



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar por el Grado de Ingeniero Agrónomo”

**PRODUCCIÓN DE AJO REGADO CON EFLUENTES URBANOS Y
EFECTOS DE COBERTURAS DE SUELO CON RESIDUOS
VEGETALES.**

Marco A. Sambataro.

DNI: 33.659.518

Director: Ing. Agr. MSc. Grosso, Liliana E.

Co - Director: Ing. Agr. Salusso, Fabricio A.

Río Cuarto - Córdoba

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: **“Producción de ajo regado con efluentes urbanos y efectos de coberturas de suelo con residuos vegetales”**

Autor: Marco A. Sambataro. DNI: 33.659.518

Director: Ing. Agr. MSc. Grosso, Liliana E.

Co - Director: Ing. Agr. Salusso, Fabricio A.

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

Dr. Ing. Raúl Crespi _____

Ing. Agr. Diego Ramos _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico _____

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mi familia:

A mis padres Carlos y Viviana por el apoyo brindado a lo largo de estos años, por acompañarme en todo momento, por escucharme y aconsejarme guiándome en cada toma de decisiones, por el esfuerzo que realizaron a lo largo de este trayecto para que yo pudiera alcanzar mi objetivo: realizar una carrera universitaria.

A mis hermanos Esteban, Franco y Bruno por acompañarme en los momentos difíciles y sacarme una sonrisa siempre y por crear tantos buenos ratos y anécdotas a lo largo de éstos años.

A mis sobrinos Santino y Valentino por llegar en el momento justo e iluminarme el camino dándome un motivo más de alegría.

A mi novia Andrea pilar fundamental en el cual pude apoyarme en cada caída y que me ayudó en cada levantada haciendo todo más ameno.

AGRADECIMENTOS

Quiero agradecer a los profesores Liliana, Diego y Fabricio por permitirme realizar la presente tesis en la cátedra de horticultura, por los aportes y predisposición de parte de ellos, por las conversaciones, los mates y por el gran esfuerzo que realizaron para proveerme los materiales necesarios.

Hago extensivos los agradecimientos a mis amigos Matías Masson y Gabriel Martínez por la ayuda brindada en cada instancia en que la necesité y por el apoyo para hacer de éste un trabajo mucho más fácil.

También agradezco a todos y cada uno de los amigos que pude cosechar a lo largo de ésta carrera.

ÍNDICE GENERAL

Índice general.....	V
Índices de gráficos	VII
Índice de tablas	VIII
Índices de figuras.....	IX
Resumen.....	X
Summary	XI
Introducción.....	1
Hipótesis.....	7
Objetivos.....	7
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos.....	7
Materiales y métodos.....	8
Características ambientales.....	8
Planta de tratamiento de efluentes urbanos.....	8
Pretratamiento.....	9
Tratamiento del agua residual.....	9
Características del ensayo.....	11
Sistema de riego por goteo.....	12
Temperatura de suelo.....	13
Manejo sanitario del cultivo.....	13

Cobertura de malezas.....	14
Cosecha.....	14
Análisis microbiológicos.....	14
Eficiencia del uso del agua.....	15
Resultados y discusión.....	16
Efecto de la cobertura sobre la temperatura de suelo.....	16
Efecto de la cobertura sobre las malezas en el cultivo.....	17
Balance hídrico.....	17
Evolución del agua del suelo.....	19
Cultivo de ajo.....	20
Bulbos normales y con anormalidades.....	20
Calibre y peso individual de bulbos normales.....	20
Rendimiento.....	21
Calidad sanitaria.....	22
Eficiencia del uso del agua.....	23
Conclusiones.....	24
Bibliografía.....	25

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2. Temperatura de suelo a los 5 cm. de profundidad.....	16
Gráfico 3. Temperatura de suelo a los 10 cm. de profundidad.....	17
Gráfico 3. Dosis de agua que recibió el cultivo durante el ciclo.....	18
Gráfico 4. Evolución del contenido de humedad del suelo, momentos de riego y precipitaciones.....	19.
Gráfico 5. Rendimiento individual promedio en t.ha ⁻¹ de los bulbos de ajo bajo dos coberturas distintas y un testigo.....	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Determinaciones analíticas del efluente domiciliario.....	9
Tabla 2. Cobertura del suelo con malezas en % en los diferentes tratamientos.....	17
Tabla 3. Aporte de macronutrientes por parte del Efluente urbano tratado.....	18
Tabla 4. Porcentaje de bulbos normales y con anomalías según los distintos tratamientos.....	20
Tabla 5. Diámetro (cm) y peso (g) individual de los bulbos de ajo.....	21
Tabla 6. Rendimiento individual promedio en t.ha ⁻¹ de los bulbos de ajo.....	21
Tabla 7. Eficiencia en el uso del agua en el cultivo de ajo bajo dos coberturas y un testigo.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Conducción de los efluentes y pretratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	9
Figura 2. Efluente crudo y tanque sedimentador de lodos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	10
Figura 3. 1º y 2º laguna con macrófitas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	10
Figura 4. Desinfección de los bulbillos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	11
Figura 5. Plantación del ajo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	11
Figura 6. Testigo, Cob. moha y Cob. maní respectivamente. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	12
Figura 7. Equipo de bombeo y cabezal de riego. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	12
Figura 8. Línea secundaria y laterales de riego por goteo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	13
Figura 9. Lectura de temperatura de suelo mediante geotermómetro. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	13
Figura 10. Cosecha manual y embolsado de los bulbos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	14

RESUMEN

En las últimas décadas, las tierras agrícolas bajo regadío han aumentado considerablemente, el tratamiento de efluentes urbanos y su reutilización en la agricultura constituyen una alternativa viable como fuente de agua para riego y aporte de nutrientes a los cultivos. Por otro lado, el uso de coberturas vegetales reduce pérdidas de humedad del suelo, crecimiento de malezas, mejora la infiltración, atenúa variaciones de temperaturas, entre otros beneficios. Para evaluar el rendimiento y la calidad sanitaria de un cultivo de ajo, se plantaron ajos "blancos" cultivar Unión, a una densidad de 30,3 plantas.m², en un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: cobertura del suelo con paja de moha (Cob moha) a razón de 1 Kg.m² y cáscara de maní (Cob maní) a razón de 2 Kg.m², más un testigo (T). Todos los tratamientos se regaron por goteo con efluentes urbanos tratados, aplicando una lámina de 306 mm. Las precipitaciones efectivas aportaron 204 mm. El agua residual aportó 36 kg.ha⁻¹ de N, 5 kg.ha⁻¹ de P y 49 kg.ha⁻¹ de K. Los rendimientos del cultivo de ajo fueron: Cob maní: 13.975 (a) kg.ha⁻¹; Cob moha: 13.038 (a) kg.ha⁻¹ y T: 8.383 (b) kg.ha⁻¹. Estas diferencias fueron significativas al nivel de 5% (LSD Fisher). Los análisis bacteriológicos de los bulbos confirmaron ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.* El aporte de nutrientes del efluente y la cobertura del suelo lograron mejorar los rendimientos en el cultivo de ajo.

SUMMARY

In the last decades, farmlands under irrigation have grown considerably, the treatment of urban effluents and their reuse in farming make a viable alternative as an irrigation fount and nutrients contributing to crops. On the other hand, using vegetal covers, reduces lost of damp from soil, weed growing, improves infiltration, attenuates temperatura variations, and other beneficts. To evaluate the results and health cuality from a garlic grow, “White” garlics were planted (grow Union), with 30,3 plants.m² of thithickness, in a design of complete experimental blocks at random, with three treatments and four repetitions. The treatments were: covering soil with moha straw (cob moha) to a reason of 1 Kg.m² and peanut Shell (cob peanut) to a reason of 2Kg.m², and a witness (T). Every treatment were irrigated for drip with treated urban effluents, applying a 306mm sheet. The effective precipitations contributed 204 mm. Waste water contributed 36 Kg.ha⁻¹ of nitrogen, 5 Kg.ha⁻¹ of phosphorus and 49 Kg.ha⁻¹ of potasium. The preformances from garlic crop were: Cob peanut: 13.975 (a) Kg.ha⁻¹; Cob moha: 13.038 (a) Kg.ha⁻¹ and T: 8.383 (b) Kg.ha⁻¹. This diferences were significatives to 5% level (LSD Fisher). The bacteriological tests from bulbs confirmed the absence of *Escherichia coli* and *Salmonella sp.* The effluent contribution of nutrients and coverage of soil were able to improve the performances in garlic growing.

INTRODUCCIÓN

El ajo (*Allium sativum* L.), procedente del centro y sur de Asia desde donde se propagó al área mediterránea y de ahí al resto del mundo, se cultiva desde hace miles de años. Unos 3.000 años a. C., ya se consumía en la India y en Egipto. (Burba, 2013; Abcagro, 2012). Los españoles introdujeron el ajo en el continente americano, primero a Cuba y desde allí al resto de las colonias (Espina Pozo, 2003).

El cultivo del ajo se conoce en todo el mundo desde tiempos inmemoriales. Sus propiedades terapéuticas han sido conocidas y valoradas desde hace más de 3.000 años. Ya en la Edad Media se utilizaba para combatir enfermedades de tipo bacteriano. Hoy existen numerosas especialidades culinarias a base de ajo o en las que el ajo es un condimento indispensable. Forma parte de numerosas especialidades farmacéuticas. Se ha demostrado científicamente que es eficaz como antibiótico y en el control de enfermedades tales como la arteriosclerosis, el reuma y la hipertensión (Mansilla Sousa, 2004).

Pertenece a la familia *Liliáceas* es una planta bulbosa, vivaz y rústica, de poca altura (20 a 40 cm.) que posee un tallo floral provisto de hojas hasta su mitad, en cuya parte superior se encuentra la inflorescencia. Muchas variedades ni siquiera llegan a emitir el escapo floral; aunque si una hoja hueca al final. Las flores raramente son fértiles. La parte subterránea de la planta es el bulbo conocido como "cabeza", compuesta de 6 a 12 bulbillos ("dientes de ajo"), que son hojas modificadas para almacenar sustancias de reserva. En el centro del círculo formado por los bulbillos están las hojas acintadas rodeando al tallo floral (Sinavimo, 2012).

Argentina ocupa el segundo lugar mundial como exportador, después de China, con más de 100 millones de dólares anuales solo en este concepto (Sinavimo, 2012; Burba, 2013). Más de 2.000 productores cultivan aproximadamente 11.000 hectáreas, de las cuales más del 85 % se encuentran en la región de Cuyo (Mendoza y San Juan), seguida en importancia por Córdoba y Buenos Aires. Otras provincias producen pequeños volúmenes tales como Tucumán, La Rioja, Catamarca, San Luis, Chubut, Neuquén, Santa Cruz, Río Negro, Formosa y Jujuy (Sinavimo, 2012)

La proporción de tipos comerciales de ajo plantada en las últimas campañas, no se ha modificado significativamente. Sigue siendo el ajo blanco el de mayor importancia en superficie, seguido de los morados y con menor importancia los colorados (SINAVIMO, 2012; Burba, 2013). La producción está fundamentalmente en manos de pequeños y medianos productores (Sinavimo, 2012).

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 última 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; Burba, 2013)

El ajo al igual que todos los cultivos requiere, además de otros factores, agua y nutrientes para lograr expresar su potencial genético, en algunas situaciones no se dispone de agua y hay un marcado déficit de algunos nutrientes en el suelo, lo cual obliga al productor a recurrir al riego y aporte de enmiendas que provean los nutrientes necesarios. De esta manera se genera por un lado una competencia por los recursos hídricos entre el sector productivo, industrial y las grandes ciudades, mientras que por el otro, el sistema productivo se hace dependiente del aporte constante de nutrientes (PNUD, 2006).

Dentro de éste contexto, la gestión de los recursos hídricos en la agricultura enfrenta presiones que provienen de dos direcciones: desde el punto de vista de la demanda, la industrialización, la urbanización y los cambios alimentarios aumentaran la demanda de alimentos y del agua utilizada para su producción. Desde el punto de vista de la oferta, la posibilidad de un mayor acceso al agua para riego es limitada. Este equilibrio entre oferta y demanda es lo que impulsa las presiones de ajuste. El futuro de la gestión del agua en la agricultura será muy diferente del pasado (PNUD, 2006).

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 que, 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 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 reingresa al sistema (Dardanelli *et al*, 2004).

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, 2010).

En algunos casos, las aguas residuales son el único recurso hídrico de las comunidades pobres que subsisten por medio de la agricultura tradicional. Si bien el uso de aguas residuales en la agricultura puede aportar beneficios (incluidos los beneficios de salud como una mejor nutrición y provisión de alimentos para muchas personas), su uso no controlado generalmente está relacionado con impactos negativos importantes sobre la salud humana. Estos impactos en la salud se pueden minimizar cuando se implementan buenas prácticas de manejo en la reutilización (González y Rubalcaba, 2010).

Entre los beneficios de la utilización de aguas residuales urbanas para el riego pueden señalarse el tratamiento y la eliminación de las aguas negras con bajos costos y de forma inocua; la conservación del agua y la reposición de las reservas freáticas; y la utilización de los nutrientes de las aguas residuales con fines de producción (Braatz y Kandiah, 2004).

Si bien a escala global tan solo una pequeña parte de las aguas residuales tratadas se utilizan para la agricultura, esta práctica atrae cada vez mayor interés en todo el mundo, y en algunos países -España y México, por ejemplo- un porcentaje elevado de las aguas tratadas se destinan al riego (FAO, 2010).

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.) (Cortez Cadiz, 2003).

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 (Silva *et al.*, 2008).

Crespi (2005) demostró que en la zona central de 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.

Los resultados logrados en soja regada con aguas residuales, indican que en éste cultivo, pierde 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).

Cultivares de ajo “blanco” y “morado” fueron regados con dos calidades de agua, efluentes urbanos tratados y agua de perforación, si bien no se encontraron diferencias estadísticas entre ambos tipos de calidades de agua para la producción ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), el peso y el calibre de los bulbos bien formados, además no se modificó la proporción de anomalías en la bulbificación del ajo. Los bulbos de ajo regados con efluentes resultaron seguros para la salud humana, ya que, los análisis bacteriológicos no detectaron *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*; por tal motivo en éste cultivo el riego con el efluente urbano tratado puede reemplazar 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.

Por otra parte, la utilización de coberturas vegetales de suelo es una práctica sustentable muy utilizada en horticultura ecológica (Guibertau y Labrador, 1991; citados por: Peña Calzada, 2003). La cobertura vegetal, también denominada acolchado o mulching, constituye un sustrato orgánico, no contaminante, que se descompone en el suelo por acción microbiana, atemperando las condiciones climáticas adversas (Jacquelin, 2013).

En cuanto al uso de coberturas vegetales, son múltiples sus beneficios, desde controlar la pérdida de humedad del suelo por evaporación, mejora la infiltración (Scalone Echave, 1986) y baja el porcentaje de pérdidas de agua (Villafáfila, 2012), disminuye el encostramiento superficial, disminuir el desarrollo de malezas, atenuar las variaciones de las temperaturas y promover la productividad mejorando la estructura del suelo y dinámica de los nutrientes (Robinson, 1988; Stinson *et al.* 1990, Triplett y Dick, 2008 citados por: Morla *et al.* 2010).

Las cubiertas vegetales pueden resultar de utilidad en la reducción de la dispersión de contaminantes en disolución, pues disminuyen el flujo total de escorrentía (Giráldez, 1998; Holland, 2004; Rodríguez-Lizana *et al.* 2004 citados por: Rodríguez-Lizana *et al.* 2005).

La cobertura de rastrojos genera condiciones óptimas para el desarrollo de microorganismos y mesofauna y el crecimiento de las raíces (Hatfield *et al.*, 1996 citado por: Morla *et al.* 2010) y mejora la performance de los cultivos, principalmente en sistemas que reciben poca cantidad de lluvias (Triplett y Dick, 2008 citados por: Morla *et al.* 2010).

Los residuos tienen influencia sobre el microclima del suelo al interceptar la radiación

recibida. La intercepción y la reflexión de las radiaciones de onda corta por parte de los residuos reducen la cantidad de luz disponible en la superficie del suelo, el calor absorbido por el suelo a lo largo del día y la cantidad de humedad que se evapora del suelo. Estos efectos pueden interactuar con los requerimientos de germinación de las semillas y determinar el tipo de emergencia de las plántulas que ocurren en cualquier estación dada (Teasdale y Mohler, 2000)

En los cultivos hortícolas existe una oferta limitada de herbicidas en comparación con los cultivos extensivos, por la menor superficie que ocupan (Zaragoza, 2003 citado por Anzalone Graci, 2008). Además, muchas áreas de producción hortícola están cercanas a lugares con capa freática superficial, a llanuras fluviales y a ríos, lo que aumenta la preocupación medioambiental por el uso de herbicidas en estos cultivos (Tei *et al.*, 2002 citado por Anzalone, 2008). La cobertura tiene una acción muy importante en cuanto a control de malezas y mientras más gruesa sea la cobertura mejor será el efecto de la misma sobre las malezas, pues no permite el paso de la luz. Reduce o evita el uso de otros métodos de control (Scalone Echave, 1986).

Se han explorado varias propiedades físicas de los materiales de cobertura que pueden contribuir a la supresión de las malezas por el mero impedimento físico de su emergencia (Teasdale y Mohler, 2000 citado por Anzalone Graci, 2008).

Las coberturas de restos vegetales tienden a bajar la temperatura del suelo, perdiéndose precocidad. Esta característica los hace más recomendables para zonas, épocas y suelos más calientes (Scalone Echave, 1986). También, está comprobado que existe un efecto aislante de la cobertura sobre las variaciones de temperatura ambiente que se traduce en la capacidad de almacenar agua (Triplett *et al.*, 2008 citado por: Morla *et al.* 2010). Las temperaturas máximas de los suelos con cobertura son siempre menores a las temperaturas de los suelos sin mulch y las mínimas siempre mayores generando una estabilización de la temperatura diaria. El efecto más importante ocurre en los primeros 15 cm de profundidad lo que permite un mayor crecimiento radicular al cultivo, especialmente en áreas donde los veranos son muy cálidos (Robinson, 1988; Tuckey y Schoff, 1963).

La falta de cobertura vegetal es la principal causa de la erosión. La fuerza del impacto de las gotas de lluvias pesadas en un suelo descubierto pulveriza los agregados del suelo. Estos quedan cada vez más pequeños y tapan los poros de la superficie, formando una costra, que impide la infiltración de agua, aumentando de esta forma el escurrimiento superficial y transporte de tierra (García-Fayos, 2004)

Rodríguez Rodríguez, (2007) evaluó el comportamiento de Tomate Cherry (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) con tres tipos de cobertura (paja de arroz con salvado de arroz, paja de arroz solamente y cobertura con polietileno). Las mayores producciones de frutos totales

(3,4 kg.planta⁻¹) se obtuvieron con el tratamiento de paja de arroz con salvado de arroz, seguido por los otros dos tratamientos con 2,5 kg.planta⁻¹. También se determinó que la aplicación de salvado de arroz, redujo el manejo para el control de malezas.

Peña Calzada (2003) desarrolló una investigación con el objetivo de evaluar la influencia que tiene los restos de cosecha de arroz (*Oriza sativa*) y el vetiver (*Vetiveria zizanioides*) usados como cobertura de suelo en el cultivo de Cebolla (*Allium cepa* L.). Los tratamientos fueron cobertura muerta con restos de cosecha de arroz, cobertura con vetiver y un testigo (suelo descubierto). Los rendimientos de los tratamientos cubiertos fueron entre 31,5 y 32,5 % mayores que en el tratamiento con suelo desnudo.

Anzalone Graci (2008) evaluó en tomate (*Lycopersicon esculentum*) la potencial utilización de diferentes restos vegetales, plástico biodegradable y papel representando alternativas al uso polietileno como cobertura del suelo para el manejo de malezas. Se incluyeron los tratamientos de desmalezado manual, herbicida y testigo sin desmalezar. Los tratamientos sin control de malezas obtuvieron una producción entre 68% y 71% menor que aquellos donde se aplicó algún tipo de control. El polietileno logró los mejores rendimientos del cultivo. Las cubiertas con restos vegetales obtuvieron niveles de rendimientos medios, similares a los del herbicida, con excepción de los restos de *A. absinthium*, que obtuvieron los niveles más bajos de producción, mayores sólo que los del testigo sin desmalezar. En ningún caso se registraron diferencias en los parámetros de calidad del fruto entre los diferentes tratamientos aplicados.

Najul y Anzalone (2006) condujeron un ensayo con la finalidad de evaluar el nivel de control de malezas con el uso de coberturas vegetales en el cultivo de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) y determinar el efecto que sobre algunos componentes del rendimiento tienen estos métodos en comparación al control químico y manual. El mayor rendimiento del cultivo se obtuvo con el uso de la paja de *Panicum máximum* compostada con un valor de 2852,53 kg.ha⁻¹. En el resto de los tratamientos de cobertura, así como en el control químico y desmalezado manual, se presentaron rendimientos similares entre sí y superiores al testigo.

HIPÓTESIS:

Se plantea que el riego por goteo con efluentes urbanos tratados aportaría agua y nutrientes que aumentarían el rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) del cultivo. La utilización de coberturas vegetales de suelo mejoraría el desarrollo del cultivo de ajo, evitando el desarrollo de malezas, y mejorando la uniformidad de la temperatura del suelo.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar el comportamiento y rendimiento comercial ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) del cultivo de ajo, regado por goteo, con efluentes tratados y los efectos de la cobertura del suelo con paja de moha y con cáscara de maní sobre el desarrollo de malezas y la uniformidad de la temperatura del suelo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la temperatura del suelo a los 5 y 10 cm de profundidad a lo largo del ciclo cada 15 días.
- Determinar el porcentaje de cobertura de malezas en cada tratamiento.
- Determinar el porcentaje de los bulbos normales y con anomalías en la bulbificación para cada tratamiento.
- Determinar el diámetro y peso individual de bulbos normales.
- Calcular el rendimiento en peso ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$),
- Determinar la presencia de *Salmonella sp* y *Escherichia coli* en los bulbos cosechados.

MATERIALES Y MÉTODOS

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

El ensayo en ajo blanco (*Allium sativum* L.) se realizó en la Planta Piloto de Tratamientos y Reutilización de Efluentes Urbanos de la UNRC que tiene capacidad para tratar un caudal de 25000 L.d⁻¹ de efluentes urbanos generados por un complejo habitacional de 208 habitantes, en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto (33° 7' 25'' Sur, 64° 20' 57'' Oeste; 425 m.s.n.m.) ubicada en el departamento de Río Cuarto, provincia de Córdoba, Argentina.

Esta región presenta un régimen de precipitaciones de tipo monzónico. La precipitación media anual varía entre 550 y más de 900 mm. La precipitación media de los últimos 20 años en Río Cuarto fue de 801 mm, los meses de mayor precipitación son Diciembre y Enero, con 130 mm.mes⁻¹, mientras que para junio y julio la media alcanza los 13 mm.mes⁻¹. La zona presenta una marcada amplitud térmica a lo largo del año, con temperaturas bajo cero en los meses más fríos (Junio – Julio) y por encima de los 35 °C en los meses de verano (Diciembre – Enero). El período libre de heladas en Río Cuarto es de 256 días y va desde mediados de Setiembre a mediados de Mayo (ADESUR, 1999).

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 aptitud agrícola (Cantero *et al*, 1986).

El viento es otro componente climático importante en la región, su dirección predominante es de NE a SO, y las mayores velocidades se dan en el período de Julio a Noviembre. Hacia el SO de la región se incrementan tanto la frecuencia como la intensidad de los vientos, siendo además la zona de las cumbres serranas un área de estas características, aunque con vientos de mucha mayor humedad (ADESUR, 1999).

PLANTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES URBANOS

El efluente proveniente de las Residencias Universitarias 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 proyectada 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 1) donde comienza la etapa de pre-tratamiento (Crespi *et al*, 2012), 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

primer prefiltro de material grueso, y luego vierte por gravedad al canasto de acero inoxidable de 0,075 m³ 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.

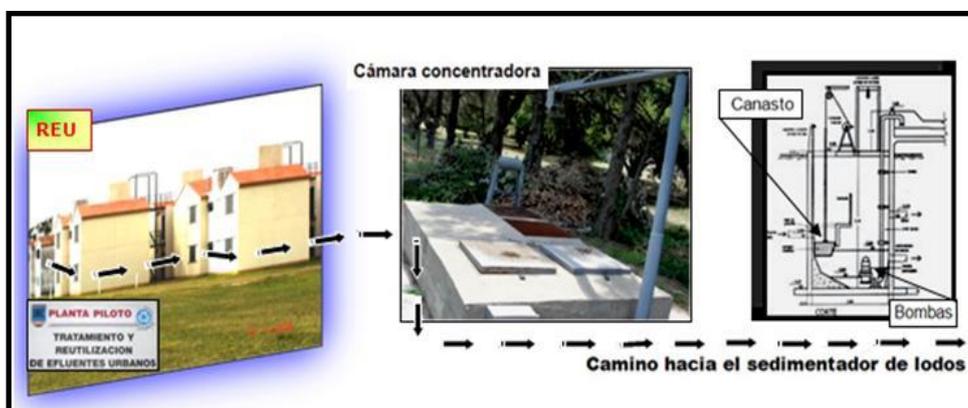


Figura 1. Conducción de los efluentes y pretratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Pretratamiento

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

En la Tabla 1, se muestra la composición físico-química del efluente urbano crudo, que será sometido a tratamiento para poder reutilizarse en riego.

Tabla 1. Determinaciones analíticas del efluente domiciliario.

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

Tratamiento del agua residual

El tanque sedimentador (Figura 2), con un volumen de 10000 L y forma cónica, 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 con generación de biogás y biosólidos y en la parte superior queda el sobrenadante que se vuelca a la 1ª laguna (Figura 3) facultativa, con presencia macrófitas, en la que permanecen los efluentes un tiempo de residencia hidráulico (TRH) de 13 días produciéndose una remoción del 97% de coliformes fecales y un 73% de coliformes totales.



Figura 2. Efluente crudo y tanque sedimentador de lodos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Desde allí pasa a una 2ª laguna (Figura 3), también con macrófitas flotantes, en la que también permanece un TRH de 13 días produciéndose una remoción del 100% de coliformes fecales y quedando un remanente de coliformes totales de 4×10^5 N° más probable/100 ml. de agua residual.



Figura 3. 1º y 2º laguna con macrófitas. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Desde aquí el agua pasa a una laguna de maduración donde actúa la luz UV para eliminar completamente los coliformes totales desde donde, finalmente, se capta el agua para el riego de la parcela experimental.

CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

Con anterioridad a la plantación se efectuó la preparación del suelo mediante una rastra de discos y un rastrillo de manos, con el objetivo de asegurar un terreno mullido, desterronado, parejo, libre de malezas y rastrojos, para lograr una brotación uniforme.

Se procedió al separado de los bulbillos (dientes) de ajos "blancos" cultivar Unión de forma manual. Se seleccionaron los bulbillos de mayor tamaño (peso superior a 5 gr.) y los de tamaño medio (peso entre 4 y 5 gr.) y se sumergieron, el día previo a la plantación, en una mezcla de agua y fungicida (Tiram) con la finalidad de prevenir ataques fúngicos (Figura 4).



Figura 4. Desinfección de los bulbillos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba

Se plantó el cultivo el día 24 de abril del 2013, de forma manual (Figura 5) con el terreno previamente marcado en un modelo espacial de 0,11 m. entre ajos y 0,3 m. entre hileras dando una densidad de 303.030 pl.ha⁻¹. En los surcos marcados por los marcadores se procedió a plantar los bulbillos de ajo individualmente, de forma manual, en plano a diente visto.



Figura 5. Plantación del ajo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones. El tamaño de las subparcelas fue de 5,4 m². La unidad experimental fue de 2,4 m² y se correspondió con los 4 surcos centrales de 2 m. de largo, descontando las cabeceras de 0,5 m cada una.

Los tratamientos fueron los que se muestran en la Figura 6:

- 1- Testigo: suelo sin cobertura (T).
- 2- Aplicación de cobertura de suelo de 1 kg.m^{-2} de paja de Moha (Cob. Moha).
- 3- Aplicación de cobertura de suelo de 2 kg.m^{-2} de Cáscara de Maní (Cob. Maní).



Figura 6. Testigo, Cob. Moha y Cob. Maní respectivamente. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

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 $1 \frac{1}{2}''$ 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 $\frac{3}{4}''$.



Figura 7. Equipo de bombeo y cabezal 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 constituido por una tubería de Polietileno de Baja Densidad (P.E.B.D.) ubicada en la cabecera de las líneas de plantación donde se colocaron cintas de riego por goteo, mediante el uso de conectores, dispuestas en cada una de las hileras de plantación con goteros distanciados a 10 cm. El caudal de los goteros fue de 0,85 L.h⁻¹. Figura 8.



Figura 8. Línea secundaria y laterales de riego por goteo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba

Temperatura de suelo

La temperatura del suelo se evaluó utilizando un geotermómetro (Figura 9) con escala graduada en cm en su estructura metálica externa, y los datos se relevaron a 5 y 10 cm de profundidad. Las observaciones se efectuaron mediante lectura directa durante el ciclo del cultivo con una frecuencia semanal en horarios próximos al mediodía solar.



Figura 9. Lectura de temperatura de suelo mediante geotermómetro. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba

Manejo sanitario del cultivo

Para evitar la incidencia de enfermedades foliares, principalmente el ataque de Roya (*Puccinia alli*) que ocasiona importantes pérdidas en el cultivo, se realizó una aplicación con mochila en forma preventiva de pyraclostrobin + epoxiconazole “Opera” (fungicida sistémico) a los 175 días desde la plantación ya que coincidió con el momento del año en que las condiciones ambientales se tornan propicias para el desarrollo de la enfermedad.

Cobertura de malezas

Para evaluar el efecto de los tratamientos de cobertura del suelo (paja de moha y cáscara de maní) sobre el desarrollo de malezas en el cultivo, se midió la abundancia-cobertura de las mismas utilizando el método de Braun-Blanquet (1979), el cual consta de una escala con 7 niveles de abundancia-cobertura (r, +, 1, 2, 3, 4 y 5) de los cuales los 3 primeros niveles (r, + y 1) consisten mayormente de estimaciones de abundancia (o densidad) de individuos de la especie y los 4 niveles siguientes (2 a 5) se refieren específicamente a la cobertura de la especie. La evaluación se efectuó en cada uno de los tratamientos con 3 repeticiones y al final del ciclo del cultivo.

Cosecha

La cosecha se realizó a los 222 días después de la plantación en forma manual, evaluando los 4 surcos centrales de cada subparcela correspondiente a cada tratamiento (los laterales se descartaron para eliminar el efecto “bordura”) (Figura 10). Los indicadores utilizados para definir el momento de cosecha fueron variaciones de color de las hojas y falso tallo. Los bulbos se colocaron 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 ($t.ha^{-1}$).



Figura 10. Cosecha manual y embolsado de los bulbos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba

Análisis microbiológicos

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 Tetracionato 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, y comparación de medias con el test de Fisher ($p < 0,05$).

Eficiencia del uso del agua

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 uso del agua de (EUA o WUE). (Aloé y Toribio, 2008)

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

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

Para determinar la dosis de agua aportada se calculó la precipitación efectiva y la lámina neta aportada mediante el riego por goteo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La utilización de cobertura de suelo en el cultivo de ajo redujo la amplitud térmica del suelo y disminuyó la presencia de malezas mejorando las condiciones del cultivo. Además influyó sobre los rendimientos por una mejora en % de bulbos normales, diámetro promedio de los bulbos y peso individual de los bulbos; lo que se traduce en un aumento sustancial en el rendimiento a favor de los tratamientos con cobertura; todo esto sumado a los aportes nutricionales que se realizaron a través de la utilización de efluentes tratados para riego. A continuación se presenta un análisis detallado de la respuesta de cada una de las variables mencionadas.

Efecto de la cobertura sobre la temperatura de suelo

Las medidas de temperatura del suelo a los 5 y 10 cm de profundidad denotaron una mayor amplitud térmica en el tratamiento testigo en comparación con los tratamientos con cobertura de suelo en coincidencia con lo encontrado por Stinson *et al.* (1990), Triplett y Dick (2008) citados por: Morla *et al* (2010) y Robinson (1988), quienes mencionan como uno de los beneficios de la utilización de cobertura, a la disminución de la amplitud térmica en los suelos. Los valores máximos de amplitud térmica encontrados fueron de 19 ° C para el testigo, 18° C para Cob. Moha y 15° C para Cob. Maní todos calculados entre la máxima y la mínima temperatura medida en cada tratamiento.

En los gráficos 1 y 2 se muestra la evolución de la temperatura de suelo a los 5 y 10 cm de profundidad para cada uno de los tratamientos.

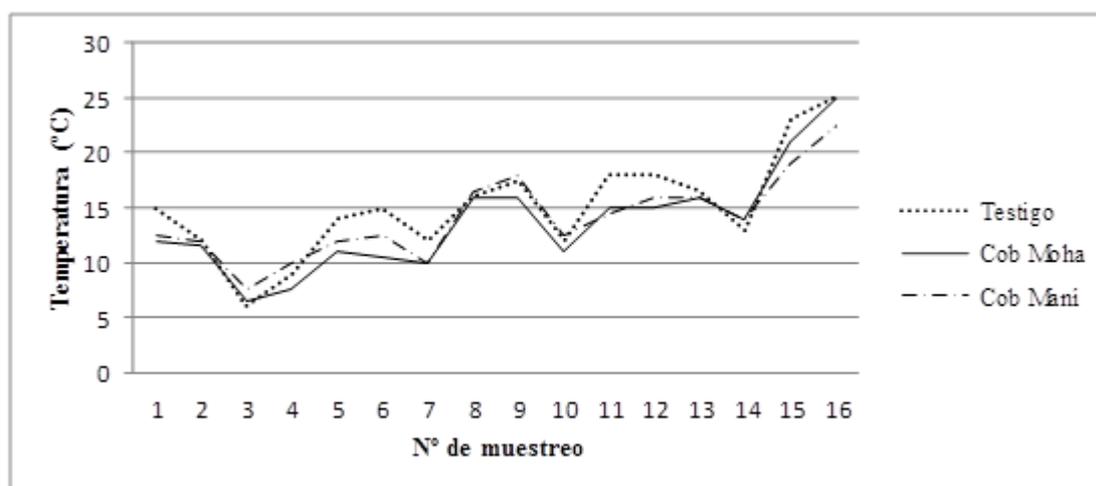


Gráfico 1. Temperatura de suelo a los 5 cm. de profundidad.

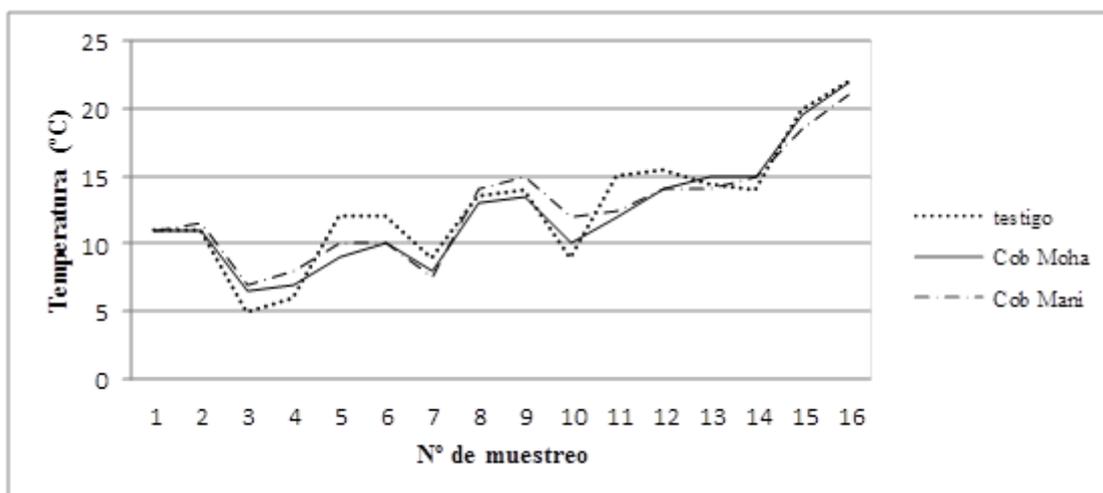


Gráfico 2. Temperatura de suelo a los 10 cm. de profundidad.

Efecto de la cobertura sobre las malezas en el cultivo

Como se puede observar en la tabla 2 se determinó menor presencia de malezas en los tratamientos con cobertura con diferencias estadísticamente significativas en comparación con el testigo debido a la ausencia de luz y a una menor temperatura. Esto concuerda con lo expresado por Scalone Echave (1986), Teasdale y Mohler (2000) y Anzalone Graci (2008), cuando en la enumeración de los beneficios que trae aparejada la cobertura mencionan la disminución de problemas con malezas.

Tabla 2. Cobertura del suelo con malezas en % en los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	Cobertura %
Testigo	31 a
Cob. Moha	4 b
Cob. Maní	3 b
r^2	0,81
c.v.	58.27
p value	0,006

Nota: Diferentes letras indican diferencias significativas según test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

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.

En la zona donde se llevó a cabo el experimento las precipitaciones en los meses donde se desarrolla el cultivo son insuficientes para satisfacer la demanda hídrica por lo que es imprescindible contar con el aporte del riego para cubrir estos requerimientos.

En el gráfico 3 se muestran los aportes de agua que recibió el cultivo a lo largo del ciclo.

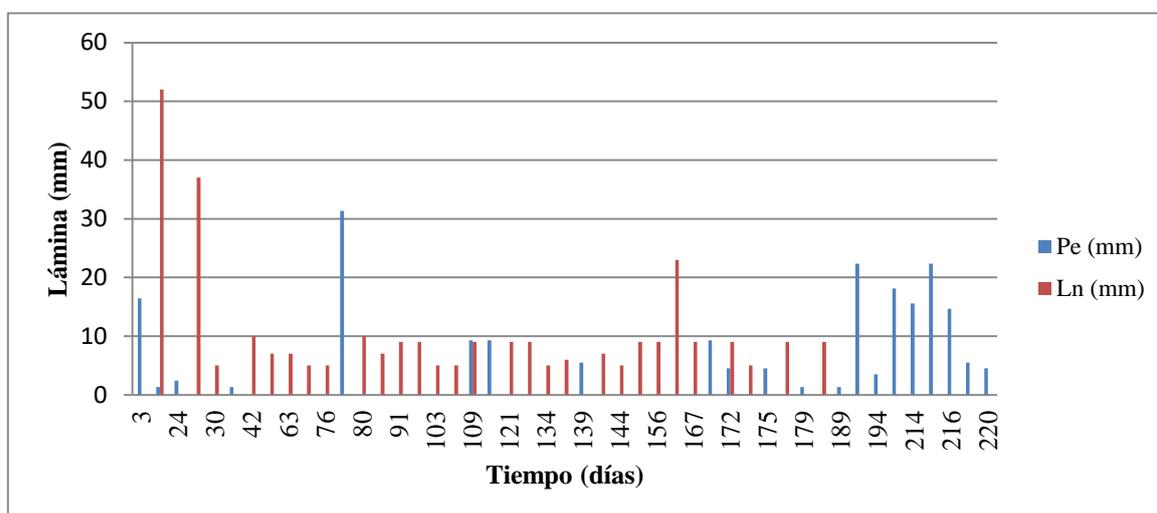


Gráfico 3. Dosis de agua que recibió el cultivo durante el ciclo.

La lámina aplicada por riego fue de 306 mm. distribuidos en 29 riegos, por su parte, el aporte realizado por las precipitaciones durante el ciclo del cultivo fue de 204 mm, alcanzando un total de agua aportada al cultivo de 510 mm.

La lámina total de agua suministrada (Riego + Precipitaciones) fue igual a la mínima necesaria para lograr óptimos rendimientos en ajo, coincidente con Burba, 1993.

La técnica de riego por goteo con alta frecuencia sumado al uso de coberturas, permitieron 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. Además por medio del riego se realizó un aporte de nutrientes, como se indica en la tabla 3, ya que el agua provenía de efluentes tratados.

En la tabla 3 se pueden observar las cantidades en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cada macronutriente aportadas por el efluente urbano tratado.

Tabla 3. Aporte de macronutrientes por parte del Efluente urbano tratado.

Nutriente	$\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$
Nitrógeno	36
Fósforo	5
Potasio	4,9

CULTIVO DE AJO

Bulbos normales y con anormalidades

Al analizar el porcentaje de bulbos con calidad comercial (bulbos normales con calibre igual o mayor a 5 cm) y anormales (bulbos deformados, martillos y chicos) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre algunos tratamientos. Entre los tratamientos con cobertura (Cob. Moha y Cob. Maní) 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 Cob. Maní. Ambos tratamientos presentaron una diferencia estadística muy amplia con el testigo.

Respecto a la condición de anormalidad de los bulbos, se observó una tendencia positiva, con una reducción de los porcentajes a través de la utilización de coberturas, especialmente con cáscara de maní. En la Tabla 4, se indican los distintos tratamientos con sus valores en porcentaje de bulbos normales y bulbos anormales.

Tabla 4. Porcentaje de bulbos normales y con anormalidades, según los distintos tratamientos.

Tratamiento	Normales (%)	Anormales (%)
Testigo	21,49 c	78,51 a
Cob. Moha	61,06 b	37,29 b
Cob. Maní	75,11 a	24,89 c

Nota: Diferentes letras indican diferencias significativas según test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Calibre y peso individual de bulbos normales

El análisis estadístico del calibre como componente del rendimiento arroja diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tratamientos siendo el de mayor calibre promedio Cob. Maní con 6,37 cm., el de calibre intermedio fue Cob. Moha con 5,75 cm. y el de menor calibre promedio el Testigo con 5,3 cm.

Los análisis correspondientes al peso individual de los bulbos marcan la misma tendencia que los obtenidos para calibre promedio existiendo diferencias significativas entre los 3 tratamientos para el componente del rendimiento analizado, siendo el tratamiento de mayor peso individual promedio de bulbo el de Cob. Maní con 55,58g., de valores intermedios el de Cob. Moha con 47,77 g. y el de menor peso el Testigo con 41,13 g.

Tabla 5: Diámetro (cm) y peso (g) individual de los bulbos de ajo.

Tratamiento	Diámetro de bulbos normales (cm.)	Peso ind. de bulbos normales (g)
Testigo	5,30 c	41.13 c
Cob. Moha	5,75 b	47.77 b
Cob. Maní	6,37 a	55.58 a
r ²	0,44	0,57
c.v.	8,47	10.42
p value	0,0001	0,0001

Nota: Diferentes letras indican diferencias significativas según test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

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 parte de los requerimientos nutricionales del mismo al incorporar en solución en cada riego de alta frecuencia una dosis de nitrógeno de 36 kg ha⁻¹, 5 kg ha⁻¹ de fósforo y 4,9 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).

Los mayores rendimientos (t.ha⁻¹) fueron logrados por los tratamientos con cobertura de suelo Cob. Moha y Cob. Maní mostrando diferencias significativas respecto al testigo. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los rendimientos de los tratamientos mencionados (Cob. Moha y Cob. Maní) como se muestra en la tabla 6 y el gráfico 4. Las diferencias porcentuales de rendimiento 55.5% para el tratamiento Cob. Moha y de 66.7% para el tratamiento Cob. Maní respecto al rendimiento obtenido en el Testigo.

Tabla 6: Rendimiento individual promedio en t.ha⁻¹ de los bulbos de ajo.

Tratamiento	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
Testigo	8,38 b
Cob. Moha	13,03 a
Cob. Maní	13,97 a
r ²	0,57
c.v.	17.70
p value	0,0093

Nota: Diferentes letras indican diferencias significativas según test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

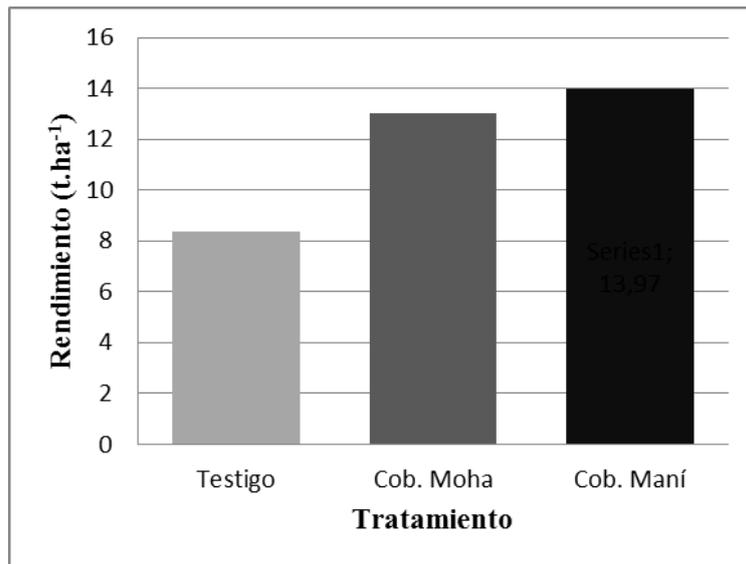


Gráfico 5. Rendimiento individual promedio en t.ha⁻¹ de los bulbos de ajo bajo dos coberturas distintas y un testigo.

Los rendimientos alcanzados por el cultivo de ajo tanto en cantidad como en calidad, fueron muy buenos para esta región del país, logrados a través de la implementación de riego por goteo con aguas residuales tratadas y la utilización de coberturas vegetales muertas lo que simplifica el manejo de las malezas del cultivo y amortigua las diferencias térmicas.

Los resultados obtenidos en el experimento son similares a los alcanzados por Peña Calzada (2003) para cebolla (*Allium cepa* L.) en los cuales indica un aumento de rendimiento de entre 31.5% y 32.5% en los tratamientos con suelo cubierto versus el testigo, iguales resultados que los obtenidos por Fuentes (1996) citado por Peña Calzada (2003) que encontró rendimientos superiores entre 26 % y 37,5 % en suelos cubiertos con respecto al suelo desnudo en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Caribe-71.

Moreno Elcure *et al* (2006) comprobaron la misma tendencia en el cultivo de Ajo Porro (*Allium ampeloprasum*) obteniendo un rendimiento un 61% mayor en el tratamiento de suelo con cobertura respecto al testigo.

Calidad sanitaria

Inmediatamente después de la cosecha, 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.

Eficiencia del 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 el tratamiento Cob. Maní, seguido por el tratamiento Cob. Moha, siendo el de menor eficiencia el Testigo.

Tabla 7. Eficiencia en el uso del agua en el cultivo de ajo bajo dos coberturas y un testigo.

Tratamiento	Rendimiento (Kg.ha ⁻¹)	Dosis de agua por ha.		EUA (Kg.m ⁻³)
		mm	m ³	
Testigo	8380	510	5100	1,64 c
Cob. Moha	13030	510	5100	2,55 b
Cob. Maní	13970	510	5100	2,74 a

Nota: Diferentes letras indican diferencias significativas según test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

La lámina total de agua suministrada (Riego + Precipitaciones) fue igual a la mínima necesaria para lograr óptimos rendimientos en ajo, coincidente con Burba, 1993.

Lipinski y Gaviola (2008) durante dos años consecutivos (2006 y 2007), entre otras cosas evaluaron la eficiencia de uso del agua en el cultivo de ajo, para una densidad de 29,27 pl m⁻², obtuvieron valores 1,98 y 1,51 Kg m⁻³, con una lámina de riego total de 893 mm y 880 mm respectivamente. Lipinski *et al.* (2009), 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.m⁻³

CONCLUSIONES

1. Con el tratamiento de las aguas residuales se las puede reutilizar para la producción agrícola, evitando desecharlas lo que convierte a este procedimiento en una técnica aceptable y ambientalmente sustentable.
2. La utilización de restos vegetales como cobertura no solo redujo la necesidad de utilizar herbicidas sino que también aumentó los rendimientos.
3. El cultivo de ajo bajo este manejo tecnológico, no perjudicó la calidad comercial y sanitaria del cultivo.
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.

BIBLIOGRAFIA:

- ABCAGRO. En: www.abcagro.com/hortalizas/ajo.asp. Consultado: 12 de febrero de 2013.
- ADESUR. 1999. Asociación interinstitucional para El sur de Córdoba. Plan director. Secretaria técnica de Adesur. Universidad Nacional de Río Cuarto. Pág. 99. Córdoba. Argentina.
- ALOÉ J. y TORIBIO M. 2008. Cómo mejorar la Eficiencia de Uso del Agua. En: <http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/?id=130> Consultado el: 21/08/14
- ANZALONE GRACI A. 2008: Evaluación de alternativas al uso del polietileno como cubierta del suelo para el manejo de malas hierbas y otros aspectos agronómicos en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill.) en España y Venezuela Pp: 145.
- BRAATZ, S. y KANDIAH, A. 2004. Utilización de aguas residuales urbanas para el riego de árboles y bosques. En: <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep184/vleh/fulltext/acrobat/utilizacion.pdf>.
- BRAUN-BLANQUET J. 1979. Fitosociología: Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume Ediciones, Madrid.
- 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. 2013. 100 temas sobre producción de ajo Vol.: 1 “Situación del cultivo de ajo y aspectos socio-económicos. Ed.: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación experimental “La Consulta”. ISBN: 978-987-679-223-3
- 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.; CAMACHO, E. y POLO, J.M. 2009. Riego subsuperficial con aguas

residuales tratadas. En: Ingeniería del agua, Vol.: 16, Nº: 2. Fundación para el fomento de la ingeniería del agua. ISSN: 1134 – 2196. Pp: 145 – 155.

- 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. 18º Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. Buenos Aires, Argentina. Pp 1 – 18.
- 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.
- 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 cultivos de grano. En: Producción de Granos. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. Pp 377 - 406.
- ESPINA POZO, M. 2003. Cadena productiva del ajo. Fundación Produce Queretaro. Pp: 1-85.
- FAO. 2010: El uso seguro de las aguas residuales en la agricultura ofrece múltiples beneficios en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/44983/icode/consultado> el 28/08/14
- 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.
- GARCÍA-FAYOS P. 2004: Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica En: Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8. Pp: 309-334
- GONZÁLEZ M. y RUBALCABA S. 2010: Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura en: http://www.bvs.sld.cu/revistas/spu/vol37_01_11/spu07111.htm Pp 11
- GROSSO, L.; A. RICOTTO; D. RAMOS; A. THUAR; M. L. GIACHERO y 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.

- 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.C.M.S.F. 1983. Bacterias coliformes. Pp.: 128-146. En: *Microorganismos de los alimentos I. Técnicas de análisis microbiológico.* Ed.: Acribia. Zaragoza, España.
- I.F.H. 2001. Informe Fruti-hortícola. Tecnologías para el desarrollo sustentable de la ciudad. *Boletín N° 1.* Diciembre.
- JACQUELIN L. M. 2013: La cobertura vegetal en la huerta agroecológica Pp: 2 En: <http://inta.gov.ar/documentos/la-cobertura-vegetal-en-la-huerta-agroecologica-1> consultado: 28/08/14
- 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: 28/08/14
- 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. <http://www.ina.gov.ar/pdf/CRA-VFERTI/CRA-RYD-16-Lipinski-2.pdf> Consultado: 23/09/14
- MANSILLA SOUSA F. 2004: Situación actual, características y técnicas de cultivo del ajo. En: <http://www.bolsamza.com.ar/mercados/horticola/ajofresco/situacion.pdf> Pp: 7. Consultado: 28/08/14
- MEDRANO, H.; J BOTA; J. CIFRE; J. FLEXAS; M. RIBAS CARBÓL y J. GULÍAS. 2007. Eficiencia en el uso del agua por las plantas. *Rev. Investigaciones geográficas.* N°43 Universidad de Alicante, España. Pp 63 – 84. En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17604304> 23/09/14
- MORENO ELCURE, F.; CONTRERAS, O. y BRACHO, B. 2006 Asociación de cultivos hortícolas de Hoja (*Lactuca saliva*, *Allium ampeloprasum* y *Coriandrum sativum*) con uso de cobertura vegetal muerta. En: *Revista Científica UNET* Vol. 18, Nro. 1 Pp: 16-20.

- MORLA F., GIAYETO O., DAITA F. y NUÑEZ O. 2010: Pérdida de Rastrojo por Incendio y Rendimiento del cultivo de soja. En: Revista Científica Agropecuaria 14 (2) 2010 Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER. Pp 6 – 12.
- NAJUL C. y ANZALONE A. 2006.: Control de malezas con cobertura vegetal en el cultivo de la Caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.) consultado en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85718202> el: 21/09/14 Pp: 9
- PEÑA CALZADA K. 2003. Sistema de Siembra con Cobertura en el Cultivo de Cebolla. Pp 7.
- PNUD. 2006. La competencia por el uso del agua en la agricultura. En: https://hdr.undp.org/en/media/06-Chapter%205_ES.pdf. Consultado: 10/02/2013.
- ROBINSON, D. 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings.
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ G. 2007. Efecto de la cobertura del suelo con cascarilla de arroz en el crecimiento y rendimiento del tomate de ramillete En: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-16202007000300006&script=sci_arttext&tlng=en Consultado el 10/09/14
- RODRÍGUEZ-LIZANA, R. ORDÓÑEZ, ESPEJO A., GONZÁLEZ P. y J.V. GIRÁLDEZ 2005: Estudio de la influencia de la cobertura vegetal viva en olivar en la contaminación de las aguas de escorrentía por nitratos. En: Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VII. Pp: 81- 86.
- SCALONE ECHAVE.1986. El mulching en la agricultura “el recubrimiento del suelo en la producción hortícola”. Ed. Montevideo. UY. 1986. Comisión Nacional de Fomento Rural. Pp: 32-40.
- SILVA J.; TORRES P. y MADERA C. 2008. Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. Rev. Agronomía Colombiana, Vol. 26, N° 2. Colombia. Pp. 347 - 359.
- SINAVIMO. 2012: Cultivo de Ajo. En: <http://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/ajo> consultado: 26/08/14
- TEASDALE, J.R. y MOHLER, C.L. 2000. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. Weed Sci. 48:385-392.
- TUKEY, R. y SCHOFF, E. 1963. Influence of different mulching materials upon the soil environment. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 82:68-76.

- VILLAFÁFILA E. 2012. Productores de Apóstoles fueron capacitados sobre economizar el agua En: <http://www.ifai.gov.ar/plantillas/noticias.php?id=82>.