río Cuarto, Provincia de Córdoba, Argentina.

Esta región se caracteriza por poseer un régimen climático templado húmedo con invierno seco. La Temperatura Máxima Anual: 23,18 °C; Temperatura Mínima Anual: 10,20 °C, Temperatura Media Anual: 16,30 °C. El régimen de precipitaciones presenta una distribución anual del tipo monzónico con un 80 % de las lluvias concentradas en el período primavera-estival, con una precipitación media anual de 801 mm.

A continuación se presenta un gráfico indicador del aporte que recibió el cultivo por parte de las precipitaciones.



Figura 1. Precipitación registrada durante el ciclo del cultivo de ajo 2010. U.N.R.C. Río Cuarto. Córdoba.

En cuanto a las condiciones edáficas del sitio donde se realizó el ensayo, el suelo presenta una textura franco arenoso, clasificado como Haplustol típico, de relieve normal con llanuras suavemente onduladas, de actitud agrícola (Cantero *et al*, 1986).

La planta tiene la capacidad de tratar un caudal de 25000 Ld^{-1} de efluentes urbanos generados por el complejo habitacional de 208 habitantes. El proceso general de manejo de los efluentes se muestra en la Figura 2, donde se presentan una serie de operaciones imprescindibles para conducir el caudal hacia su tratamiento; todo comienza con la interconexión de los 50 departamentos de las llamadas Residencias Estudiantiles Universitarias (REU)



Figura 2. REU y trabajos previos de interconexión cloacal. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Instalación de la red cloacal

El efluente proveniente de las REU se conduce a través de una tubería de PVC, K4 de 160 mm de diámetro desde una profundidad de 0,60 m hasta 2 m, con una pendiente proyecto de 1,5% y descarga en una cámara receptora de cemento de 1,5 m de ancho por 2,5 m de largo por 5 m de profundidad (Figura 3), donde comienza la etapa de pre-tratamiento (Crespi *et al*, 2012). 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 primer prefiltro de material grueso, luego vierte por gravedad al canasto de acero inoxidable de $0,075 \text{ m}^3$ cubierto de perforaciones que actúa como un colador y que hace a veces de segundo prefiltro que retiene el grueso que podría haber pasado en el paso anterior. Semanalmente se retrae el canasto para su limpieza, se lava y se vuelve a introducir.

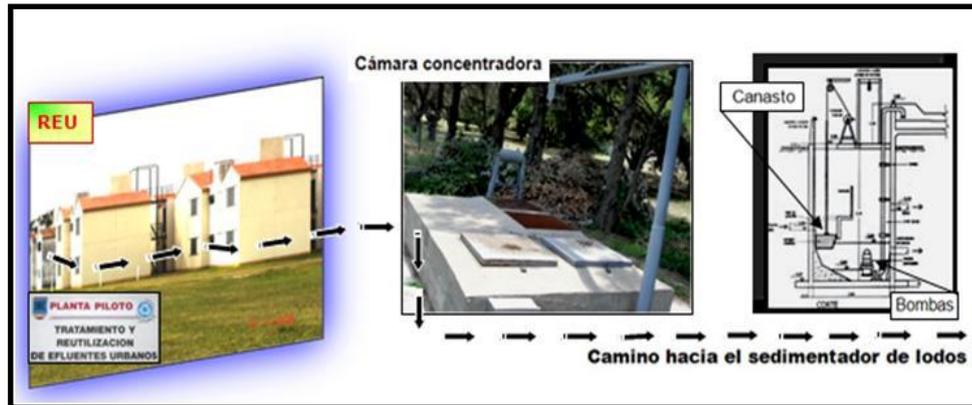


Figura 3. Conducción de los efluentes y pretratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Pretratamiento

Desde esta cámara por medio de bombas que operan alternativamente y en forma automática cada vez que se almacena un volumen de efluentes de 3000 L, son enviados hacia el tanque sedimentador de lodos conducidos por una tubería de PVC en la planta experimental.

En la Tabla 3, se muestra la composición físico-química del efluente urbano crudo, que será sometido a tratamiento para poder reutilizarse en riego.

Tabla 3. Determinaciones analíticas del efluente domiciliario. UNRC. Río Cuarto. Córdoba

<i>pH</i>	<i>CE</i> (dSm^{-1})	<i>Nt</i> ($mg L^{-1}$)	<i>Pt</i> ($mg L^{-1}$)	<i>K</i> ($mg L^{-1}$)	<i>Alcalinidad</i> ($mg L^{-1}$)	<i>DBO₅</i> ($mg L^{-1}$)
7,8	1,1	108,5	8,1	16	350	112,5

Tratamiento del agua residual

El tanque sedimentador (Figura 4) con un volumen de 12000 L tiene por función concentrar el agua residual derivada y la deposición de lodos. En uno de sus laterales hay un orificio por el cual se descarga el agua cruda hacia un reactor biológico y por la parte inferior se captan los lodos que se derivan al proceso de biodigestión (Crespi *et al*, 2010), desde donde se obtienen los biosólidos luego de cumplirse el tiempo de residencia hidráulico (TRH).



Figura 4. Efluente crudo y tanque sedimentador de lodos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El reactor biológico de forma circular con una capacidad de 78000 L tiene por función bajar la demanda biológica de oxígeno (DBO), de allí pasa luego del tiempo de depuración a una laguna de maduración que consiste en un tanque de mayor volumen y poca profundidad, con una capacidad de 136310 L. Su función es reducir la cantidad de gérmenes a límites permisibles, haciendo uso de la radiación ultravioleta generada naturalmente por el sol. (Figura 5).



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

Este tipo de desinfección es el principal mecanismo para la desactivación o destrucción de organismos patógenos con el fin de prevenir la dispersión de enfermedades transmisibles a través del agua. Cuando la radiación UV penetra a las paredes de las células de un organismo, ésta destruye la capacidad de reproducción de la célula.

Generación de biosólidos

Como se muestra en la Figura 6, una de las partes importantes para el desarrollo de éste trabajo fue contar con un sistema de biodigestión. De esta manera es posible contar con la generación de biosólidos que son los lodos digeridos, la otra parte componente de los efluentes urbanos, para ser empleados en diferentes cultivos agrícolas y, en este caso, para la producción hortícola y de ajo específicamente.



Figura 6. Proceso de biodigestión de lodos urbanos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba

En la Figura 7, se observa la secuencia de trabajos realizados para la captación de los biosólidos producto de la biodigestión de los lodos domiciliarios, luego de haberse cumplido el tiempo de residencia hidráulico para la generación de biogás, que conforma otro objetivo de este programa de investigación, se abre una llave esférica metálica de 2" y se vierte el contenido del biodigestor en un tanque de PE bicapa enterrado a 1,70 m de profundidad de 200 L de capacidad.



Figura 7. Captación de biosólidos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En la Figura 8, se puede observar una serie de operaciones conducentes al manejo del biosólidos. En primer lugar, se colecta en un balde de 12 L de capacidad, hasta conseguir la dosis calculada para los respectivos tratamientos: Biosólido 25 Tnha-1 (Bio 25) y Biosólido 50 Tnha-1 (Bio 50). En segundo término, se vierte dicho contenido en un depósito de 50 L para trasladarlo hasta el lugar del ensayo experimental. Y por último, se procede a su aplicación en los tratamientos correspondientes.



Figura 8. Determinación de la dosis de biosólidos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba

En la Tabla 4 se muestran las características de los biosólidos, que fueron determinadas en el Laboratorio de Nutrición Animal de la UNRC.

Tabla 4. Características químicas de los biosólidos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Parámetro	Unidad	2010		
		30-mar	10-may	09-oct
Cenizas	%	52,9	62,5	61,25
Materia Orgánica	%	47,1	37,5	38,75
Nitrogeno total	%	2,2	2,15	1,85
Fosforo	%	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

En la Figura 9, se observan las prácticas necesarias para la aplicación del biosólidos en el cultivo de ajo, para lo cual, en primer lugar se acondiciona el terreno para la recepción de la dosis calculada y luego se procede manualmente a su aplicación.



Figura 9. Aplicación de biosólidos en ajo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

La aplicación de biosólidos se efectuó a partir de los 50 días post-plantación, momento en el cual el cultivo ha consumido las reservas liberadas por el “diente madre” y se torna más significativa la demanda de nutrientes desde el suelo (Burba, 1997).

Características del ensayo de investigación

Previo a la plantación se efectuó la preparación del suelo mediante una rastra de discos, con el objetivo de asegurar un terreno mullido, desterronado, libre de malezas y rastros, para lograr una brotación uniforme.

En la Tabla 5, se muestran algunas características del perfil del suelo indispensables a los fines del manejo del riego

Tabla 5. Características físicas del perfil del suelo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Características	10 cm	20 cm	30 cm	Promedio
da (gcm^{-3})	1,38	1,26	1,35	1,33
Wc (%)	21,12	16,19	17,51	18,27
Wm (%)	7,50	7,70	7,40	7,53
Wu (%)	13,62	8,49	10,11	10,74

Donde: da, Wc, Wm y Wu son: densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua útil respectivamente.

La plantación del ajo (Figura 10) se efectuó el 26 de marzo de 2010, en forma manual, en plano y a diente visto, con un arreglo espacial a 0,30 m entre hileras y 0,11 m entre bulbillos, dando una densidad de 303.030 pl/ha.



Figura 10. Plantación del cultivo de ajo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Se plantaron bulbillos “semilla” de ajos tipo blanco cultivar “Unión” provenientes de bulbos calibre 5, con un peso promedio de 4 g. Los bulbillos se desinfectaron con funguicida Tiram y Carbendazim (Figura 11) y luego de la plantación se efectuó un control de malezas preventivo con herbicida preemergente Linuron.



Figura 11. Desinfección de los bulbillos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. El tamaño de las subparcelas fue de 7,20 m². La unidad experimental fue de 3,60 m² y se correspondió con los 4 surcos centrales.

Los tratamientos fueron:

- 1- Testigo: Riego por goteo con efluentes urbanos tratados (Testigo).
- 2- Aplicación al suelo de 25 tn ha⁻¹ de Biosólidos (Bio 25).
- 3- Aplicación al suelo de 50 tn ha⁻¹ de Biosólidos (Bio 50).

- 4- 75 kg ha⁻¹ de Nitrógeno incorporados como SolMix (fertilizante líquido con 24% N, y 3,5 % de S, estabilizado a pH 7) (N 75).
- 5- 150 kg ha⁻¹ de Nitrógeno incorporados como SolMix (fertilizante líquido con 24% N, y 3,5 % de S, estabilizado a pH 7) (N 150).

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 m³ 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 12, 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 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 12. 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 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 L h⁻¹. La lámina aplicada fue de 7,3 mm h⁻¹ (Figura 13).

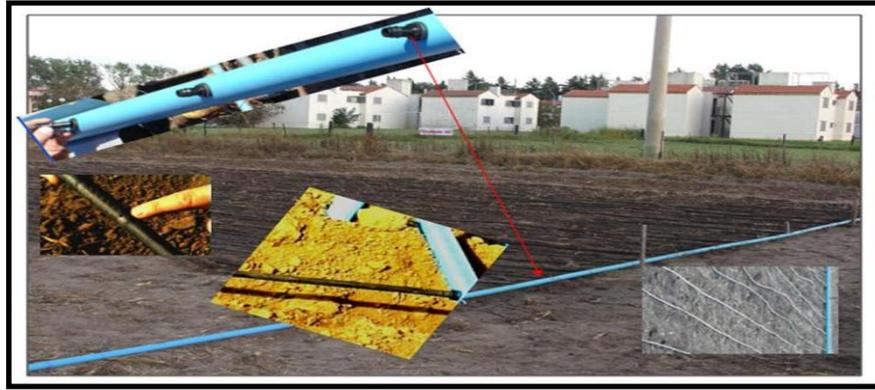


Figura 13. Línea secundaria y laterales de riego por goteo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba

Determinación del contenido hídrico del perfil

Se realizó un seguimiento de la evolución hídrica del perfil de suelo mediante un método indirecto gravimétrico (Figura 14), que consistió en la extracción de muestras de suelo en la cabecera del surco y pie del mismo a tres profundidades: 0-10; 10-20 y 20-30 cm utilizando un barreno. Las muestras se llevaron a estufa durante 48 hs a 105 °C hasta lograr peso constante, posteriormente se pesaron y se determinó el contenido hídrico. Este seguimiento permitió determinar la programación de riego.



Figura 14. Secuencia de operaciones en la toma de muestras de suelo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Eficiencia del uso del agua..

La comprensión de los procesos fisiológicos que determinan los flujos de agua en plantas permite plantear la cuestión de la eficiencia en el uso del agua como un problema de control: gastos (agua) respecto de los ingresos, en primer lugar, hay que tener en cuenta las variaciones de la disponibilidad y de la necesidad de agua. La disponibilidad de agua en el

suelo depende de los ingresos (lluvia, nieve, corrientes subterráneas, riego), la capacidad de almacenamiento del suelo (proporción de elementos gruesos, porosidad del suelo, etc.) y de la densidad y profundidad del sistema radicular de la planta, que determina un volumen de suelo utilizado respecto del total. Así la extensión del sistema radicular es un factor determinante de la disponibilidad real de agua (Medrano *et al*, 2007).

La biomasa producida por unidad de agua consumida expresa la eficiencia con la cual un órgano o un cultivo fija carbono en relación con el agua que pierde y se define como eficiencia de uso del agua (EUA o WUE). La acumulación de biomasa puede expresarse en asimilación de CO₂, biomasa total de la planta o rendimiento, mientras el agua consumida se expresa como transpiración, evapotranspiración o agua que ingresa al sistema (lluvia + riego) (Dardanelli *et al*, 2004).

Para el cálculo de la eficiencia en el uso del agua (WUE), se empleó la ecuación 1, según Hussain y Al-Jaloud (1998).

$$\text{WUE (kg m}^{-3}\text{)} = \frac{\text{Rendimiento (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{Dosis aportada (m}^3\text{ ha}^{-1}\text{)}} \quad \text{Ecuación 1}$$

La precipitación efectiva (Pe) determinada según la Ecuación 2 con ajuste potencial para una serie estadística de 25 años de precipitaciones registrada en condiciones locales.

$$P_e = 1,302 \times P^{0,895} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde P (mm), es la precipitación para valores mayores a 14 mm y la determinación de la Pe (mm), es independiente de la humedad precedente y de la intensidad de la precipitación.

Fertilización nitrogenada

De acuerdo a Portela (2005), para la aplicación de fertilizante químico se tuvo en cuenta la demanda de nitrógeno por parte del cultivo mediante un análisis de la curva de absorción de nitrógeno en el tiempo. En función de ello se realizaron 8 aplicaciones: el 20% de la dosis de N se aplicó previo a la etapa de bulbificación con el objetivo de no inducir un desarrollo excesivo de hojas en detrimento del desarrollo de los bulbos, y el 80% restante durante la etapa de bulbificación (Figura 15).

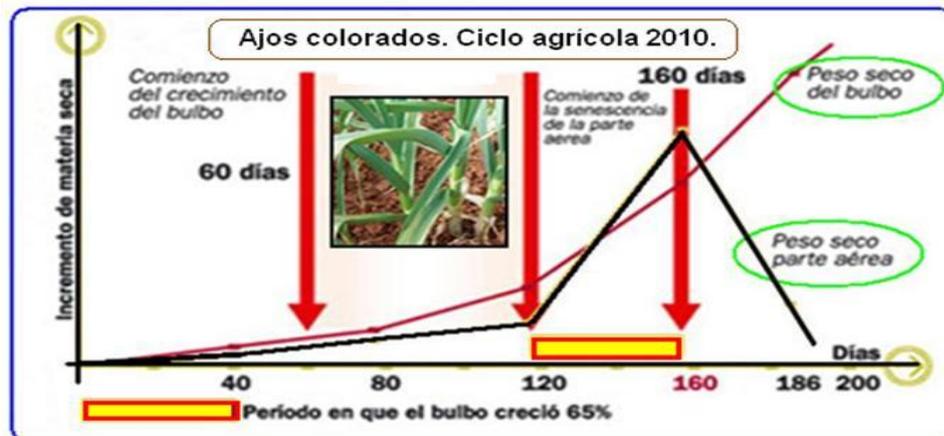


Figura 15. Curvas de absorción de nitrógeno y momentos de fertilización más adecuados según los requerimientos del cultivo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Manejo fitosanitario del cultivo

Para evitar la incidencia de enfermedades foliares, principalmente el ataque de Roya (*Puccinia alli*) que ocasiona importantes pérdidas en el cultivo, se aplicó en forma preventiva Azosistrobina “Amistar” (fungicida sistémico). 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 16).



Figura 16. Labores culturales durante el ciclo del cultivo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Cosecha

La cosecha se realizó en noviembre de 2010, en forma manual sobre los cuatro surcos centrales de tres metros de longitud en cada subparcela utilizando como indicador de madurez, variaciones de color de las hojas y el falso tallo. Se evaluaron los 4 surcos centrales de cada tratamiento, colocando los bulbos para su secado en bolsas aireadas durante 60 días bajo un tinglado para facilitar la circulación de aire. Posteriormente se procedió a su limpieza

para determinar el porcentaje de bulbos normales y con anomalías, calibre, número y peso de bulbillos, y rendimiento total (kg ha^{-1}).

Para el análisis microbiológico se tomaron muestras de 5 bulbos de cada tratamiento, se colocaron en bolsas de nylon identificadas y se llevaron a laboratorio para realizar los análisis bacteriológicos correspondientes.

Para la determinación de *Escherichia coli* se utilizó el método del Caldo Mac Conkey a 35 °C 24-48 hs. Aislamiento en Agar Eosina-Azul de metileno y confirmación por medio de pruebas bioquímicas. Metodología analítica: ICMSF (1983).

Para la determinación de *Salmonella sp.*, se utilizó caldo lactosado a 35°C, Caldo Tetraciónato y Caldo Selenito-Cistina a 35°C; observación de colonias y sospechosas en Agares Selectivos y Diferenciales, pruebas bioquímicas y serológicas confirmatorias. Metodología analítica: ICMSF (1983).

Los datos fueron analizados estadísticamente con el programa Infostat, aplicando análisis de varianza del modelo factorial, y comparación de medias con el test de Fisher ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Características del agua residual

La calidad físico-química del agua residual se muestra en la Tabla 6 (Crespi, 2012).

Tabla 6. Calidad del agua residual. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. Argentina.

Determinaciones químicas	Unidades	Valor
Sólidos sedimentables (10 min)	mlL ⁻¹	0.50
Sólidos sedimentables (120 min)	mlL ⁻¹	0.80
Sólidos totales	mgL ⁻¹	842.00
Sólidos totales fijos	mgL ⁻¹	298.00
Sólidos totales volátiles	mgL ⁻¹	544.00
Sólidos disueltos totales	mgL ⁻¹	590.00
Sólidos disueltos fijos	mgL ⁻¹	380.00
Sólidos disueltos volátiles	mgL ⁻¹	210.00
Sólidos suspendidos totales	mgL ⁻¹	252.00
pH		7.82
Conductividad eléctrica	dSm ⁻¹	1.13
Turbiedad	FAU	263.50
Alcalinidad total	mgL ⁻¹	350.00
Nitrógeno total	mgL ⁻¹	108.50
Fósforo total	mgL ⁻¹	8.10
Potasio	mgL ⁻¹	16.00
Sodio	mgL ⁻¹	158.00
Magnesio	mgL ⁻¹	11.60
Calcio	mgL ⁻¹	50.00
Sulfatos	mgL ⁻¹	14.50
Demanda Biológica de Oxígeno	mgL ⁻¹	112.57
Demanda Química de Oxígeno	mgL ⁻¹	265.00

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. En la Figura 17, 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.

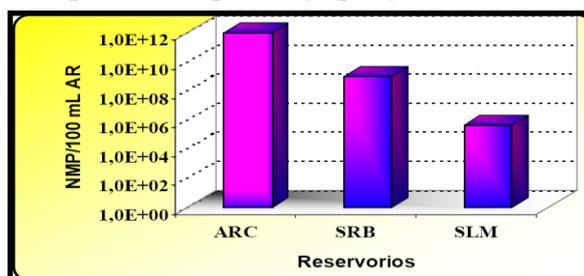


Figura 17. Reducción de coliformes totales durante el tratamiento del agua residual. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Los resultados del agua residual tratada (ART) analizada, muestran que los porcentajes de remoción de nutrientes se encuentran dentro de los límites normales, 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 (DBO₅) indicó un porcentaje de remoción del 60%.(Figura 18).

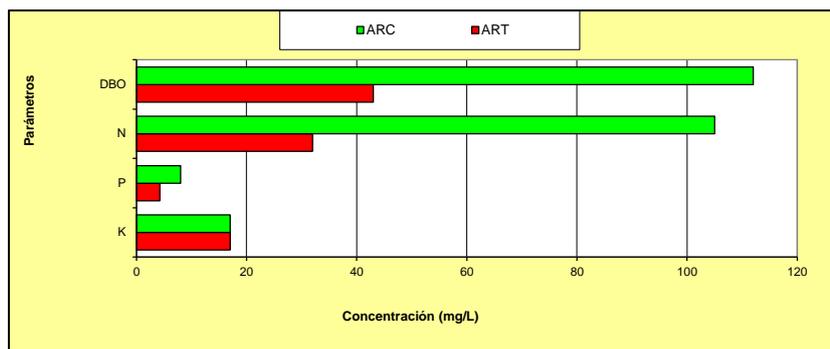


Figura 18. Remoción de nutrientes luego del tratamiento del agua residual. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

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 éste 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.

En el Figura 19, se observa los distintos aportes de agua durante el ciclo del cultivo.

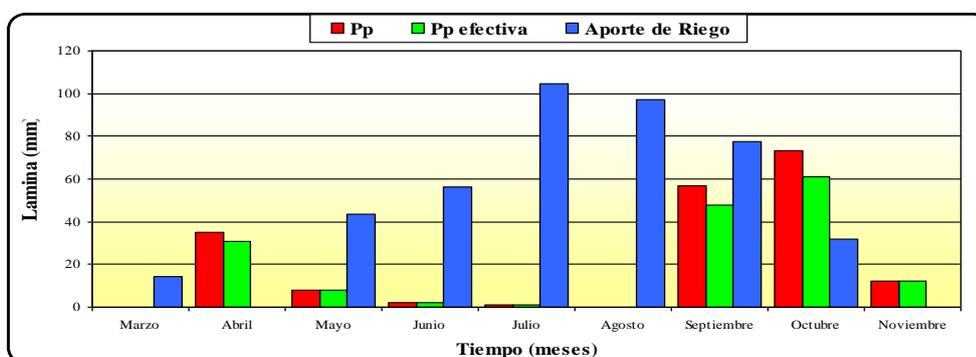


Figura 19. Aportes de agua durante el ciclo del cultivo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

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.

Evolución hídrica del agua en el del suelo

La disponibilidad de humedad en el suelo es uno de los principales factores limitantes del crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo. Debido a que el agua es un bien escaso y limitado, es prioritario establecer medidas de optimización de este recurso para conseguir rendimientos agronómicos viables con el menor consumo de agua posible.

La mejora de la aplicación del riego requiere de un conocimiento detallado de la dinámica del agua en el suelo, lo que puede conseguirse con el seguimiento de la humedad del perfil.

El conocimiento de la dinámica de la humedad en el perfil de suelo permite establecer una adecuada programación de riego, aplicando una lámina apropiada y no dejando descender el contenido de humedad del suelo por debajo de un valor preestablecido que afecte el crecimiento del cultivo.

Para determinar el momento óptimo de riego y su magnitud, se estableció un valor crítico de humedad de 16,22 %, denominado punto de marchitez incipiente (W_i) o Umbral de Riego (UR), esto equivale aproximadamente al 20 % desde el punto de vista de consumo.

En la Figura 20, se puede observar la evolución hídrica del perfil del suelo con los valores de humedad que se registraron a lo largo del ciclo, teniendo en cuenta las constantes

hídricas del suelo: capacidad de campo (W_c) y punto de marchites permanente (W_m). Se indican los 29 riegos mediante flechas de trazo continuo, ubicadas en la parte superior de la línea que indica la evolución de la humedad en el tiempo, realizándose el primer riego al momento de plantación y el último 30 días antes de cosecha. El momento de la contribución de agua mediante las precipitaciones se indican mediante flechas en zig-zag y su correspondiente valor (mm).

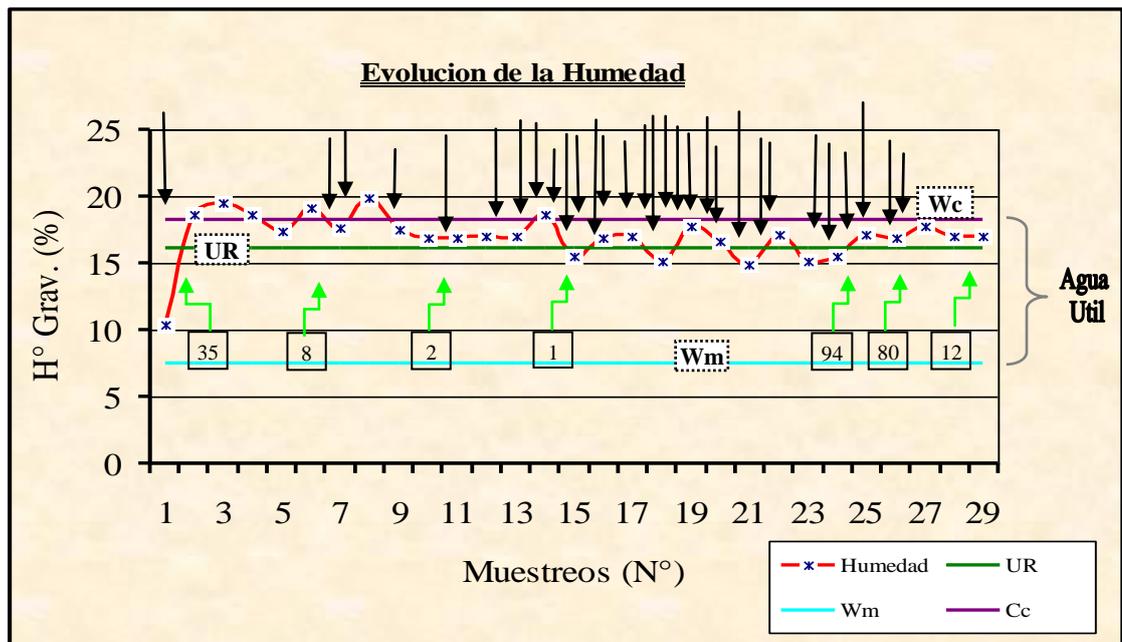


Figura 20. Evolución del contenido de humedad del suelo y momentos de riego. Planta Piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Analizando el comportamiento de las variables presentadas en la Figura 20, se puede decir que mediante la aplicación de riegos de alta frecuencia como es el riego por goteo, bien manejado, se logró que el cultivo de ajo disponga de un nivel de humedad apropiado a lo largo de todo su ciclo, manteniéndose valores muy cercanos al umbral de riego, esto indica que el cultivo tuvo un crecimiento y desarrollo en condiciones hídricas no limitantes, pudiendo expresar al máximo su potencial genético y así obtener altos rendimientos por hectárea.

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 40 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 estadísticas 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 N 75, N 150 y testigo no se diferenciaron estadísticamente entre sí, ni tampoco con los tratamientos de biosólidos.

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 7, se indican los distintos tratamientos con sus valores en porcentaje de bulbos normales y bulbos anormales.

Tabla 7. Porcentaje de bulbos normales y con anomalías, según los distintos tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Tratamiento	Normales (%)	Anormales (%)
Testigo	88,48 ab	11,55 ab
N 75	89,40 ab	10,06 ab
N 150	92,95 ab	7,05 ab
Bio 25	85,23 a	14,78 a
Bio 50	95,23 b	4,78 b

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 8), 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 biosólido.

Tabla 8. Calibre y peso de bulbos normales. Planta Piloto. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Tratamiento	Calibre Bulbos Normales (mm)	Peso ind. de bulbos Normales
		(g)
Testigo	5,82 a	59,63 a
N 75	5,74 a	63,12 a
N 150	5,81 a	65,13 a
Bio 25	6,04 b	63,22 a
Bio 50	5,72 a	63,90 a

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

- **Rendimiento**

Los requerimientos nutritivos del cultivo de ajo son importantes pero no están bien claros y definidos. Si bien se mostró en la Figura 15, el ritmo de acumulación de materia seca que puede asociarse con la demanda de nutrientes, la cual se manifiesta con mayor intensidad y significancia entre los 60 días y los 160 días desde brotación; este rango es una importante guía a los fines de hacer las aplicaciones.

El nitrógeno es el elemento nutricional más importante en ajo, ya que participa de forma activa en numerosos procesos metabólicos, su contenido está directamente relacionado con la síntesis de proteínas (Romojaro *et al.* 2007). En principio, se podrían aplicar dosis mayores a 200 kg ha⁻¹ de N, con lo que se tendría asegurado una alta producción, pero N al ser muy móvil podría lixiviarse pasando a capas inferiores del suelo y se podría afectar al ambiente ante posible contaminación de la napa freática por percolación profunda.

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 136 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 17 kg ha⁻¹ de fósforo y 6,8 kg ha⁻¹ de potasio; con estas aplicaciones 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; favoreciendo una mayor movilidad de nutrientes desde el suelo hacia la planta (flujo masal).

Adicionalmente a este aporte, debe contabilizarse la incorporación de otra práctica que significa la aplicación de biosólidos, como una importante tecnología para la provisión de nutrientes al suelo, mejorando no solo la condición química sino también física al incrementar la velocidad de infiltración y el contenido de materia orgánica; se ha registrado en este caso, una entrega de nutrientes de 54 kg ha⁻¹ N y 37 kg ha⁻¹ P para Bio 50, y 27 kg ha⁻¹ N y 18,5 kg ha⁻¹ P para Bio 25.

Los mayores rendimientos (kg ha⁻¹) se lograron con los tratamientos que tuvieron mayor disponibilidad de nutrientes, especialmente de nitrógeno, como es Bio 50 y N 150, mostrando diferencias estadísticas con respecto al testigo. Los tratamientos Bio 25 y N 75 tuvieron un rendimiento intermedio entre el testigo, Bio 50 y N 150, no presentando diferencias estadísticas entre ellos.

En la Figura 21, se presentan los resultados experimentales del efecto de los tratamientos de fertilizante químico (N 75 y N 150), biosólidos (Bio 25 y Bio 50) y testigo sobre el rendimiento.

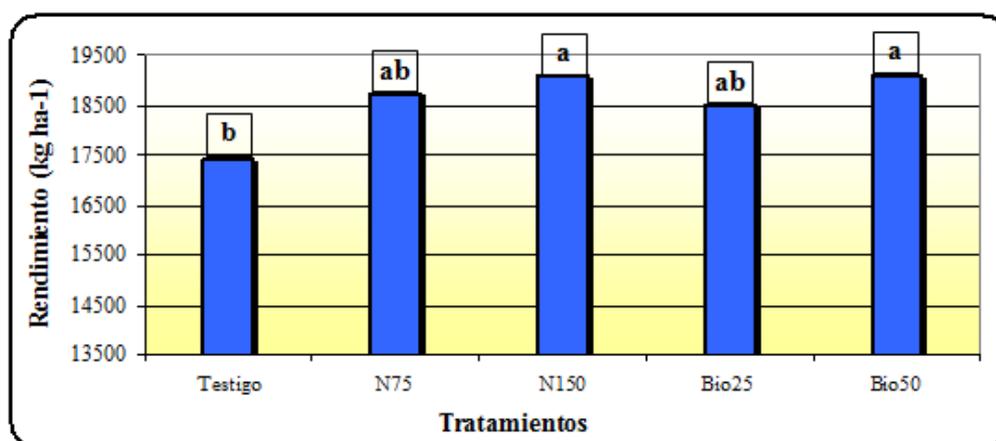


Figura 21. Rendimiento del cultivo del ajo (kg ha⁻¹) según los diferentes tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Los resultados obtenidos en esta experiencia, son superiores a los encontrados por Grosso *et al*, (2010) que obtuvo rendimientos de 16000 kg ha⁻¹, 15700 kg ha⁻¹, 15800 kg ha⁻¹, 14500 kg ha⁻¹ y 16700 kg ha⁻¹ para los tratamientos: Testigo, N 150, N 300, Bio 5,5 t y Bio 11 t respectivamente; si bien se trabajó con menor dosis de fertilizante nitrogenado, el

aporte de agua que efectivamente recibió el cultivo de ajo fue superior en 68 mm, resaltando la importancia que tienen riegos frecuentes y oportunos en este cultivo.

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, entre otras cosas, a la incorporación de nuevas tecnologías (riego con efluente y aplicación de biosólido) y un manejo agronómico preciso y adecuado (Pereyra, 2011).

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 optima para maximizar el rendimiento de ajo, mediante una ecuación de regresión se estimó una dosis entre los 180 y 200 kg N ha⁻¹. Resultados similares fueron encontrados por Huez López *et al.* (2009) que evaluó la respuesta de ajo a varios niveles de fertilización nitrogenada y concluyo en una dosis optima de 180 kg N ha⁻¹. Esta información es interesante para contrastarla con los máximos rendimientos obtenidos, ya que en el tratamiento de Bio 50 se logró un rendimiento de 19086 kg ha⁻¹, con un aporte total de 190 kg N ha⁻¹ (54 y 136 kg aportados por el biosólidos y agua residual, respectivamente), mientras que en el tratamiento de N 150 se logró aumentar levemente el rendimiento, a 19155 kg ha⁻¹, con un aporte total de 286 kg N ha⁻¹ (150 y 136 kg aportados por el fertilizante químico y el agua residual, respectivamente), esto pone en evidencia que dosis mayores como las aplicadas en el tratamiento N150, no reportan mayores beneficios pues la diferencia no es significativa y evidentemente el costo de producción resulta mayor.

Eficiencia en el uso del agua

La eficiencia en el uso del agua (EUA) puede entenderse como el volumen de agua que el cultivo necesita consumir para incorporar a su biomasa una determinada cantidad de carbono proveniente de la atmósfera (Medrano *et al*, 2007)

Considerando como EUA los kilogramos de producto final (bulbos) por metro cúbico de agua recibida efectivamente por el cultivo, la mayor eficiencia se logró con los tratamientos N 150 y Bio 50, que se diferenciaron estadísticamente del testigo, mientras que el resto de los tratamientos (N 75 y Bio 25) mostraron un comportamiento intermedio, no manifestando diferencias estadísticas significativa.

En la Tabla 9, se muestran los valores de EUA obtenidos para los diferentes tratamientos

Tabla 9. Eficiencia en el uso del agua para los diferentes tratamientos. UNRC. Córdoba.

Tratamientos	Rendimiento Kg ha ⁻¹	Dosis de agua por ha.		EUA
		mm	m ³	Kg m ⁻³
Testigo	17441	660	6600	2,65 a
N 75	18750	660	6600	2,84 ab
N 150	19155	660	6600	2,91 b
Bio 25	18487	660	6600	2,80 ab
Bio 50	19086	660	6600	2,89 b

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

Los resultados concuerdan con los reportados por Grosso *et al* (2010) donde obtuvo eficiencia de 2,70 kg m³, 2,65 kg m³, 2,67 kg m³, 2,45 kg m³, 2,82 kg m³ para los tratamientos testigo, N 150, N 300, Bio 5,5 y Bio 11 respectivamente.

Lipinski *et al*. (2008) durante dos años consecutivos (2006-2007), entre otras cosas evaluaron la eficiencia de uso del agua en el cultivo de ajo, para una densidad de 29,27 pl m², obteniendo valores de 1,98 y 1,51 Kg m⁻³, con una lamina de riego total de 893 mm y 880 mm respectivamente. Lipinski (2010), con el objetivo de lograr la mayor eficiencia de uso del agua, aplicando distintas láminas de riego obtuvo la máxima eficiencia de 3,12 Kg m³

Aspecto sanitario

Inmediatamente después de la cosecha (25/11/2010), se realizó en el laboratorio de Análisis Microbiológico de Alimentos de la UNRC, los análisis químicos para determinar la presencia de agentes patógenos en los bulbos de ajo.

Se evaluaron los tratamientos ensayados y se comprobó que en todos se registró ausencia de *E. coli* y *Salmonella sp.*, demostrando la seguridad que este producto ofrece, bajo las técnicas de manejo del cultivo aquí desarrolladas.

CONCLUSIONES

1. Producto del método de tratamiento secundario de aguas residual se obtuvo una importante reducción de nutrientes, eliminación de contaminantes y reducción de patógenos lo que convierte a este procedimiento en una técnica aceptable y ambientalmente sustentable.
2. La carga de nutrientes que significó la aplicación de biosólidos adicionado al aporte del agua residual para riego; permitió demostrar un avance tecnológico interesante como es la sustitución de fertilizantes de origen sintéticos por ecofertilizantes, sin afectarse significativamente los rendimientos.
3. El cultivo de ajo bajo este manejo tecnológico, no vio perjudicada su calidad comercial.
4. Los análisis microbiológicos realizados en las hojas catáfilas de los bulbos de ajo, indicaron que en ningún tratamiento hubo desarrollo de agentes patógenos, alcanzando la condición de “aceptable” desde el punto de vista bacteriológico para consumo humano en crudo.
5. Al analizar la variante de rendimiento del cultivo de ajo, los valores superiores se lograron con los tratamientos de Bio 50 y N 150 con valores semejantes entre ellos y con respecto a los otros tratamientos se logró un una respuesta similar entre Bio 25 y N 75 y por último el rendimiento más bajo fue lo obtuvo el testigo.

BIBLIOGRAFÍA

- BLUMENTHAL, U.; A. PEASEY; G. RUIZ PALACIOS y D. MARA. 2000. Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions base don new research evidence. Rev. Task. N° 68. Part 1. UK. Pp.66
- 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. 1997. 50 temas sobre producción de ajo. Ingeniería de cultivo. Vol. N° 3. E.E.A. La Consulta, Mendoza, Argentina. Pp 112- 119.
- BURBA, J. L. 2005. INFORAJO 2. Ediciones INTA, E.E.A. La Consulta, Mendoza, Argentina.
- CALDERA, Y. A.; E. C. GUTIÉRREZ; E. E. BLANCO.; M. M. TORRES y E. E. GUTIÉRREZ. 2007. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de lodo residual como acondicionador de suelo durante el crecimiento de un cultivo de Cebollín (*Allium fistulosum* L.). Ciencia. Vol.15, N° 3. Maracaibo, Venezuela. Pp. 371-379.
- CANTERO GUTIERREZ, A.; E. M. BRICCHI; V. H. BECERRA; J. M. CISNERO y H. A. GIL. 1986. Zonificación y descripción de las tierras del departamento de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Pp 78.
- CORTES CADIZ, E. C. 2003. Fundamentos de ingeniería para el tratamiento de biosólidos generados por la depuración de aguas servidas de la región metropolitana. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Físicas y Matemática. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. Pp 99.
- CRESPI, R. 2005. Reutilización de aguas residuales en la producción agrícola. Rev. Hydria, Año I. N° 3. Buenos Aires, 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, Argentina. Pp. 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. CONAGUA 2007. Trabajo presentado y aprobado para su exposición en Tucumán. Argentina.
- CRESPI, R.; CAMACHO, E y POLO M. J. 2009. Riego superficial con aguas residual tratadas. Fundación para el fomento de la ingeniería del agua. Vol. 16. N° 2. Argentina. Pag. 145-156
- CRESPI, R.; M. PUGLIESE; L. GROSSO; E. GROPELLI; C. MIGAN; D. RAMOS; F. SALUSSO y A. CHANADAY. 2010. Evaluación de la potencialidad de la producción de biogás y uso de biosólido. 17° Congreso argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. Buenos Aires, Argentina. Pp 1 - 14
- CRESPI, R.; M. PUGLIESE; L. GROSSO; D. RAMOS; F. SALUSSO; E. SOLER; A. SOLTERMAN; A. SANCHEZ; F. RAINERO; D. SILVA y A. TESTA. 2012. Generación de biogás y disposición de biosólido. 18° Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. Buenos Aires, Argentina. Pp 1 – 18.
- CRESPI, R. 2012. Riego Subterráneo con Aguas Residuales Tratadas. Cultivos oleaginosos. 1° Ed. EAE.. Alemania. Pp 198.
- DARDANELLI, J.; D. COLLINO; M. E. OTEGUI y V. O. SADRAS. 2004. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivo de grano. En: Producción de Granos. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. Pp 377 - 406.
- ESTELLER, M. V. 2002. Vulnerabilidad de los acuíferos frente al uso de aguas residuales y lodos en la agricultura. Revista Latino-americana de Hidrogeología. N° 2. Toluca, México. Pp 103 - 113.
- FASCIOLO, G. E.; E. GABRIEL; F. TOSI y M. I. MECA. 2002. Rendimiento de los cultivos de ajo y cebolla regados con efluentes domésticos tratados. XIX Congreso Nacional del Agua. Córdoba. Argentina.
- FASCIOLO, G.; M. I. MECA; E. CALDERON y M. REBOLLO. 2005. Contaminación microbiológica en ajos y suelos regados con efluentes domésticos tratados. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo, tomo XXXVI. N° 1. Mendoza, Argentina. Pp 31 - 40.

- GAVIOLA, S; M. F. FILIPPINI, y V. M. LIPINSKI. 1991. Ritmo de crecimiento y absorción de nutrimentos en ajo (*Allium sativum* L.). I y II Curso Taller Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. 24 al 29 Junio 1991. INTA, Centro Regional Cuyo, Mendoza, Argentina. Pp. 105-112.
- GAVIOLA, S. y V. M. LIPINSKI. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y el color de cultivares de ajo (*Allium sativum* L.) colorado. Rev. Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 35. Nº 1. Pp 67 - 75.
- GONZALEZ GONZALEZ, M. I. y S. CHIROLES RUBALCABA. 2011. Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. Rev. Cubana Salud Pública, vol.37, Nº1. Ciudad de la Habana, Cuba.
- GROSSO, L.; A. RICOTTO; D. RAMOS; A. THUAR; M. L. GIACHERO; CRESPI R. 2004. Efectos del riego con efluente urbanos tratados e inoculados con *Azospirillum brasilense* en ajo (*Allium sativum* L). XXVII Congreso Argentino de Horticultura; VI Reunión Científica de la Cebolla del Mercosur; I Jornadas de Productos Frutihortícolas para una Alimentación Saludable, Villa de Merlo. Universidad Nacional de San Luis. Pp 51-51.
- GROSSO, L.; D. RAMOS; V. BRIZUELA; M. RODRÍGUEZ; L. PENA y R. CRESPI. 2005. Cultivares de ajo (*Allium sativum* L.) regados con efluentes urbanos tratados. Rev. Asociación Argentina de Horticultura. Vol. 24. Nº 56/57. General Roca, Río Negro. Pp 114.
- GROSSO, L.; J. MÁZ; D. RAMOS; R. CRESPI. 2007. Riego con efluentes tratados y fertilización nitrogenada en cultivo de ajo blanco. XXX Congreso Argentino de Horticultura. 1º Simposio Internacional sobre Cultivos Protegidos. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- GROSSO, L, CRESPI, R., RAMOS D, F. SALUSSO. 2010, Uso de efluentes urbanos tratados y biosólidos en la producción de ajo. Libro de resúmenes. HTC007. Pag. 454. Rosario. Argentina.
- HUEZ LÓPEZ, M. A.; F. A. PRECIADO; J. LÓPEZ-ELÍAS; A. ÁLVAREZ; J. JIMÉNEZ y P. VALENZUELA. 2009. Productividad de ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo, México. Rev. Biotecnología, Vol. 11, Nº 2. México. Pp. 3 - 12.

- HUSSAIN, G. y A. A. AL-JALOUD. 1998. Effect of irrigation and nitrogen on yield, yield components and water use efficiency of barley in Saudi Arabia. *Journal of Env. Qual.* N° 31. Pp 1802 - 1809.
- I.F-H. 2001. Informe Fruti-hortícola. Tecnologías para el desarrollo sustentable de la ciudad. Boletín N° 1. Diciembre.
- LAVADO, R. y M. TABOADA. 2002. Manual de procedimientos para la aplicación de biosólidos en el campo. Convenio Aguas Argentina S.A. - Facultad de Agronomía, UBA. Buenos Aires, Argentina Pp 54.
- LIPINSKI, V. M. y S. GAVIOLA. 1999. Fuentes y dosis de nitrógeno en fertirrigación de ajo cv. Fuego INTA. *Rev. Horticultura Argentina* N° 18. Pp 28 - 32.
- LIPINSKI, V. M. y GAVIOLA S. 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: 15/02/2012.
- 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: 15/02/2012.
- MEDRANO, H.; J. BOTA; J. CIFRE; J. FLEXAS; M. RIBAS CARBÓL y J. GULÍAAS. 2007. Eficiencia en el uso del agua por las plantas. *Rev. Investigaciones geográficas.* N°43 Universidad de Alicante, España. Pp 63 – 84. En: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/176/17604304.pdf>. Consultado: 15/03/2012.
- VALDÉS MÉNDEZ, W.; RODRIGUEZ PEREZ S. y CARDENAS J.R. 1999. Utilización de lodos obtenidos de la digestión anaeróbica de la cachalaza como bioabono para el cultivo de ajo porro (*ALLIUM PORRUM* L.) *Rev. Interciencia.* Vol. 24, N° 4. Pag 264-267.
- MERLI, G. F. y N. O. RICCIUTI. 2009. Microbiología de las aguas residuales. Aplicación de Biosólido en el suelo. Seminario de procesos fundamentales físico-químicos y Microbiológicos. Especialización y Maestría en Medio Ambiente. EdUTecNe. Bahía Blanca, Argentina. Pp 1 – 24.

- MIGANI, C y R. CRESPI. 2010. Reutilización de efluentes urbanos: la transformación de un problema en un recurso. XVII Jornada de intercambio de conocimientos científicos y técnicos. FCE. UNRC. Pp 21.
- POSTASCHNER, P. 2010. Informe de coyuntura de ajo de la provincia de Mendoza. Periodo agrícola 2010-2011. Instituto de Desarrollo Rural. Mendoza, Argentina. Pp 1 – 17.
- PEREYRA, M. 2011. Informe de coyuntura de ajo de la provincia de Mendoza. Periodo agrícola 2011-2012. Instituto de Desarrollo Rural. Mendoza, Argentina. Pp 1 – 19.
- PESINOVA, V. 2008. Reciclado y Tratamiento de Residuos. Gaceta Ide@s CONCYTEG Año 3. N° 32, En:
http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto/formularios/ideasConcyteg/Archivos/32032008_II_RECICLADO_TRATAMIENTO_RESIDUOS.pdf. Consultado: 23/02/2012.
- PORTELA J. A. 2005. Escala ecofisiológica para ajo blanco y violeta: Una herramienta fundamental para la toma de decisiones en el cultivo. 9°. Curso Taller sobre Producción, comercialización e industrialización de ajo. INTA. E.E.A. La Consulta. Mendoza, Argentina. Pp 95 – 100.
- QUIPUZCO USHÑAHUA, L. E. 2004. Valoración de las aguas residuales en Israel como recurso agrícola: Consideraciones a tomar en cuenta para la gestión del agua en el Perú. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG. Vol. 7, N° 13. Lima, Perú. Pp. 64 - 72.
- ROMOJARO, F., M. C. MARTÍNEZ 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. Consultado: 22/02/2012.
- SÁENZ FORERO, R. 2006. Introducción y uso de aguas residuales tratadas en agricultura y acuicultura: Riego y Salud. En:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep53/rys/rys.html>. Consultado: 21/ 03/ 2012
- SÁENZ FORERO, 1996. III Curso "Laguna de estabilización" Teoría, Diseño, Construcción, Operación, Evaluación y Mantenimiento. En:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/006650/06650-01.pdf>. Consultado: 29/03/2012

- SILVA, J.; P. TORRES y C. MADERA. 2008. Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. Rev. Agronomía Colombiana, Vol. 26, N° 2. Colombia. Pp. 347 - 359.
- UTRIA, E.; I. M. REYNALDO; J. A. CABRERA; D. MORALES y S. GOFFE. 2008. Los biosólidos de aguas residuales urbanas aplicados con diferentes frecuencias en las propiedades químicas y microbiológicas del suelo, el rendimiento y la calidad de los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill). Rev. Cultivos Tropicales. Vol. 29. N° 4. Cuba. Pp 5 - 11.
- VALDÉS MÉNDEZ W.; S. RODRÍGUEZ PÉREZ y J. R. CÁRDENAS. 1999. Utilización del lodo obtenido de la digestión anaeróbica de la cachaza como bioabono para el cultivo del ajo porro (*Allium porrum* L.). Rev. INTERCINCIA. Vol. 24. N° 4. Cuba. Pp 264 – 267.
- VÉLIZ LORENZO, E.; L. OCAÑA; J. GUADALUPE; L. ASELA FERNANDEZ y M. BATALLER VENTA. 2009. Reuso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Rev. CENIC Ciencias Biológicas. Vol 40. N° 1. Cuba. Pp. 35 - 44.