



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

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

**PRODUCCIÓN DE AJO ABONADO CON BIOSÓLIDOS Y
USO DE COBERTURA DE SUELO BAJO RIEGO CON
EFLUENTES URBANOS TRATADOS**

RODRIGO AMADO

D.N.I. 35.545.410

Director: Ing. Agr. Salusso, Fabricio A.

Co-director: Ing. Agr. Ramos, Diego.

Río Cuarto- Córdoba

Octubre-2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “Producción de ajo abonado con biosólidos y uso de cobertura de suelo bajo riego con efluentes urbanos tratados”.

Autor: Rodrigo Amado

(DNI: 35.545.410)

Director: Ing. Agr. Salusso, Fabricio A.

Co - Director: Ing. Agr. Ramos, Diego.

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

Jurado: Ing. Agr. Cerioni, Guillermo _____

Jurado: Ing. Agr. Morla, Federico _____

Director: Ing. Agr. Salusso, Fabricio A. _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico _____

DEDICATORIA

La presente tesis ha sido dedicada a:

Principalmente a mis padres y hermanos, por la confianza, y el descomunal apoyo que me brindaron durante los años de mi carrera universitaria. Fueron, son y serán los pilares de mi vida.

A mis abuelas y abuelos, que desde sus casas o desde el cielo, dedicaron todas sus fuerzas y confianza para que pueda finalizar mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

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.

Agradezco enormemente a los profesores y amigos Fabricio, Diego y Gastón que no sólo me permitieron participar como tesista y como ayudante en la cátedra de Producción Hortícola, ofreciendo su tiempo y predisposición para mis proyectos y deberes académicos, sino que además compartimos muchos momentos asombrosos que nunca se olvidarán.

A mis amigos, que me acompañaron y me acompañan desde los primeros días como estudiante universitario, con los cuales se compartieron libros, mates, asados, risas y tristezas; en fin, momentos maravillosos que nunca se olvidarán.

A mi novia Araceli, y su familia que me apoyaron incondicionalmente en cada momento de mi carrera.

INDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
SUMMARY.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
1. El cultivo de ajo.....	1
2. Efluentes urbanos tratados y biosólidos.....	3
2.1 Efluentes urbanos tratados.....	3
2.2 Biosólidos.....	5
3. Cobertura de suelo.....	6
HIPÓTESIS.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
MATERIALES y MÉTODOS.....	10
1. Características ambientales.....	10
2.Planta de tratamiento de efluentes urbanos.....	10
2.1 Pre-tratamiento.....	11
2.2 Tratamiento del agua residual.....	11
3. Características del ensayo.....	13
4. Sistema de riego por goteo.....	14
5. Cobertura.....	15
6. Temperatura del suelo.....	15
7. Análisis de suelo.....	16
8. Manejo sanitario del cultivo.....	16
9. Altura de planta, N° de hojas y diámetro de pseudotallo.....	16

10. Cosecha.....	16
11. Análisis microbiológicos.....	17
RESULTADO Y DISCUSIONES.....	19
Aportes de agua durante el ciclo del cultivo.....	19
Temperatura de suelo.....	19
Aporte de nutrientes durante el ciclo del cultivo.....	20
Altura de planta, N° de hojas y diámetro de pseudotallo.....	21
Bulbos normales y anormales.....	22
Calibre de bulbos.....	22
Número de bulbillos.....	23
Rendimiento.....	23
Análisis microbiológicos.....	24
CONCLUSIONES.....	25
BIBLIOGRAFIA.....	26

INDICE DE TABLA

Tabla 1: Determinaciones analíticas del efluente domiciliario. Planta Piloto. UNRC.	11
Tabla 2: Contenido de nitrógeno de nitrato, nitrato, humedad, materia orgánica, fósforo y pH de la parcela de ensayo hasta los 20 cm de profundidad. Planta Piloto. U.N.R.C.	16
Tabla 3: Macronutrientes en ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) aportados durante el ciclo del cultivo. Planta piloto. UNRC.....	20
Tabla 4: Diferencias entre altura de planta, N° de hojas y diámetro de pseudotallo entre los tratamientos. Planta piloto. UNRC.....	21
Tabla 5: Porcentaje de bulbos normales y con anomalías, según los distintos tratamientos. Planta Piloto. UNRC.....	22
Tabla 6: Calibre de bulbos normales. Planta Piloto. UNRC.....	22
Tabla 7: Número de bulbillos de ajo. Planta Piloto. UNRC.....	23
Tabla 8: Rendimiento promedio en $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de los bulbos de ajo. Planta Piloto. UNRC.	24

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Conducción de los efluentes y pre-tratamiento. Planta Piloto. UNRC.....	11
Figura 2: Efluente crudo y tanque sedimentador de lodos. Planta Piloto UNRC.....	12
Figura 3: 1º y 2º laguna con macrófitas. Planta Piloto. UNRC.....	12
Figura 4: Clasificación de bulbillos de mayor tamaño (a); Tratamiento de bulbillos con fungicida (b). Planta piloto. UNRC.....	13
Figura 5: Plantación del ajo (a); Vista de los dientes en detalles (b). Planta Piloto UNRC. Río Cuarto.....	13
Figura 6: Diseño experimental en bloques completos al azar. Planta piloto. UNRC.....	14
Figura 7: Equipo de bombeo y cabezal de riego. Planta Piloto UNRC.....	15
Figura 8: Línea secundaria y laterales de riego por goteo. Planta Piloto UNRC.....	15
Figura 9: Cosecha manual(a); Oreado de bulbos (b). Planta Piloto UNRC.....	17
Figura 10. Curado de los bulbos (a). Clasificación de los bulbos (b). Planta Piloto UNRC	17
Figura 11. Lámina de agua que recibió el cultivo durante el ciclo. Planta piloto. UNRC...	19
Figura 12. Temperatura del suelo y del aire libre durante etapa de bulbificación. Planta piloto. UNRC.....	20

RESUMEN

Producción de ajo abonado con biosólidos y uso de cobertura de suelo bajo riego con efluentes urbanos tratados

El sector agrícola a través del riego extrae la mayor cantidad de agua de ríos, lagos y acuíferos del mundo. Para ello es imprescindible mejorar la eficiencia del uso del agua para riego, llevando así a una agricultura sostenible. Como resultado del tratamiento de aguas residuales se obtienen efluentes y biosólidos potencialmente utilizables como agua para riego y fuente de nutrientes en los sistemas intensivos. El uso de coberturas vegetales de suelo tiene múltiples beneficios: reducir pérdidas de humedad, evitar crecimiento de malezas, mejorar infiltración, atenuar temperaturas extremas, entre otros. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto que tiene sobre el rendimiento y la calidad sanitaria, la aplicación de biosólidos procedentes del tratamiento de efluentes urbanos, más el agregado de cobertura de suelo con cáscara de maní en un cultivo de ajo blanco cultivar "INCO 283", implantado el 28-04-2015, en Río Cuarto (Córdoba), con una densidad de 33,3 plantas.m⁻². Los tratamientos fueron: 1)- Testigo (T), 2)- 100 t.ha⁻¹ de biosólidos (Bio100) y 3)- 100 t.ha⁻¹ de biosólidos con una cobertura de suelo empleando 3,5 kg.m⁻² de cáscara de maní (Bio100 + cas/maní). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se midió N° de hojas, altura de planta, diámetro de pseudotallo y temperatura de suelo durante el ciclo del cultivo. A cosecha se determinó % de bulbos normales y anormales, calibre de bulbos, N° de bulbillos, rendimiento total y calidad sanitaria. Todos los tratamientos fueron regados con efluentes urbanos tratados, aplicando una lámina de 665 mm mediante riego por goteo, siendo la precipitación de 285 mm. El efluente aportó 69,5; 7,6 y 76,2 kg.ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente. El biosólido aportó: 108,8; 32,5 y 35,1 kg.ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente. Los resultados mostraron diferencias significativas en altura de planta y diámetro de pseudotallo siendo mayor en el tratamiento Bio100 + cas/maní. Los rendimientos (t.ha⁻¹) fueron: 14 (a) para Bio100 + cas/maní; 8,5 (b) para Bio100 y 7,5 (b) para T. Se observaron diferencias debajo de la cobertura para la variable temperatura del suelo. Los análisis microbiológicos de los bulbos confirmaron ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.* demostrando la viabilidad de utilizar estas tecnologías en la producción de ajo.

Palabras claves: Ajo, biosólidos, aguas residuales, cobertura de suelo, rendimiento, calidad sanitaria.

SUMMARY

Production of garlic fertilized with biosolids and use of ground cover under irrigation with treated urban effluents

The agricultural sector through irrigation extracts the largest amount of water from rivers, lakes and aquifers in the world. For this, it is essential to improve the efficiency of water use for irrigation, leading to sustainable agriculture. As a result of wastewater treatment, potentially useful effluents and biosolids are obtained as water for irrigation and source of nutrients in intensive systems. The use of vegetal coverings of soil has multiple benefits: to reduce losses of humidity, to avoid growth of weeds, to improve infiltration, to attenuate extreme temperatures, among others. The objective of the work was to evaluate the effect on the performance and sanitary quality, the application of urban effluent treatment drugs, plus the addition of ground cover with the peanut mask in a white garlic culture "INCO 283", implemented on 28-04-2015, in Río Cuarto (Córdoba), with a density of 33.3 plants m⁻². The treatments were: 1)- Witness (T), 2)- 100 t.ha⁻¹ of biosolids (Bio100) and 3)- 100 t.ha⁻¹ of biosolids with a soil cover using 3.5 kg.m⁻² of husk of peanuts (Bio100 + cas/maní). A randomized complete block design with three treatments and four replicates was used. Numbers of leaves, plant height, pseudostem diameter and soil temperature were measured during the crop cycle. Harvest was determined % of normal and abnormal bulbs, bulb caliber, No. of bulbs, total yield and sanitary quality. All irrigated with treated urban effluents, applying a sheet of 665 mm by means of drip irrigation, being the precipitation of 285 mm. The effluent contributed 69.5; 7.6 y 76.2 kg.ha⁻¹ de N, P y K, respectively. The biosolid contributed: 108.8; 32.5 y 35.1 kg.ha⁻¹ de N, P y K, respectively. The results showed significant differences in plant height and pseudostem diameter being higher in the Bio100 + cas/maní. The yields (t.ha⁻¹) were: 14 (a) for Bio100 + cas/maní; 8.5 (b) for Bio100 and 7.5 (b) for T. There were differences below the coverage for the soil temperature variable. Microbiological analyzes of the bulbs confirmed the absence of *Escherichia coli* and *Salmonella* sp demonstrating the feasibility of using these technologies in the production of garlic.

Key words: Garlic, biosolids, wastewater, soil cover, yield, sanitary quality.

INTRODUCCIÓN

1. El cultivo de ajo

El ajo común (*Allium sativum* L.), pertenece a las familias de las Aliáceas para la taxonomía moderna. Sería originario del antiguo Turkeistán, límite con China, Afganistán e Irán (hoy Turkmenistán, Kirguizistán, Kazajistán, Tayikistán y Uzbekistán), desde donde se distribuyó hacia el este a China e India (tipos asiáticos), y hacia el oeste al norte del continente europeo (tipos continentales), y a las costas del mar mediterráneo (tipos mediterráneos), dando lugar así a las numerosas cultivares que hoy se conocen (Burba, 2003).

El ajo es una planta bianual de raíces numerosas, blancas y poco profundas. El tallo es subcónico en forma de platillo y las hojas en una planta joven corresponden a: hojas de reservas agotadas, hojas de brotación y hojas de follaje. Las vainas superpuestas forman un falso tallo. La inflorescencia es una umbela simple en el extremo de un escapo largo (40–50 cm) y posee flores estériles. El bulbo compuesto o “cabeza” presenta, en un corte transversal, entre 5-15 hojas estériles membranosas que no poseen bulbillos en su axila, y forman la cubierta protectora del bulbo que se conocen vulgarmente con el nombre de “catáfilas”, y 1-8 hojas fértiles, en cuyas axilas se forman entre 3 y 30 bulbillos llamados vulgarmente “dientes” (Grosso *et al.*, 2015).

Cada diente es un bulbillo, a partir del cual se inicia el cultivo, está constituido por un pequeño disco basal (tallo verdadero) con una yema central, una hoja protectora externa (que da color al diente); una hoja depósito de reservas (80 a 85% del peso); una hoja de brotación y protección (es la que aparece al brotar) y varias hojas de follaje (decrecen en tamaño hasta el primordio central del disco). Todas estas hojas que conforman el bulbo compuesto del ajo, están asentadas sobre un tallo de entrenudos muy cortos denominado “disco” o “plato”. Este tallo anual posee una yema central apical que dará lugar al tallo floral según las condiciones ambientales y al cultivar que se trate (Grosso *et al.*, 2015).

En cuanto a las propiedades químicas y culinarias del ajo, se puede decir que su gran uso radica como condimento natural en la preparación de alimentos dado que posee un aceite de olor y sabor característico. Además de contar con vitaminas A, C y E, enzimas, lípidos y un principio farmacológicamente activo. Entre sus principales beneficios para la salud se destacan sus propiedades antitóxicas, antihipertensivas, anticoagulantes y antirreumáticas. También se le atribuyen beneficios médicos para problemas cardiovasculares, enfermedades infecciosas, cáncer y colesterol (SENASA, 2015).

La producción mundial de Ajo Fresco se ubica en 24 millones de toneladas. Si bien la misma mantiene un constante crecimiento, éste es responsabilidad de China ya que en el período 2000 a 2013 su producción pasó de 7,38 millones de toneladas a 19,17 millones de toneladas, siendo el mayor productor mundial con una participación en el volumen global de 79,2 %. India es el segundo productor con 1,259 millones de toneladas teniendo una participación del 5,2 % del total. La República de Corea participa con el 1,7 % y el 13,9 % restante se distribuye entre unos 35 países (Subsecretaría de Mercados Agropecuarios, 2016).

El volumen de la producción Argentina tiene una participación en el contexto mundial, inferior al 1 %. La misma se realiza orientada especialmente a los mercados externos. La región de Cuyo es la principal zona productora del país, concentrándose en la provincia de Mendoza más del 88% de la producción nacional, seguida por la provincia de San Juan con aproximadamente el 4%. El saldo del 8% se distribuye entre el resto de las provincias, siendo las principales: Buenos Aires, Río Negro y Córdoba (Subsecretaría de Mercados Agropecuarios, 2016).

Las principales zonas productoras de ajo de la provincia de Córdoba son las regiones Noroeste-Traslasierras con los Departamentos Cruz del Eje, Ischilín, San Alberto y San Javier y Centro-Norte, con los Departamentos Capital, Colón, Santa María, Río Primero y Totoral (Orecchia, 2005).

En cuanto a las exportaciones, el principal país exportador es China cuya participación supera el 82 % del total mundial. Argentina fue el segundo exportador hasta el año 2013 a partir del cual fue reemplazado por España, debido a la disminución en los envíos nacionales. Durante 2015 Argentina exportó un total de 66.100 toneladas, destacándose una marcada retracción de la demanda de la UE por tercer año consecutivo (Subsecretaría de Mercados Agropecuarios, 2016).

La mercadería nacional es reconocida por su calidad e incursiona en los mercados más exigentes. El principal destino de las exportaciones es Brasil que a su vez ocupa el segundo lugar como importador a nivel mundial. En el año 2015 se destinó a este mercado el 77,8 % del total de los envíos nacionales, seguido por la UE con el 5,8 %, EEUU 6,6 %, Taiwán 4,7 % y México 3,7 %, el 1,4 % se distribuye entre más de 10 países (Subsecretaría de Mercados Agropecuarios, 2016).

En cuanto al mercado interno la presentación más habitual es en ristra, se estima que el consumo en fresco ronda unas 20.000/25.000 toneladas anuales. En el Mercado Central se comercializan unas 10.000 toneladas anuales. Es de destacar que es el único mercado en el

que existe una nave de venta de hortalizas pesadas, dentro de las cuales se incluye el ajo (DIMEAGRO, 2015).

Con respecto a la industria, si bien la misma se basa principalmente en el deshidratado y pasta, no existe un gran desarrollo. Observando la evolución de las exportaciones de Ajo en Polvo, el mayor volumen registrado llega a 280 toneladas en el año 2007 a partir de este, comienza una brusca caída de las mismas hasta que en el año 2015 es prácticamente nula. Por otro lado, observando las importaciones, las mismas se mantienen en todo el período 2000-2015, con un máximo de 361 toneladas registradas en el año 2010, ubicándose en el año 2015 en 128 toneladas. Es de destacar que el origen de las mismas es prácticamente de procedencia China, registrándose en ciertos años con volúmenes interesantes, India. Conforme a lo descripto anteriormente surge una necesidad insatisfecha cercana a 150 toneladas anuales (Subsecretaría de Mercados Agropecuarios, 2016).

2. Efluentes urbanos tratados y biosólidos

2.1. Efluentes urbanos tratados

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).

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.

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).

Los sistemas de tratamiento y el uso de aguas residuales tratadas debe considerar la calidad del agua en sus tres dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental. La calidad

sanitaria estará determinada por las concentraciones de parásitos, huevos de helmintos, coliformes fecales y virus causantes de enfermedades entéricas al ser humano. La calidad agronómica está relacionada con las concentraciones de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y oligoelementos), y elementos limitantes o tóxicos para la agricultura como salinidad, exceso de boro, metales pesados y otros. La calidad ambiental involucra a los indicadores anteriores, y aquellos que puedan generar impactos negativos en el ambiente (Grosso *et al.*, 2013)

Las aguas residuales contienen cantidades apreciables de nitrógeno, que pueden suponer, por tanto, un beneficio para el agricultor. Considerando que pueden tener un contenido de nitrógeno de entre 20 y 40 mg.l⁻¹, se puede estimar que un cultivo al que se aplica en el riego un total de 5.000 m³.ha⁻¹ recibe por tanto una dosis de nitrógeno de entre 100 y 200 kg.ha⁻¹. Estas cantidades pueden cubrir en muchos casos las necesidades de nitrógeno del cultivo (Bouwer and Idelovitch, 1987).

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

Fasciolo *et al.*, (2002) reportan que en el cultivo de ajo, el riego con efluentes se comportó como una fertilización nitrogenada aumentando los rendimientos por hectárea en un 15% y los calibres de los bulbos en un 9%; además no incrementó el porcentaje de defectos y malformaciones en la bulbificación y no afectó la calidad comercial del ajo. Además indican que en los suelos regados con efluentes domésticos tratados se aumentó la velocidad de infiltración, el contenido de materia orgánica y de fósforo y se produjeron modificaciones positivas en la estructura de los agregados del suelo.

Grosso *et al.*, (2005); trabajaron en Río Cuarto, Córdoba, con cultivares de ajo “blanco” y “morado” 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 (kg.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.*

En otro estudio, en suelos con contenidos medios de nitrógeno total de 800 mg.kg⁻¹ la dosis que maximizó los rendimientos en cultivares de ajo colorado fue de 150 kg.ha⁻¹ a excepción del cultivar Gostoso INTA cuyo valor crítico resultó mayor que el resto (Lipinski y Gaviola, 2006). Por otro lado se evaluó el comportamiento del rendimiento de cultivares de

ajo tipo colorado, determinando dosis óptimas de nitrógeno para maximizar el rendimiento entre 198 y 247 kg.ha⁻¹ (Gaviola y Lipinski, 2008).

Huez López *et al.*, (2010) evaluaron la respuesta en peso y calibre de bulbos con diferentes dosis de nitrógeno (30, 120, 180, 240 y 300 kg N.ha⁻¹), los resultaron determinaron que con dosis de 180 kg N.ha⁻¹ se obtuvo un peso promedio de bulbo de 70,49 g., mientras que con 240 y 300 kg N.ha⁻¹ el peso promedio fue 72,44 y 75,16 g., respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas. En lo que respecta a calibre de bulbos, la dosis de 30 kg N.ha⁻¹ produjo bulbos de calibre 7 (50-55 mm), mientras que las dosis superiores lograron bulbos de calibre 8 (55,1-60 mm).

Lipinski, (2015), evaluó la respuesta de ajo Blanco (cv. Nieve INTA), a las dosis de N, para distintas densidades de plantación (20, 30 y 40 plantas.m⁻²), lográndose el máximo rendimiento con 190, 180 y 217 kg N.ha⁻¹ para cada densidad, respectivamente. El ensayo se realizó con riego por goteo y el suelo presentaba un contenido inicial de 650 mg.kg⁻¹ de N total.

2.2. Biosólidos

A partir del tratamiento de efluentes urbanos se obtienen materiales orgánicos denominados “biosólidos”, los cuales pueden ser utilizados en diversos usos beneficiosos. Un ejemplo es su incorporación al suelo para abastecerlo de nutrientes y renovar la materia orgánica del mismo (EPA, 2000).

Los biosólidos pueden servir también como una alternativa o sustituto de los costosos fertilizantes químicos. Estos son esencialmente líquidos, con un contenido de 94-97% de agua y cantidades de sólidos relativamente bajas (del 3 al 6%). Para la aplicación se pueden inyectar al suelo, o ser dispersados sobre la superficie del terreno e incorporarlos utilizando equipos agrícolas convencionales (EPA, 2000).

Al incorporar biosólidos a los suelos destinados a la agricultura, probablemente sea adecuada manera de utilizar lodos ya que se aprovecharía su contenido en macroelementos y oligoelementos esenciales para la nutrición y desarrollo vegetal, así como también la materia orgánica, que constituye una fuente de nutrientes a largo plazo. Ahora bien la aplicación de los lodos de depuradora a la agricultura no puede realizarse sin ningún tipo de control ya que existen determinados componentes que deben ser tenidos en cuenta, estos son fundamentalmente la presencia de microorganismos patógenos y el contenido en metales pesados (López *et al.*, 1996).

Para llevar a cabo una reducción en el número de microorganismos patógenos, los lodos empleados en agricultura deben ser sometidos a un proceso previo de tratamiento. En

lo que hace referencia a las características químicas que los lodos empleados en agricultura han de cumplir, se debe prestar especial atención a los metales pesados ya que existe el riesgo de acumulación en el hombre a través del consumo de vegetales cultivados en terrenos con elevado contenido en tales metales. Por ello la Comunidad Económica Europea ha establecido mediante una directiva las cantidades máximas de metales pesados que pueden encontrarse en las tierras de cultivo así como las cantidades de lodo a aplicar y los niveles máximos de estos metales en los mismos. (López *et al.*, 1996).

La aplicación al suelo de biosólidos sólo o en combinación con otros materiales ha sido reportada para aumentar el rendimiento de varias hortalizas las cuales incluyen tomate (*Lycopersicon esculentum*), calabaza (*Cucurbita máxima*) y poroto (*Phaseolus vulgaris*) (Ozores-Hampton *et al.*, 2010).

3. Cobertura de suelo

El acolchado o mulching es una estrategia usada en diversas producciones agrícolas. Puede ser definido como cualquier clase de material aplicado a la superficie del suelo para protección y mejoramiento del área cubierta. El recubrimiento del suelo, alrededor y debajo de las plantas (o encima de ellas en países de clima frío), sobre los surcos o canteros, o en toda la superficie del cultivo, es una práctica agrícola que tiene cierta antigüedad y es reconocida como beneficiosa tanto en la horticultura como en la fruticultura (Echave, 1986).

El uso de coberturas vegetales se emplea con frecuencia en horticultura y fruticultura. Consiste en la protección de la capa superficial del suelo por cualquier cubierta. Se consigue así proteger la estructura superficial del suelo frente al impacto de la gota de agua, evitar los cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche, mejorar la tasa de infiltración, las pérdidas por escorrentía y la erosión, y reducir el crecimiento de las malas hierbas. El resultado es un suelo más mullido, que mantiene más tiempo el riego por desecarse menos y que ofrece por tanto mejores condiciones para el desarrollo vegetal (Cabarnilla y Moreno, 2015).

La cobertura tiene 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).

Por otra parte, el uso de coberturas genera condiciones óptimas para el desarrollo de microorganismos, mesofauna y el crecimiento de raíces mejorando la performance de los cultivos, principalmente en sistemas que reciben poca cantidad de lluvias (Triplett y Dick, 2008 citado por Morla *et al.*, 2010).

Gabriel *et al.*, (1997) observó que los incrementos en rendimiento total obtenidos en Mendoza para ajo tipo colorado fluctuaron en 1993 y 1994 en el orden del 30 y 70% respecto al suelo sin cobertura. El incremento de la producción se debió a un mayor número de plantas cosechadas por unidad de superficie y a un mayor tamaño de los bulbos (peso medio de los bulbos entre el 22 y 30% superior) en los tratamientos con cobertura plástica.

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 el tratamiento con suelo desnudo.

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 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.

Rodríguez, (2007) evaluó el comportamiento de Tomate Cherry (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) con tres tipos de coberturas: 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.

Grosso *et al.*, (2012) evaluaron rendimiento y calidad sanitaria en ajo blanco fertilizado con biosólidos y utilizando coberturas vegetales de suelo con heno de moha a razón de 2 kg.m⁻² más el uso de un herbicida y un testigo. Todos los tratamientos se regaron con efluentes urbanos tratados. Los rendimientos del cultivo de ajo aumentaron con el uso de coberturas de suelo respecto al testigo. Los análisis bacteriológicos de los bulbos confirmaron ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella* sp.

Salusso *et al.*, (2014) en ajo blanco regados con efluentes urbanos tratados y utilizando cobertura de suelo con cáscara de maní a razón de 2 kg.m^{-2} más un testigo, lograron aumentar los rendimientos con valores de $13,9 \text{ t.ha}^{-1}$ en el tratamiento con cobertura y $8,38 \text{ t.ha}^{-1}$ en el testigo.

De acuerdo a lo expuesto precedentemente, resulta de importancia evaluar los efectos de la utilización de efluentes urbanos tratados, biosólidos y cobertura de suelo sobre la producción, rendimiento comercial y calidad sanitaria de un cultivo de ajo blanco en Río Cuarto (Córdoba).

HIPÓTESIS

La aplicación de biosólidos incorporará nutrientes al sistema suelo-planta, sumado a los efectos positivos de la cobertura de suelo, logrará mejorar el crecimiento y rendimiento final del cultivo de ajo regado con efluentes urbanos tratados, lográndose bulbos aptos para el consumo humano.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y calidad comercial de un cultivo de ajo abonado con biosólidos, sumado a los efectos de la aplicación de cobertura de suelo con cáscara de maní bajo riego por goteo con efluentes urbanos tratados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la evolución de la temperatura de suelo para la situación testigo y bajo cobertura vegetal.
- Determinar número de hojas, altura de planta y diámetro de pseudotallo a la madurez de cosecha del cultivo para cada uno de los tratamientos.
- Determinar a la cosecha el porcentaje de bulbos normales y anormales (deformados, martillos); calibre de bulbos, número de bulbillos y rendimiento total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para cada uno de los tratamientos.
- Analizar y determinar a la cosecha la presencia o ausencia de microorganismos perjudiciales para la salud humana como *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Características ambientales

El ensayo se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto próximo a las Residencias Estudiantiles Universitarias, (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 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).

2. 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 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 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 pre-filtro 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 pre-filtro 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.

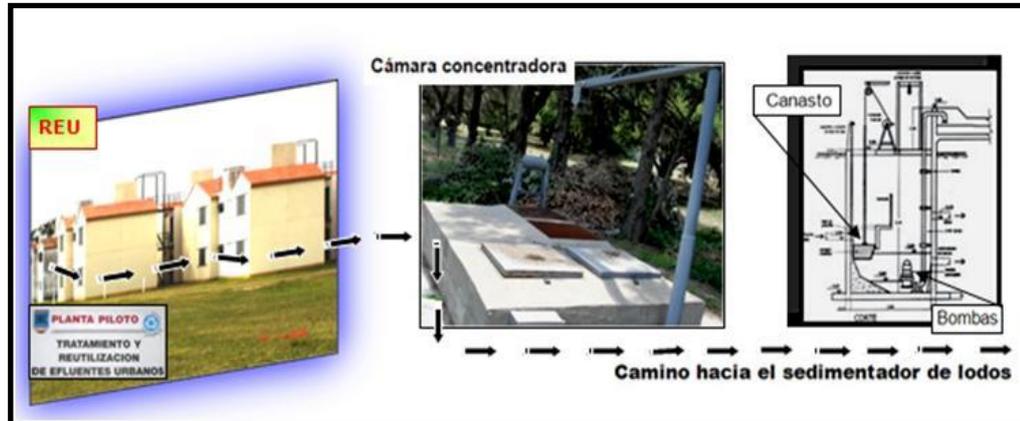


Figura 1. Conducción de los efluentes y pre-tratamiento. Planta Piloto. UNRC.

2.1 Pre-tratamiento

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 es sometido a tratamiento para poder reutilizarse en riego.

Tabla 1. Determinaciones analíticas del efluente domiciliario. Planta Piloto. UNRC

<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

DBO₅: Demanda Biológica de Oxígeno (medida a los 5 días de reacción).

2.2 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 primer laguna facultativa, con presencia de 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

Desde allí pasa a una segunda 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 número más probable/100 ml. de agua residual.



Figura 3. 1° y 2° laguna con macrófitas. Planta Piloto UNRC

Por último 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.

3. Características del ensayo

Con anterioridad a la plantación se efectuó la nivelación del terreno y 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 INCO 283 de forma manual. Se seleccionaron los bulbillos de mayor tamaño (Figura 4 a), con peso aprox. de 5 gr. y se sumergieron, el día previo a la plantación, en una mezcla de agua y fungicida (Figura 4 b) con la finalidad de prevenir ataques de hongos en los estadios iniciales.



Figura 4. Clasificación de bulbillos de mayor tamaño (a); Tratamiento de bulbillos con fungicida (b).
Planta piloto. UNRC

La plantación se realizó el 28-04-2015, de forma manual (Figura 5 a y b) a diente visto con el terreno previamente marcado en un marco de plantación de 0,11 m entre bulbillos y 0,3 m. entre hileras, dando una densidad de 303.030 pl.ha⁻¹. Luego de la plantación se efectuó un control de malezas preventivo con herbicida preemergente Linuron.



Figura 5. Plantación del ajo (a). Vista de los dientes en detalles (b). Planta Piloto UNRC. Río Cuarto.

Los tratamientos llevados a cabo fueron los siguientes:

1. T: Testigo.
2. Bio100: aplicación de 100 t.ha⁻¹ (en peso fresco) de biosólidos.
3. Bio100 + cas/maní.: aplicación de 100 t.ha⁻¹ (en peso fresco) de biosólidos, más el agregado de cobertura de suelo con cáscara de maní a razón de 3,5 kg.m⁻².

Todos los tratamientos fueron regados con efluentes urbanos tratados

El diseño experimental se realizó en bloques completos al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones. El tamaño de cada bloque fue de 3 m lineales y de 6 líneas de plantación distanciadas a 0,3 m, quedando así la superficie de cada parcela de 5,4 m². La unidad experimental fueron las 4 líneas centrales de cultivo, lo cual representó una superficie de 3,6 m². La parcela presentó una superficie total de 64,8 m² (12 m de largo por 5,4 m de ancho) (Figura 6).

Bloque I	T	Bio100	Bio100 + cas/maní
Bloque II	Bio100 + cas/maní	T	Bio100
Bloque III	T	Bio100	Bio100 + cas/maní
Bloque IV	Bio100	T	Bio100 + cas/maní

Figura 6. Diseño experimental en bloques completos al azar. UNRC. Río Cuarto.

4. 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 7 el sistema de riego está compuesto en una primera parte por la electrobomba centrífuga y el cabezal de riego, que consta de una llave esférica de 1 ½" de PVC, un filtro de malla de 2" con los correspondientes manómetros antes y después del mismo de 2 kg.cm⁻². A los fines de reducir el exceso de presión y garantizar la vida útil de la instalación, se instaló un regulador de presión de 15 p.s.i. de ¾".



Figura 7. Equipo de bombeo y cabezal de riego. Planta Piloto UNRC.

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 hileras de por medio con goteros distanciados a 0,10 m. El caudal de los goteros fue de $1,26 \text{ L.h}^{-1}$. Figura 8.



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

5. Cobertura

A los 60 días de la plantación se colocó la cobertura de suelo utilizando cáscara de maní a razón de 2 kg.m^{-2} ; y luego, a los 120 días de plantación, se reforzó agregando $1,5 \text{ kg.m}^{-2}$, alcanzando un total de $3,5 \text{ kg.m}^{-2}$.

5. Temperatura de suelo

Para evaluar el comportamiento de la temperatura de suelo debajo de la cobertura y fuera de la misma se instaló un equipo datalogger para registrar dichos valores con una frecuencia de medición horaria, para ello, se ubicaron los sensores a 5 cm de profundidad con 3 repeticiones desde el inicio de bulbificación hasta la cosecha del cultivo. Además se registró la temperatura del aire libre durante este período.

6. Análisis de suelo

Al momento de la plantación se realizó un análisis de suelo, para ello se tomaron muestras compuestas hasta los 20 cm. de profundidad, determinando pH por potenciometría 1/2,5, conductividad eléctrica (CE) en suspensión 1/1, contenido de materia orgánica (MO) por el método de Walkley –Black, N-Nitratos (N-NO₃) por Fenol disulfórico, fósforo disponible (Pd) por el método de Kurtz y Bray I. En la tabla 2 se muestran los resultados del análisis.

Tabla 2: Contenido de nitrógeno de nitrato, nitrato, humedad, materia orgánica, fósforo y pH de la parcela de ensayo hasta los 20 cm de profundidad. Planta Piloto. U.N.R.C.

Profundidad	N-NO₃⁻	NO₃⁻	H°	MO	P	pH
cm	ppm	ppm	%	%	ppm	
0 a 10	48,20	213,15	6,10	1,42	36,4	6,98
10 a 20	35,75	158,4	7,25	1,40	36,5	7,03

7. Manejo sanitario del cultivo

Para evitar la incidencia de enfermedades foliares, principalmente Roya (*Puccinia allii*) que ocasiona importantes pérdidas en el cultivo, se realizaron dos aplicaciones manuales, en forma preventiva ante la aparición de los primeros síntomas, utilizando un fungicida sistémico compuesto por pyraclostrobín 13,3% + epoxiconazole 5%, “Opera”, a los 120 y 160 días desde la plantación ya que coincidió con la época del año en que las condiciones ambientales de humedad y temperatura se tornan favorables para el desarrollo de la enfermedad.

9. Altura de planta, N° de hojas y diámetro de pseudotallo

Estos parámetros se registraron a los 190 días después de la plantación, para ello se tomaron 10 muestras de cada tratamiento, y se determinó altura de la planta mediante una cinta métrica, desde el cuello de la misma a ras de suelo hasta el extremo de las hojas; el número de hojas de cada planta y el diámetro de pseudotallo mediante la utilización de un calibre.

10. Cosecha

La cosecha se realizó a los 211 días de ciclo, en forma manual (Figura 9 a y b), evaluando las 4 líneas centrales de cada subparcela correspondiente a cada tratamiento. Los indicadores utilizados para definir el momento de cosecha fueron variaciones de color de las hojas y pseudotallo. Los bulbos se colocaron para su curado en bolsas aireadas durante 100 días bajo un tinglado para facilitar la circulación de aire (Figura 10 a). Posteriormente se procedió a su limpieza y clasificación para determinar el porcentaje de bulbos normales y con anomalías, calibre y peso de bulbos, número de bulbillos y rendimiento total ($t \cdot ha^{-1}$) (Figura 10 b).



Figura 9. Cosecha manual (a). Oreado de bulbos (b). Planta Piloto UNRC.



Figura 10. Curado de los bulbos (a). Clasificación de los bulbos (b). Planta Piloto UNRC

11. Análisis microbiológico

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).

Todos los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente con el programa Infostat, aplicando análisis de varianza y comparación de medias con el test de Fisher ($p \leq 0,05$) (Di Rienzo *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Aportes de agua durante el ciclo del cultivo

La lámina de agua aplicada mediante riego por goteo con efluentes urbanos tratados fue de 665 mm distribuidos en 20 riegos durante el ciclo del cultivo; por su parte, el aporte realizado por las precipitaciones fue de 285 mm, alcanzando un total de agua aportada al cultivo de 950 mm. En la figura 11 se muestra la distribución de los aportes de agua que recibió el cultivo a lo largo del ciclo.

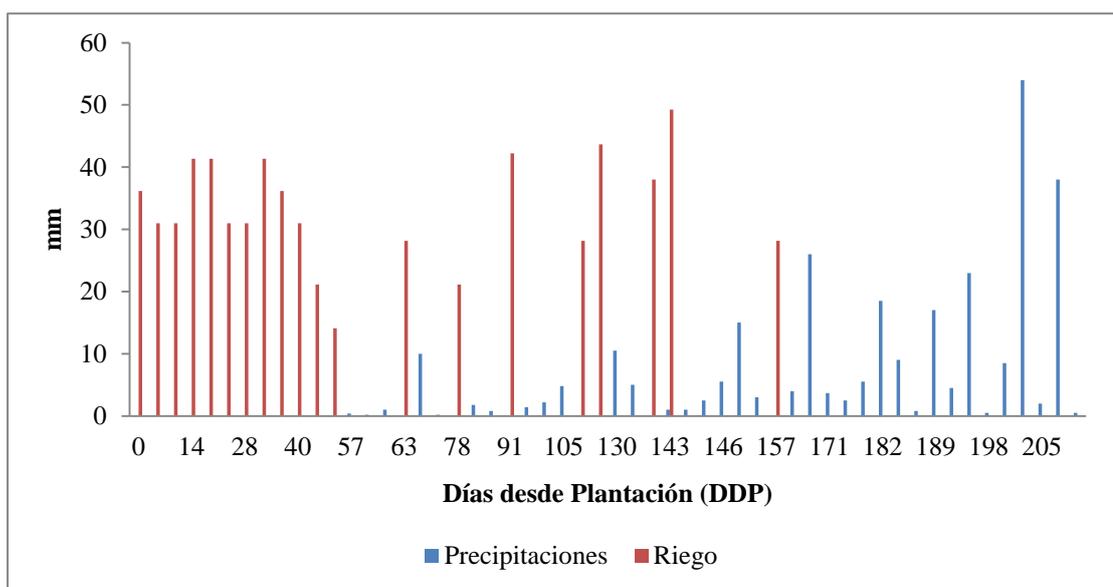


Figura 11. Lámina de agua que recibió el cultivo durante el ciclo. Planta piloto. UNRC.

La deficiencia y/o el mal manejo del agua en el cultivo puede ocasionar mermas importantes de rendimiento y calidad de producto, a la vez favorecer el ataque de 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. De acuerdo a ello, la lámina total de agua suministrada mediante riego con riego con efluentes y precipitaciones fue adecuada para lograr óptimos rendimientos en ajo, según lo expresado por Burba, (1993).

2. Temperatura de suelo

En la siguiente figura, se observa la evolución de la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad desde la etapa de bulbificación del ajo hasta la cosecha del cultivo, en esta porción de suelo es donde se desarrolla en bulbo del ajo y según lo observado se encontraron

diferencias debajo de la cobertura en relación al suelo desnudo (testigo). Además, se muestran los registros de temperatura del aire en el mismo período de medición.

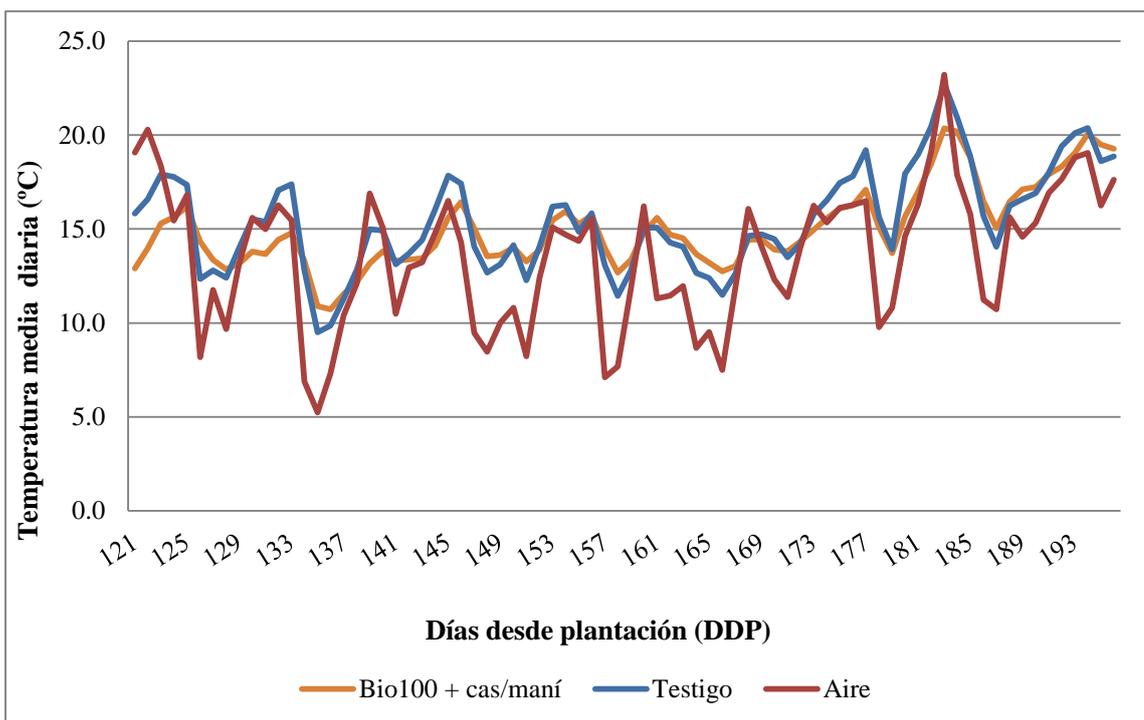


Figura 12. Temperatura del suelo y del aire durante etapa de bulbificación. Planta piloto. UNRC.

El comportamiento de la temperatura del suelo a los 5 cm de profundidad en el tratamiento testigo (T) presentó una mayor amplitud térmica en comparación con el tratamiento con cobertura de suelo (Bio100 + cas/maní), en coincidencia con lo encontrado por Triplett y Dick (2008) citado 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. En promedio la amplitud térmica observada desde bulbificación a cosecha del cultivo fue de 13 °C para el tratamiento testigo, mientras que fue de 9,6 °C para Bio100 + cas/maní, esto reduce alteraciones bruscas en el normal metabolismo del cultivo (Castilla Prados, 2007). Por otra parte, la temperatura media del aire fue de unos 2 °C inferior en relación a la temperatura de debajo de la cobertura de suelo.

3. Aportes de nutrientes durante el ciclo del cultivo

A partir de determinaciones analíticas efectuadas sobre los efluentes urbanos tratados y los biosólidos que se aplicaron en la parcela de ensayo, se determinó el aporte de nutrientes realizado al cultivo. En lo que respecta a los principales macronutrientes, en la tabla 3 se detalla el valor de nitrógeno, fósforo y potasio aportado.

Tabla 3: Macronutrientes en (kg.ha⁻¹) aportados durante el ciclo del cultivo. Planta piloto. UNRC

Nutriente	Efluentes Urbanos Tratados	Biosólidos	Total
Nitrógeno	69,5	108,8	178,3
Fósforo	7,6	32,51	40,1
Potasio	76,2	35,11	111,3

El ajo es un cultivo que responde fundamentalmente a la fertilización nitrogenada, absorbiendo éste nutriente principalmente en la etapa de mayor expresión vegetativa (Huez López *et al.*, 2010). De acuerdo a Burba, (2013) el aporte de nitrógeno para una densidad de 303.030 pl.ha⁻¹ coincidió con los rendimientos esperados a la cosecha.

Lipinski (2015), indica la absorción de estos tres macronutrientes para obtener rendimientos de 12 tn.ha⁻¹ de ajo blanco, una cantidad extraída en parte aérea más bulbo de 160 kg.ha⁻¹ de N, 20 kg.ha⁻¹ de P y 120 kg.ha⁻¹ de K, aproximadamente. A partir de estas referencias podemos considerar que la cantidad suministrada de N y P por parte de los efluentes urbanos tratados sumado a los biosólidos, cubrieron en gran parte los requerimientos nutricionales del ajo. No obstante, es importante aclarar que son valores aproximados ya que al constituir abonos de origen orgánicos no se encuentra disponible en su totalidad para el cultivo en forma inmediata.

4. Altura de planta, N° de hojas y diámetro de pseudotallo

En la tabla 4, se muestran los resultados correspondientes a altura de planta, número de hojas y diámetro de pseudotallo determinados previos al momento de la cosecha del cultivo.

Tabla 4: Diferencias entre altura de planta, número de hojas y diámetro de pseudotallo entre los tratamientos. Planta piloto. UNRC

Tratamientos	Altura (cm)	Número de hojas	Diámetro de pseudotallo (mm)
T	33,70 a	11,40 a	14,30 a
Bio100	34,68 a	11,58 a	15,80 b
Bio100 + cas/maní	38,30 b	11,70 a	19,93 c
r²	0,31	0,06	0,49
C.V.	9,12	8,85	16,09
p. value	0,0001	0,4229	0,0001

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

Al observar los resultados obtenidos se evidencia que en el tratamiento con Bio100 + cas/maní se logró una mayor altura de plantas y diámetro del pseudotallo, esta última variable tiene una relación directa con el calibre de los bulbos, lo cual indicó que posteriormente a la cosecha se logrará un mayor tamaño de bulbos en este tratamiento. En relación a la variable número de hojas no se manifestaron diferencias entre tratamientos, probablemente la misma se corresponda en gran parte con un componente varietal o de alta heredabilidad genética.

5. Bulbos normales y anormales

Al analizar el porcentaje de bulbos normales (con calidad comercial) y anormales (bulbos deformados y martillos) se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tabla 5).

Tabla 5: Porcentaje de bulbos normales y con anomalías, según los distintos tratamientos. Planta Piloto. UNRC

Tratamiento	Bulbos normales	Bulbos anormales
T	94,5 a	5,5 a
Bio100	92,0 a	8,0 a
Bio100 + cas/maní	83,6 b	16,3 b
r²	0,53	0,53
C.V.	5,56	50,32
p. value	0,0323	0,0323

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

Si bien se observó un efecto negativo de la cobertura vegetal sobre el porcentaje de normalidad de los bulbos a cosecha, en general, valores por encima del 80% son muy aceptables para un cultivo de ajo.

6. Calibre de bulbos

Al analizar el calibre de los bulbos normales a cosecha como componente directo del rendimiento, se pudo confirmar las afirmaciones efectuadas al determinar el diámetro de pseudotallo, siendo estadísticamente significativas las diferencias para esta variable entre el tratamiento Bio100 + cas/maní y el resto (Tabla 6).

Tabla 6: Calibre de bulbos normales. Planta Piloto. UNRC

Tratamientos	Calibre (cm)
T	4,76 a
Bio100	4,97 a
Bio100 + cas/maní	5,70 b
r²	0,30
C.V.	12,96
p. value	0,0001

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

Los resultados obtenidos permitieron confirmar los beneficios del uso de coberturas de suelo sobre el calibre de los bulbos, lográndose un aumento en el orden de un 19% en relación al testigo. El agregado de la cobertura fue muy significativo sobre esta variable, más aún que la aplicación de biosólidos. Posiblemente, los efectos positivos de reducción de incidencia de malezas, atenuación de temperatura y mejor conservación de la humedad (Cabarnilla y Moreno, 2015) fueron factores que influyeron sobre el aumento en calibre de bulbos, siendo esta variable muy importante para introducir este producto en los mercados de exportación. Además, pudo haber existido una compensación entre la menor proporción de bulbos normales con un mayor calibre de los mismos.

7. N° de bulbillos

Al analizar el número de bulbillos a cosecha pertenecientes a los bulbos normales, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 7).

Tabla 7: Número de bulbillos de ajo. Planta Piloto. UNRC.

Tratamientos	Número de bulbillos
T	9,9 a
Bio100	10,6 a
Bio100 + cas/maní	12,3 b
r²	0,22
C.V.	18,15
p. value	0,0014

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

Como se observó en los resultados, el tratamiento con cobertura vegetal presentó mayor cantidad de bulbillos con respecto a los demás, y como ya se ha mencionado

anteriormente, esto fue acompañado por un mayor calibre de los bulbos, lo cual no implicó una disminución del tamaño individual de los bulbillos, lográndose una buena relación N° de bulbillos/calibre de bulbos.

8. Rendimiento

Los resultados mostraron un marcado aumento en el rendimiento con la utilización de cobertura vegetal de suelo. El mayor rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) fue obtenido por el tratamiento de biosólido más el agregado de cáscara de maní como cobertura (Bio100 + cas/maní), siendo las diferencias estadísticamente significativas respecto al tratamiento de biosólido (Bio100) y al Testigo (T), este último presentó el menor desempeño. El tratamiento de Bio100, si bien no presentó diferencias respecto al testigo, manifestó un ligero aumento en el orden del 13%, lo cual representan $1016 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Tabla 8).

Tabla 8: Rendimiento promedio en $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de los bulbos de ajo. Planta Piloto. UNRC.

Tratamientos	Rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
T	7545,75 a
Bio100	8562,35 a
Bio100 + cas/maní	14006,08 b
r^2	0,89
C.V.	14,25
p. value	0,0014

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

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Gabriel *et al.*, (1997) quienes observaron un incremento en el rendimiento total para ajo colorado usando cobertura vegetal de suelo en el orden del 30 y hasta un 70%. También coincide con los resultados encontrados por Najul y Anzalone (2006), al evaluar el uso de coberturas vegetales en otros cultivos hortícolas como poroto común sobre el rendimiento, encontrando que la cobertura con paja de *Panicum maximum* compostada obtuvo el mayor rendimiento en comparación a los demás tratamientos sin cobertura.

En cuanto al agregado de biosólidos como fuente de nutrientes, se pudo observar que en el tratamiento Bio100, si bien hubo un aumento en el rendimiento con respecto al Testigo pero sin diferencias estadísticas, por lo cual el aumento del rendimiento logrado en el tratamiento Bio100 + cas/maní podría atribuirse en gran proporción al beneficio otorgado por la cobertura de suelo con cáscara de maní. Resultados similares obtuvieron Salusso *et al.*, (2015).

9. Análisis microbiológicos

Inmediatamente después de la cosecha, se realizaron en el laboratorio de Microbiología de Alimentos de la UNRC, los análisis para determinar la presencia o ausencia de agentes patógenos en los bulbos de ajo. Se evaluaron los bulbos cosechados y se comprobó en todos los casos ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.* Por lo tanto, se podría afirmar que la utilización de esta tecnología permitiría obtener bulbos aptos para el consumo humano.

CONCLUSIONES

- El uso de cobertura vegetal mantuvo una mayor temperatura en el suelo, con menores amplitudes térmicas durante la bulbificación del cultivo, lograron un aumento en la altura de las plantas y en el diámetro de pseudotallo de las mismas, traduciéndose posteriormente en un aumento del calibre de los bulbos y rendimiento final del cultivo.
- El tratamiento de biosólido con el agregado de cobertura de cáscara de maní (Bio100 + cas/maní) permitió obtener los mejores resultados a cosecha, con un aumento del rendimiento del 63,6% y 85,6%, respectivamente, en comparación al tratamiento biosólido (Bio100) y testigo (T).
- Los análisis microbiológicos realizados en las catáfilas de los bulbos de ajo, indicaron que en ningún tratamiento hubo desarrollo de agentes patógenos, siendo los bulbos aceptables para su consumo en fresco.
- El uso de efluentes y biosólidos en sistemas agrícolas no solo garantiza una fuente constante y segura de agua, sino también un aporte de nutrientes para los cultivos, posibilitando un importante ahorro en la utilización de fertilizantes de síntesis química. La utilización de fuentes alternativas de agua es un factor determinante para lograr productividad en sistemas agrícolas, lo que convierte a este procedimiento en una técnica aceptable y ambientalmente sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

ADESUR. 1999. Asociación interinstitucional para El sur de Córdoba. Plan director. Secretaria técnica de Adesur. Universidad Nacional de Río Cuarto. Pág. 99. Córdoba. Argentina.

ARBOLEYA, J.; GARCÍA, C.; SUÁREZ, C. 1997. Consideraciones generales sobre la nutrición, el riego y la densidad de plantación en ajo. 50 Temas sobre Producción de Ajo. Vol. 3. Mendoza.

BOUWER, H. and IDELOVITCH, E. 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. J. Irrig. & Drainage Eng. 113: 516-535.

BURBA, J. L. 1993. Producción de “semilla” de ajo. Manual de Producción de Semillas Hortícolas. Ed. J. Crnko. Fascículo 5. INTA. E.E.A. La Consulta, Mendoza, Argentina. Pp 163.

BURBA, J. L. 2003. Producción de Ajo. Documento Proyecto Ajo/INTA 069. Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, Mendoza, Argentina. Pp 43.

BURBA, J. L. 2013. 100 temas sobre producción de ajo: bases ecofisiológicas e ingeniería del cultivo de ajo. EEA La Consulta, Mendoza. Vol. 3 Pp 82.

CABARNILLA, A. y J. MORENO. 2015. Técnicas de agricultura en agricultura ecológica. En: <http://goo.gl/LD4PW8>. Consultado: 30-07-2017.

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.

CASTILLA PRADOS, N. 2007. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Madrid: Ediciones Mundi-prensa. 2ª Ed.

CRESPI, R. 2005. Reutilización de aguas residuales en la producción agrícola. Rev. Hydria, Año I. N° 3. Buenos Aires, Argentina. Pp 10.

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.

DIMEAGRO. 2015. Situación del ajo fresco. Gacetilla informativa del Sector Agrícola. Newsletter N° 81.

DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

ECHAVE, M. 1986. El Mulching en la horticultura: el recubrimiento del suelo en la producción hortícola. Montevideo, Uruguay. 32-40. Comisión Nacional de Fomento Rural. Consultado: 31-07-2017.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA 2000. Folletos informativos de biosólidos de la Epa: Aplicación de biosólidos al terreno. Parte 1. En: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones /entrega.asp?IdEntrega=2290>. Consultado el 29-07-2017.

FASCIOLO, G. E.; E. GABRIEL; F. TOSÍ y M. I. MECA. 2002. “Rendimiento de cultivo de ajo y cebolla regados con efluentes domésticos tratados”. XIX Congreso Nacional del Agua. Agosto. Córdoba. Consultado el 27-07-2017.

GAVIOLA, S. y LIPINSKI, V.M. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y el color de cultivares de ajo (*Allium sativum*) colorado. Ciencia de la investigación agraria. Versión On-line ISSN 0718-1620 – V. 35 N° 1. Abril. Santiago, Chile.

GABRIEL, E.; M. MAKUCH y A. ORDOVINI. 1997. Temas sobre producción de ajo. Mendoza. Argentina. Vol. 3. Pp 164-165.

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. Consultado: 22-07-2017.

GROSSO, L.; D. RAMOS; V. BRIZUELA; M. RODRIGUEZ; L. PENA; R. CRESPI. 2005. “Cultivares de ajo (*Allium sativum* L.) regados con efluentes urbanos tratados. Horticultura Argentina”. Revista de la Asociación Argentina de Horticultura. Vol. 24. N° 56/57. 114. Resúmenes. XXVIII. Congreso Argentino de Horticultura.

GROSSO L.; R. CRESPI; D. RAMOS; F. SALUSSO; M. PUGLIESE Y M. ARREDONDO. 2012. Producción de ajo regado por goteo con efluentes, aplicación de biosólidos y cobertura del suelo con paja. En: XXXV Congreso Argentino de Horticultura. Corrientes, Argentina. Libro de Resúmenes. Pp 510.

GROSSO, L.; SALUSSO, F.; RAMOS, D; CRESPI, R. y M. PUGLIESE. 2013. Respuesta de un cultivo de ajo regado con efluentes urbanos tratados, aplicación de biosólidos y fertilización líquida. En: http://www.produccionvegetalunrc.org/images/fotos/847_FDF%20AJO.pdf. Consultado: 28/07/2017

GROSSO, L.; D. RAMOS; F. SALUSSO; F. ROCCIA. 2015. Cultivo de ajo. Manual de Producción Hortícola. Universidad Nacional de Río Cuarto. Pp 182-197.

HUEZ LÓPEZ, M. A.; PRECIADO, F. A.; LÓPEZ-ELÍAS, J.; ÁLVAREZ, A.; JIMÉNEZ, J. & VALENZUELA, P. 2010. Productividad de ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo, México. Rev. Biotecnología, Vol. 11, N° 2. México. Pp. 3-12.

LIPINSKI, V.M. y GAVIOLA, S. 2006. Evaluación del rendimiento y calidad de cultivares de ajo colorado fertirrigados con nitrógeno. Rev. FCA. UNCuyo. Tomo XXXVIII. N° 2. Año. 2006. 37-48.

LIPINSKI, V.M. 2015. Manejo del riego y la fertilización en cultivos de ajo. Documento Proyecto Ajo/INTA 114. Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, Mendoza, Argentina. Pp 9-15.

LOPEZ, M.; A. LAVIN; H. ANDRÉS. 1996. Biosólidos generados en la depuración de aguas (I): planteamiento del problema. Ingeniería del agua, Vol. III, N° 2. Consultado: 31-07-2017.

MORLA F.; O. GIAYETTO; F. DAITA y O. NUÑEZ. 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. En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85718202>. Consultado: 28-07-2017.

ORECCHIA, E. R. 2005. Situación actual y perspectivas de la producción regional de ajo, en la Argentina. En: Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo. Mendoza, INTA -EEA La Consulta. Pp. 11-16.

OZORES-HAMPTON M; MÉNDEZ J.2010. Uso de Biosólidos en la Producción de Hortalizas. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS118300.pdf>. IFAS, Universidad de la Florida. Pp 9. Consultado: 30-07-2017.

PEÑA CALZADA K. 2003. Sistema de Siembra con Cobertura en el Cultivo de Cebolla. Centro Universitario Sancti Spiritus. Ave. de lo Mártires N° 360. Sancti Spiritus, Cuba. Pp.1.

SALUSSO, F.; GROSSO, L.; RAMOS, D.; CRESPI, R.; PUGLIESE, M. y I. PIOLA. 2015. Producción de ajo blanco regado con efluentes urbanos tratados, abonado con biosólidos y cobertura del suelo con cáscara de maní. Presentación de resumen y expositor en: XXXVIII Congreso Argentino de Horticultura, 05-08 de Octubre, Bahía Blanca, Argentina.

ROBINSON, D. 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings. HortScience 23 (3), 547-552.

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: 29-07-2017.

SALUSSO, F; D. RAMOS; L GROSSO; R CRESPI; M PUGLIESE y M SAMBATARO. 2014. Producción de ajo regado con efluentes urbanos y efectos de coberturas de suelo con residuos vegetales. XXXVII. Congreso Argentino de Horticultura. Mendoza. Pp 1.

SENASA, 2015. El ajo, ícono de la calidad de los agroalimentos producidos por la argentina. <http://www.senasa.gov.ar/senasa-comunica/infografias/el-ajo-icono-de-la-calidad-de-los-agroalimentos-producidos-por-la-argentina>. Consultado: 26-07-2017.

SUBSECRETARÍA DE MERCADOS AGROPECUARIOS. 2016. Informe de Situación de Ajo Fresco. En: <http://www.agroindustria.gob.ar/new/0-0/programas/dma/hortalizas/Situacion-Ajo-Fresco-2016.pdf>. Consultado: 11/09/2017.

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.